

## 第2章 塑胶产品注塑成型工艺

塑胶类零件制造过程，根据需要先要进行塑胶成型、加工成各类塑胶半成品或部件，注塑成型是塑胶零件主要的成型方法之一。注塑成型必须借助注塑机等成型设备和注塑模具才能完成，对于注塑原理与工艺流程以及注塑模具结构和原理等理论内容在其他有关资料中都有详尽的描述，在此不必重复。本章主要介绍在塑胶产品制造过程中常涉及的实际内容和问题。

### 2.1 概述

塑胶产品制造过程中，塑胶件成型是其中十分重要内容之一。塑胶件成型是将各种形态(粉料、粒料、熔料和分散体)的塑料制成所需形状的制品或坯件的过程。塑胶件成型是以注塑、挤塑和压延三大成型工艺为主，塑胶产品制造又以注塑成型工艺最为常见。

所谓注塑成型(injection molding)是指将已加热熔融的材料喷射注入模具内，经冷却与固化后，得到成型品德方法。其具体过程是，将粒状或粉状塑料从注塑机的料斗送入加热的料筒中，经加热塑化成熔融状态，由螺杆施压而通过料筒端部的喷嘴注入低温的、闭合的模具型腔中经冷却硬化而保持模腔所赋予的形状，开模取出胶体后就完成了一个工作周期。

注塑成型是塑胶成型加工中普通采用的方法，它适用于全部热塑性塑料(热塑性塑料：在特定的温度范围内能反复加热熔融和冷却硬化的一类塑料，如ABS、PP、PE、PC、PA、POM)和部分热固性塑料，塑胶塑胶产品的大部分零部件都是通过注塑成型制造的。注塑成型的成型周期短(几秒到几分钟)，成型制品质量可由几克到几十千克，能一次成型外形复杂、尺寸精确、带有金属或非金属嵌件的模塑品。因此，该方法适应性强，生产效率高。

注塑成型又称注射模塑成型，它是一种注射兼模塑的成型方法。注塑成型方法的优点是生产速度快、效率高，操作可实现自动化，花色品种多，形状可以由简到繁，尺寸可以由大到小，而且制品尺寸精确，产品易更新换代，能成形状复杂的制件，注塑成型适用于大量生产与形状复杂产品等成型加工领域。不利的一面是模具成本高，且清理困难，所以小批量制品就不宜采用此法成型。用这种方法成型的制品有：电视机外壳、半导体收音机外壳、电器上的接插件、旋钮、线圈骨架、齿轮、汽车灯罩、茶杯、饭碗、皂盒、浴缸、凉鞋等。

一个完整的注塑生产过程还应包括一些辅助工序，如图2-1所示。

注塑生产过程中可划分如下几个步骤。

第一步，准备塑胶料。将从外购回的全新塑胶原料和回收的二次料按照合适的比例，通过混料机将两者进行充分混合，配置成用于生产的塑料原料。

第二步，配料着色。若根据塑胶产品设计要求，注塑件需要整体着色，则在进行注塑前通过在塑料原料内添加相应的着色剂，并与原料均匀、充分地混合，可使塑料

在注塑成型过程中实现着色而获得有色的注塑件。

第三步，焗料干燥。根据注塑成型工艺要求，要保证塑料原料的充分干燥，不含水分，因此在进行注塑成型之前通过干燥机对原料进行干燥处理。

第四步，注塑成型。在对塑料原料进行前处理后，利用注塑模具在注塑机中进行加工生产。在成型加工之前，还要对模具进行试模，检查模具的质量和调试合适的工艺参数。

第五步，去水口。注塑加工完成后，要对注塑件上的水口料进行清除。在进行去除水口的过程中，要特别注意不能损伤注塑件。

第六步，检查和包装。去除水口后，要对注塑件进行质量检查，对合格品进行半成品包装和装箱，准备转到下一道工序；对不合格品进行收集回收。

第七步，回收废料。对在成型加工中产生水口料和经检查不合格的制品，不能随意丢弃，而是应该进行回收。经碎料机打料粉碎后，可以按一定比例与全新料混合用在后续的生产中。

实际注塑生产过程可采用半自动和全自动两种生产形式，而手动形式只是在调试机器时采用。

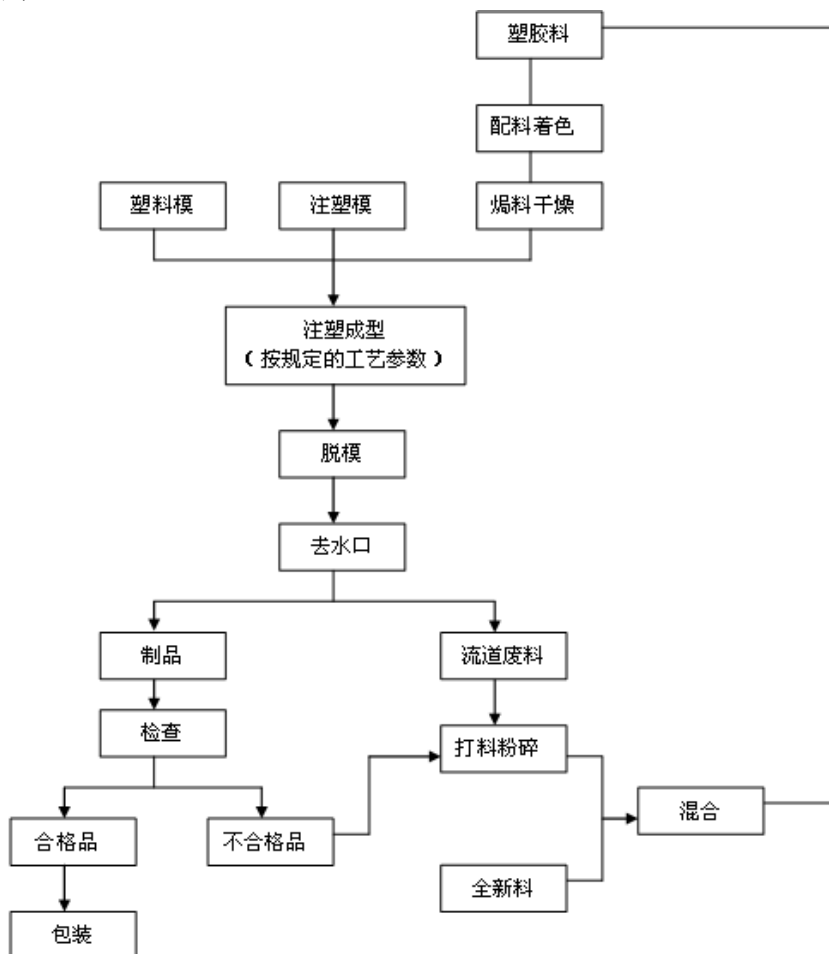


图 2-1 注塑生产流程图

在塑胶产品企业进行注塑生产时，要获得优良的注塑制品需要具备以下五个主要先决条件：

- ①具备性能可靠的注塑机；
- ②满足使用要求的辅助设备（干燥机、冻水机、碎料机和混料机等）；
- ③选择适用的塑料；
- ④优良的注塑模具；
- ⑤高素质的调机技术人员。

注塑机是注塑成型过程的核心设备，生产辅助设备主要指干燥机、冻水机、碎料机和混料机等，干燥机用来干燥塑料原料（由于塑料高分子大都含有亲水基因，易吸水导致成型产生银丝、气泡、水纹等缺陷）；冻水机可以通过控制冷却水温度（一般为 10℃左右）来控制模具的工作温度；碎料机将脱离的流道或报废塑料打碎成为水口料以回用于生产（打料时注意不同种类的料分开不能杂合，环境要保持干净，防收污染）；混料机将按配比称量后的塑胶原料、水口料（若需要加入）及色粉/色种通过机械搅拌，混合均匀，以使成型塑件着色，强度一致。不同塑料其主要性能及注塑成型工艺特点不同，因此根据塑胶产品的不同性能与成本等要求选择相应的原料。塑胶模具是注塑成型生产中赋予塑料形状所用部件的组合物，塑胶模的结构视塑料性质、制作形状、结构以及注塑机的不同等因素而形式、大小差异很大，然而其基本结构大致相同，即主要由浇注系统、成型零件、结构零件三大部分组成，其中浇注系统与成型零件是与塑料直接接触的部分，并随塑料制品而变化，它是模具中最重要、最复杂、变化最大、要求表面精度及光泽度最高的部分。高素质的调机技术人员可以保证获得优良的注塑工作条件和参数。

## 2.2 注塑成型设备

注塑成型是在注塑成型设备（简称注塑机，外观如图 2-2 所示）上完成全部工作过程的。注塑机可用于各种热塑性塑料（尼龙、ABS、聚丙烯、聚苯乙烯等）的成型加工，广泛用于汽车、仪表、电子、电信、塑胶产品、日用制品、文具等零件注塑成型。

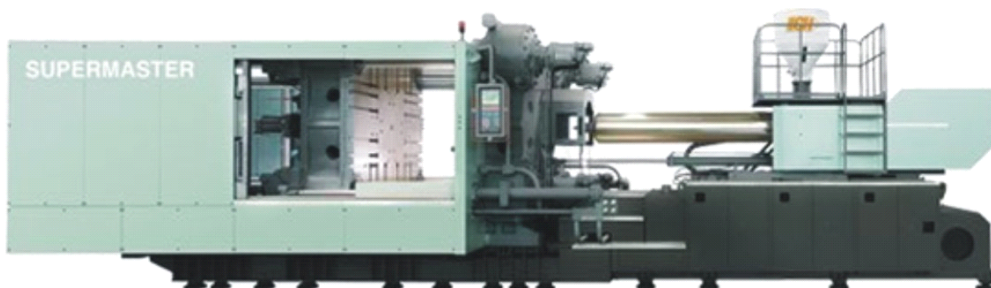


图 2-2 震雄集团 SUPERMASTER 二板大型卧式注塑机

## 2.2.1 注塑机基本组成与结构

一般情况下，通用型注塑机基本结构包括三大部分，即注射装置、合模装置（锁模与脱模装置）和液压传动与电气控制系统，如图 2-3 所示。

### (1) 注射装置

注射装置是注塑机的核心部分，其作用是保证定时、定量地把物料加热塑化和熔融，然后以一定的压力和尽快的速度把相当于一次注射量的熔融塑料注入模具型腔内，注射完毕还要有一段保压时间以向模腔内补充一部分因冷却而收缩的熔料，使制品密实和防止模腔内物料反流。因此，注射装置必须保证塑料均匀塑化，并有足够的注射压力和保压压力。能满足这些要求的注射装置主要有柱塞式、柱塞-螺杆式、螺杆式等。注射装置主要有塑化装置（螺杆或柱塞、机筒、喷嘴和加热器等）、料斗、计量装置、螺杆传动装置、注塑油缸和注塑座整体移动油缸等组成。

注射装置是将树脂予以加热融化后在射入模具内。此时，要旋转螺杆，并让投入到料斗的树脂停留在螺杆前端（称之为计量），经过相当于所需树脂量的行程贮存后在进行射出。当树脂在模具内流动时，则控制螺杆的移动速度（射出速度），并在填充树脂后用压力（保压力）进行控制。当达到一定的螺杆位置或一定射出压力时，则从速度控制切换成压力控制。

图 2-3 注塑机结构示意图

### (2) 合模装置

合模装置主要作用是固定模具，实现模具的开闭动作。在注塑和保压时保证模具可靠地合紧，以及执行脱模作业。合模装置主要由固定模具的前模板以及安装移模油缸或调模装置的后模板、移动模板、拉杆、合模油缸、移模油缸、连杆机构、调模机构、顶出机构和安全保护机构等组成。

### (3) 液压传动与电气控制系统

液压传动与电气控制系统的作用中保证注塑机按工艺过程预定的要求（压力、温度、速度和时间等）和动作程序准确而有效地工作。液压传动主要由各种液压元件、液压基本回路和其他附属装置所组成。电气控制系统主要由各种电器元件、仪表、电控系统（加热、测量）、微机控制系统等组成。液压传动与电气控制系统两者有机结合协调工作，对注塑机提供动力和现实动作控制。

## 2.2.2 注塑机的基本参数

注塑机的性能通常采用一些参数加以表示，其基本参数有注射量、注射压力、注射速度、注射时间、塑化能力、锁模力、移模速度和合模装置基本尺寸等。这些参数能较好地反映出注塑件的大小、物料种类和品级范围，又是注塑模具设计和注塑机选用的依据。

### (1) 注射量

是指在对空注射条件下，注塑机螺杆或柱塞作一次最大注射行程时，注塑系统所能达到的最大注出量。该参数表明注塑机的生产能力的重要标志，常用来表示注塑

机的规格。注射量一般有两种表示方法：一种以熔料的容积表示（单位为  $\text{cm}^3$ ）；另一种是用熔料的质量表示（单位为  $\text{g}$ ）。

### (2) 注射压力

是指螺杆或柱塞端面处作用于熔料单位面积上的力。注射压力的大小与注塑机结构、制品形状、塑料性能、温度和模具等因素有关。在实际生产中，注射压力应在注塑机允许范围内调节，其大小要根据实际情况进行选用，若注射压力过大，制品可能出现飞边或脱模困难等问题；若注射压力过小，则熔料不易成型等。

### (3) 锁模力

是指注塑机合模机构施于模具上的最大夹紧力。在此力作用下，模具不应被熔体所顶开，在一定程度上反映出注塑机所能生产制品的大小，也是注塑机生产能力的又一个重要参数。锁模力的选取很重要，若选用注塑机锁模力不够，在成型时易使制品产生飞边，不能成型薄壁制品；若锁模力选用过大，容易压坏模具等。

### (4) 合模装置基本尺寸

合模装置基本尺寸直接关系到所能加工制品的范围和模具的安装、定位等。主要包括模板尺寸与拉杆间距、模板间最大开距与动模板行程和模具厚度等。注塑机除了以上 4 个主要基本参数外，还有许多具体性能参数，见表 2-1。

表 2-1 注塑机 HDX88 和 HDX128 的参数

参数/机型		单位	HDX88			HDX128		
注射装置	螺杆直径	mm	35	38	40	38	40	43
	螺杆长径比 L/D		21.7	20	19	21.1	20	18.6
	注射容积	$\text{cm}^3$	144	170	188	181	201	232
	注射质量	g	131	155	171	165	183	211
	注射压力	MPa	194	165	149	177	160	138
锁模装置	合模力	kN	880			1280		
	模板行程	mm	320			360		
	拉杆间距	mm	365×365			410×410		
	模具厚度	mm	150~360			150~430		
	顶出力	kN	38			38		
	顶出行程	mm	100			130		
其他	油泵压力	MPa	16			16		
	电机功率	kW	11			13		
	加热功率	kW	6.3			9.7		
	外形尺寸	m	4.4×1.3×1.7			4.8×1.3×1.8		
	机器质量	t	2.8			3.8		
	模具定位圈直径	mm	125			125		
	喷嘴圆球半径	mm	SR10			SR10		

## 2.2.3 注塑机常见的主要品牌

注塑机行业在全球发展很快，特别在中国制造业的快速发展的时代，如今国内和国外注塑机品牌均有不少在塑胶产品企业使用。比较著名的注塑机品牌有香港的震雄，台湾的台中精机，内地的海天、海泰和博创等，日本的三菱、东芝和住友等，德国的德马格和克劳斯玛菲等。相比之下，使用最长寿命的应该属于日本注塑机，欧洲注塑机的安全标准较高。

### (1) 德国的德马格注塑机

德马格是世界知名的德国 Demag Ergotech 公司的注塑机品牌，其主要特点是：注塑机采用液压锁模结构与计算机优化的位置控制和预设的加速曲线相吻合，保证了锁模快速平衡的运动，保证了模具的完好性，缩短了循环时间，而且它的液压顶出机构易于拆装，没有突出的软管，拉杆间距足以容纳体积大的模具；注塑机采用电控变量泵（DFE），可以达到闭环的油压控制，能满足任何高精度、高反应的要求，同时可以使能耗降至最低以达到更好的节能要求（比普通注塑机节能 30%以上）；采用 Ergotech Control 控制器，可以按照要求的时间、压力及流量从注射状态切换到保压状态，设定值既可以按百分比，也可以按物理值输入；NC4 可以控制外部设备，还提供一个专门的页面设定各项工艺参数，进行质量控制，所有的工艺控制都是由 NC4 控制系统自动完成。

### (2) 德国 KRAUSS MAFFEI (克劳斯玛菲) 注塑机

KRAUSS MAFFEI (克劳斯玛菲) 是德国高精度注塑机的主打品牌。EX 是克劳斯玛菲推出的全电动注塑机，速度快、精度高、清洁，同时比较节省能源。具有很短的干燥循环时间，循环速度快的同时还具有很高的精度。生产出来的产品也是高质量的。

### (3) 日本住友注塑机

住友是日本注塑机的第一品牌，也是世界全电动注塑机第一品牌，住友全电动注塑机连续五年来居于世界市场首席占有率。住友从事注塑机研发制造已有四十多年的历史，历来以其高速、高压而在行业内享有盛名。自从全电动机得到广泛应用，住友更凭借强大的研发与创新能力和走在整个电动机行业的最前端。目前住友拥有多项独家技术，如直接驱动、双压中心模板锁模结构、锁模力自动校正等，在行业内拥有杰出的表现力，近年住友年产全电动机 5000 台左右，在全电动机处于领先地位的日本机种里已连续五年取得第一名。

### (4) 香港震雄注塑机

香港震雄是目前全球注塑机销售量最大的生产商之一，平均每 10min 售出一台机器，年产注塑机接近 15000 台，全线系列注塑机锁模力为 5~6500t，射胶量为 1~100000g。震雄集团以创新科技为首要目的，创业初期于 1959 年自行研发生产出香港第一台双色吹瓶机，令同行为之瞩目。20 世纪 60 年代，震雄首创螺丝直射注塑机，奠定了震雄在注塑行业的领导地位。进入 21 世纪，震雄集团生产的注塑机已达世界级技术水平。近年来，震雄不断推出新产品、新技术，2000 年将亚洲第一个包括模具、注塑机及机械手的 PET 瓶坯注塑配套系统推向市场，2001 年推出全电式注塑机，同年 9 月推出精密超高速注塑机。

### (5) 台中精机注塑机

台中精机是中国台湾地区成功开发全电动机并实现一定批量生产的公司。台中精机基于 50 余年工具机的成熟技术，目前已开发完成 50t、80t、100t、150t、200t 五个机种共 11 种模块搭配的完整系列电动式注塑机，已经销售到美国、英国、南非、日本、菲律宾、马来西亚等地区。今后计划持续推出中大型电动式注塑机，包括 250t、300t 和 350t 等，并将电动式注塑机系列往上延伸，以满足客户的殷切需求。

#### (6) 宁波海天注塑机

中国注塑机械企业主要分布在东南沿海、珠江三角洲一带，其中宁波地区发展势头最猛，现已成为中国最大的注塑机生产基地，年生产量占国内注塑机年总产量 1/2 以上，占世界注塑机的 1/3。海天牌系列注塑成型机则是其中代表之一。海天集团创业已有 40 多年，目前已成为中国最大的塑料机械生产基地，是一家专业生产注塑机的高新技术企业。海天牌注塑机以其优质、高效、节能、档次高、经济效益好而闻名于全国注塑机械行业。主要产品是锁模力 58~3600t（注射量为 50~54000g）近百种规格塑料注塑机，年产量近万吨，其产量和销售额占中国同行业首位。公司全方位引进日本、德国、美国、英国等先进国家一流的全电脑、全自动控制的综合加工中心，以高精度、高质量生产制造海天牌系列注塑机，生产有 HTB 系列、HTF 系列、HTW 系列、HTK 系列、DH 系列五大系列，百余种规格的机型，以适合不同客户的需求。

## 2.2.4 注塑机操作

养成良好的注塑机操作习惯对提高机器寿命和生产安全都大有好处。

### (1) 开机之前

- ①检查电器控制箱内是否有水、油进入，若电器受潮，切勿开机。应由维修人员将电器零件吹干后再开机。
- ②检查供电电压是否符合，一般不应超过±15%。
- ③检查急停开关，前后安全门开关是否正常。验证电动机与油泵的转动方向是否一致。
- ④检查各冷却管道是否畅通，并对油冷却器和机筒端部的冷却水套通入冷却水。
- ⑤检查各活动部位是否有润滑油（脂），并加足润滑油。
- ⑥打开电热控制系统，对机筒各段进行加温。当各段温度达到要求时，再保温一段时间，以使机器温度趋于稳定。保温时间根据不同设备和塑料原料的要求而有所不同。
- ⑦在料斗内加入足够的塑料。根据注塑不同塑料的要求，有些原料最好先经过干燥。
- ⑧要盖好机筒上的隔热罩，这样既可以节省电能，又可以延长电热圈和电流接触器的寿命。

### (2) 操作过程中

- ①不要为了贪图方便，随意取消安全门的作用。
- ②注意观察压力油的温度，油温不要超出规定的范围。液压油的理想工作温度应保持在 45~50℃之间，一般在 35~60℃范围内比较合适。
- ③注意调整各行程限位开关，避免机器在动作时产生撞击。

### (3) 工作结束时

- ①停机前，应将机筒内的塑料清理干净，预防剩料氧化或长期受热分解。
- ②应将模具打开，使肘杆机构长时间处于闭锁状态。
- ③车间必须备有起吊设备。装拆模具等笨重部件时应十分小心，以确保生产安全。

## 2.2.5 注塑生产调机指导

### (1) 目的

以最快速度、最低成本、最佳成型周期达到产品质量要求。

### (2) 适用范围

适用于注塑部调机人员的调机和生产工艺调节作业。

### (3) 作业准备

- ①无论是新的产品还是已生产过的产品，都须具备必要的生产工艺资料、产品样板、材料性能资料及其产品重量、模具的结构资料。已生产过的产品，找出生产工艺资料，将其输入计算机，将模具、设备调节到规定状态。
- ②检查设备、模具、材料是否可以进入调机状态，材料是否烘干，模具是否清理干净并能正常工作，料筒是否清洗干净，料筒温度是否达到成型温度，运水是否打开等。

### (4) 调机

如为已生产的产品，工艺参数输入后操作正常，产品经 QC 检验好后即可批量生产。如为新产品，操作步骤如下。

- ①设定料筒温度为正常成型温度。根据产品重量，设定熔胶和射胶行程。
- ②根据模具射胶流程确定射胶的压力和速度，一般取中压（50~80MPa），速度（30~60mm/s）。
- ③根据浇口类型、大小设定射胶的保压时间，点浇口 6~8s，边浇口和直浇口 8~10s。
- ④根据模具冷却水道分布和产品壁厚确定冷却时间，初设定为 15~20s。
- ⑤然后进行手动啤货，根据啤货缺陷具体增加或减少有关数据，直至达到产品质量要求又能连续正常生产。
- ⑥由手动变为半自动，边生产边调校数据，寻找最佳注塑周期。成型周期=开锁模时间+注射时间+熔胶时间+冷却时间，对以上 4 个时间尽量缩短。一般一台注射量为 110g 的注塑机，如为二板式模具，开模或锁模时间分别控制在 2s 左右，有行位可适当调慢。注射时间的调节按 0.5s 递减时间试啤，直至出现缺陷，停止调校在回复到上个数据。熔胶时间的确定尽量减少背压和加快熔胶速度，以不出现混色、气花为宜。冷却时间的调节同射胶时间的调节，以 1s 为递减时间试啤，将调校的成品与标准样板比较，若两者质量相同，则为最佳调校时间。

## 2.2.6 注塑机试模方法及注意事项

新模具注塑成型之前或机台更换其他模具生产时，试模是必不可少的部分。试模结果的好坏直接影响工厂的后续生产是否顺畅。因此在试模过程中必须遵循合理的操作步骤和记录试模过程中有用的技术参数，以利于产品的批量生产。



### 2.2.6.1 试模前的注意事项

(1) 了解模具的有关资料：最好能取得模具的设计图面，详细分析，并邀请模具技师参加试模工作。

(2) 先在工作台上检查其机械配合动作：要注意有否刮伤、缺件及松动等现象，模向滑板动作是否正确，水道及气管接头有无泄漏，模具的开程若有限制的话也应在模上标明。以上动作若能在挂模前做到的话，就可避免在挂模时发现问题再去拆卸模具所导致的工时浪费。

(3) 当确定模具各部动作适宜后，就要选择适合的试模射出机，在选择时应注意：

- ①注塑机台的最大射出量是多少；
- ②拉杆内距是否放得下模具；
- ③活动模板最大的移动行程是否符合要求；
- ④其他相关试模用工具及配件是否准备齐全。

一切都确认没有问题后则下一步就是吊挂模具，吊挂时应注意在锁上所有夹模板及开模之前吊钩不要取下，以免夹模板松动或断裂以致模具掉落。模具装妥后应再仔细检查模具各部分的机械动作，如滑板、顶针、退牙结构及限制开关等的动作是否确实。并注意射料嘴与进料口是否对准。下一步则是注意合模动作，此时应将关模压力调低，在手动及低速的合模动作中注意看及听是否有任何不顺畅的动作及异声等现象。吊装模具过程其实比较简单，需要仔细注意的地方主要是模具浇口与射嘴的校中心比较困难，通常可以采用试纸的方式调校中心。

(4) 提高模具温度：依据成品所用原料的性能及模具的大小选用适当的模温控制机将模具的温度提高至生产时所需的温度。等模温提高之后须再次检视各部分的动作，因为钢材因热膨胀之后可能会引起卡模现象，因此须注意各部分的滑动，以免有拉伤及颤动产生。

(5) 若工厂内没有推行实验计划法则，建议在调整试模条件时一次只能调整一个条件，以便区分单一条件变动对成品的影响。

(6) 依原料不同，对所采用的原来做适度的烘烤。

(7) 试模与将来量产尽可能采用同样的原料。

(8) 勿完全以次料试模，如有颜色需求，可一并安排试色。

(9) 内应力等问题经常影响二次加工，应于试模后待成品稳定即加以二次加工模具，在慢速合上之后，要调好关模压力，并动作几次，查看有无合模压力不均等现象，以免成品产生毛边及模具变形。

以上步骤都检查过后在将关模速度及关模压力调低，且将安全扣杆及顶出行程定好，再调整正常关模及关模速度。如果涉及最大行程的限制开关时，应把开模行程调整稍短，而在此开模最大行程之前切断高速开模动作。这是因为在装模期间整个开模行程中，高速动作行程比低速者较长之故。在塑料机上机械式顶出也必须调在全速开模动作之后作用，以免顶针板或剥离板受力而变形。

在做第一模射出前请在查对以下各项：①加料行程有否过长或不足；②压力是否太高或太低；③充模速度是否太快或太慢；④加工周期是否太长或太短。以防止成品短射、断裂、变形、毛边甚至伤及模具。

若加工周期太短，顶针将顶穿成品或剥环挤伤成品。这类情况可能会使人们花费二三个小时才能取出成品。若加工周期太长，则模芯的细弱部位可能因胶料缩紧而断

掉。当然不可能预料试模过程所可能发生的一切问题，但事先做好充分考虑可避免严重损失。

#### 2.2.6.2 试模的主要步骤

- ①查看料筒内的塑料原料是否正确无误，及是否依规定烘烤（试模与生产若用不同的原料很可能得出不同的结果）。
- ②料管的清理务求彻底，以防劣质胶料或杂料射入模内，因为劣质胶料及杂料可能会将模具卡死。检查料管的温度及模具的温度是否适合于加工原料。
- ③调整压力及射出量以求生产出外观令人满意的成品，但是不可跑毛边，尤其是还有某些模穴成品尚未完全凝固时，在调整各种控制条件之前应思考一下，因为充模率稍微变动，可能会引起甚大的充模变化。
- ④要耐心地等到机器及模具的条件稳定下来，即使中型机器可能也要等 30min 以上。可利用这段时间来查看成品可能发生的问题。
- ⑤螺杆前进的时间不可短于闸口塑料凝固的时间，否则成品重量会降低而损及成品的性能，且当模具被加热时螺杆前进时间亦需适当延长以便压实成品。
- ⑥合理减低总加工周期。
- ⑦把新调出的条件至少运转 30min 以至稳定，然后至少连续生产一打全模样品，在其盛具上标明日期、数量，并按模穴分别放置，以便测试其运转的稳定性及导出合理的控制公差（对多穴模具尤有价值）。
- ⑧将连续的样品测量并记录其重要尺寸（应等样品冷却至室温时再量）。
- ⑨把每模样品量得的尺寸做个比较，应注意：a. 制品尺寸是否稳定；b. 是否某些尺寸有增加或降低的趋势而显示机器加工条件仍在变化，如不良的温度控制或油压控制；c. 尺寸的变动是否在公差范围之内。
- ⑩如果成品尺寸变化不大而加工的条件亦正常，则需观察每一模穴的成品其质量是否都可被接受，其尺寸是否都能在容许公差之内。把量出连续或大或小于平均值的模穴号记下，以便检查模具的尺寸是否正确。

#### 2.2.6.3 记录试模过程中所得到的参数

记录且分析数据以作为修改模具及生产条件的需要，且为未来量产时的参考依据。

- ①使加工运转时间长些，以稳定熔胶温度及液压油温度。
- ②按所有成品过大或过小的尺寸调整机器条件，若缩水率太大及成品显得射料不足，也可以增加闸口尺寸。
- ③根据各模穴过大或过小的尺寸予以修正，若模穴与门口尺寸正确，那么就应修改机器条件，如充模速率、模具温度及各部压力等，并检视某些模穴是否充模较慢。
- ④依各模穴成品的配合情形或模芯移位，予以个别修正，也可再试调充模率及模具温度，以便改善其均匀度。
- ⑤检查及修改射出机的故障，如油泵、油阀、温度控制器等的不良都会引起加工条件的变动，即使再完善的模具也不能在维护不良的机器上发挥良好的工作效率。在检查所有的记录数值之后，保留一套样品以便比较已修正之后的样品是否需要改善。妥善保存所有在试模过程中样品检验的记录，包括加工周期各种压力、熔胶及模具温度、料管温度、射出动作时间、螺杆加料时期等，简言之，应保存所有将来有助于顺利建立相同加工条件的数据，以便获得合乎质量标准的产品。

## 2.3 注塑的主要工艺参数

### 2.3.1 主要工艺参数类别

注塑成型工艺重要的条件包括影响塑化流动和冷却的温度、压力及相应的各个作用时间，可以说要保证塑件质量合格及稳定，必须的条件是准确而稳定的工艺参数。在调整工艺参数时，原则上按压力-时间-温度的顺序来调机，不应该同时变动两个或以上参数，以防止工艺条件紊乱造成塑件质量不稳定。

注塑的主要工艺参数如下。

#### (1) 料筒温度

熔料温度是很重要的，所用的射料缸温度只是指导性的。熔胶温度可在射嘴处量度或使用空气喷射法来量度。射料缸的温度设定取决于熔胶温度、螺杆转速、背压、射料量和注塑周期。如果没有加工某一特定级别塑料的经验，应从最低的设定开始。为了便于控制，射料缸分了区，但不是所有都设定为相同温度。如果运作时间长或在高温下操作，应将第一区的温度设定为较低的数值，这将防止塑料过早熔化和分流。注塑开始前，确保液压油、料斗封闭器、模具和射料缸都处于正确温度下。料筒温度一般自后至前逐步升高，以便均匀塑化。

#### (2) 熔料温度

熔体温度对熔体的流动性能起主要作用，塑胶没有具体的熔点，所谓熔点是一个熔融状态下的温度段，塑胶分子链的结构与组成不同，因而对其流动性的影响也不同，刚性分子链受温度影响较明显，如 PC、PPS 等，而柔性分子链如 PA、PP、PE 等流动性通过改变温度并不明显，所以应根据不同的材料来调校合理的注塑温度。

#### (3) 模具温度

有些塑胶料由于结晶化温度高，结晶速度慢，需要较高模温，有些由于控制尺寸和变形，或者脱模的需要，要较高的温度或较低温度，如 PC 一般要求 60℃ 以上，而 PPS 为了达到较好的外观和改善流动性，模温有时需要 160℃ 以上，因而模具温度对改善产品的外观、变形、尺寸、胶模等方面有不可低估的作用。在模具设计及成型工程的条件设定上，重要的是不仅要维持适合的温度，还要能让其均匀分布。不均匀的模温分布，会导致不均一的收缩和内应力，因而使成型品易产生变形和翘曲。

模温的高低会影响塑料在模腔内硬化的速度，太低会使充填较困难以及未适当的收缩（或再结晶）即硬化，使得成型品有较多的充填和热应力的残留；太高则出现毛边及需要较长的冷却时间。模具温度对塑件内在性能和表现质量影响很大，对于表面要求较高的胶件，模温要求较高。

#### (4) 注射压力

熔体克服前进所需的阻力，直接影响产品的尺寸、重量和变形等，不同的塑胶产品所需注塑压力不同，对于像 PA、PP 等材料，增加压力会使其流动性显著改善，注射压力大小决定产品的密度，即外观光泽性。它没有固定的数值，而模具填充越困难，注塑压力也增大。射出压力的设定主要是控制油压使其足以推动螺杆达到所设定的射出速度要求。由于每种塑料的特性不同，流动的难易程度也不同，同种材

料熔胶温度不同，黏度也会发生变化，产品不同、模具设计、模温不同均会使材料流动形成的阻力改变，要在种种不同状况下维持同一射出速度，就得改变射出压力，使其克服熔胶流动所造成的阻力。射出压力与保持压力不同，射出压力主要影响的是充填阶段，而保持压力影响的却是冷却阶段。

对于流动性差的塑料，注射压力要取大值，对于型腔阻力大的薄壁胶料，注射硬度力也要取最大值。

#### (5) 射出速度

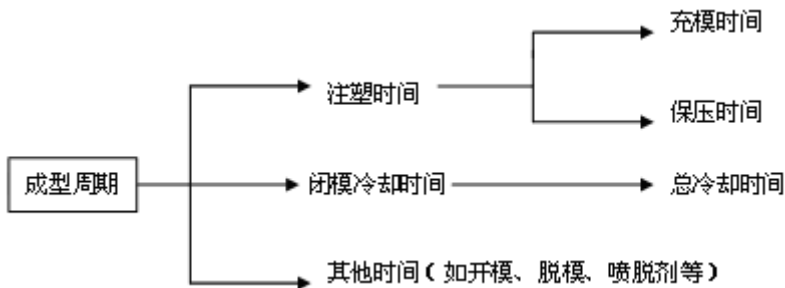
射出速度的设定是控制熔胶充填模具的时间及流动模式，是流动过程中的最重要条件。射出速度的调整正确与否对产品外观质量有绝对的支配。

射出速度设定的基本原则是配合塑料在模穴内流动时，按其流动所形成的断面大小来升降，并且遵守慢→快→慢的程序而尽量快（确认外观有无瑕疵）的要领。

注射速度通过调节单位时间内向注射油缸供油多少来实现，一般来说（在不引起副作用的前提下）尽量使用高射速充模，以保证塑件熔接强度及表观质量，而相对低的压力也使塑件内应力减小，提高了强度。采用高压低速进料的情况可使流速平稳，剪切速度小，塑件尺寸稳定，避免缩水缺陷。

#### (6) 时间参数（成型周期）

注射时间和冷却时间是基本组成部分，其长短对注塑件的质量有决定性的影响。充模时间一般不超过 10s。保压时间较长，与胶件壁厚有关（壁厚取长时间），以保证最小收缩。冷却时间取决于塑料结晶性、制品料厚、模具温度等因素，视具体情形调整。成型周期如下。



### 2.3.2 常见塑料的主要注塑工艺参数

常用塑料的主要注塑工艺参数见表 2-2。

常用塑料	工艺参数					
	料筒温度/干燥处理	熔料温度	模具温度/℃	注射压力	射出速度	浇口系统
聚氯乙烯 (PVC)	通常不需要干燥处理	185~205℃	20~50	可大到 150MPa	为避免材料降解, 一般要用相当的注射速度	所有常规的浇口都可以使用。如果加工较小的部件, 最好使用针尖型浇口或潜入式浇口; 对于较厚的部件, 最好使用扇形浇口。针尖型浇口或潜入式浇口的最小直径应为 1mm; 扇形浇口的厚度不能小于 1mm
聚碳酸酯 (PC)	PC 材料具有吸湿性, 加工前的干燥很重要。建议干燥条件为 100~200℃, 3~4h。加工前的湿度必须小于 0.02%	260~340℃	70~120	尽可能地使用高注射压力	对于较小的浇口使用低速注射, 对其他类型的浇口使用高速注射	小型制品可用针形浇口, 浇口深度应为最厚部位的 70%, 其他浇口有环形及长方形 浇口越大越好, 以减低塑料被过度剪切而造成缺陷
HDPE	喂料区 30~50℃ (50℃) 1 区 160~250℃ (200℃) 2 区 200~300℃ (210℃) 3 区 220~300℃ (230℃) 4 区 220~300℃ (240℃) 5 区 220~300℃ (240℃) 喷嘴 220~300℃ (240℃)	220~280℃	20~60	具有很好的流动性, 避免采用过高的注射压力 80~140MPa; 一些薄壁包装容器除外, 可达到 180MPa	对薄壁包装容器需要高的注射速度, 中等注射速度往往比较适用于其他类的塑料制品	点式浇口; 加热式热流道, 保温式热流道, 内浇套; 横截面面积相对小, 对薄截面制品已足够机器停工时段, 无需用其他材料进行专门的清洗工作
聚丙烯 (PP)	喂料区 30~50℃ (50℃) 1 区 160~250℃ (200℃) 2 区 200~300℃ (220℃) 3 区 220~300℃ (240℃) 4 区 220~300℃ (240℃) 5 区 220~300℃ (240℃) 喷嘴 220~300℃ (240℃)	220~280℃	20~70	具有很好的流动性, 避免采用过高的注射压力 80~140MPa; 一些薄壁包装容器除外, 可达到 180MPa	对薄壁包装容器需要高的注射速度 (带蓄能器), 中等注射速度往往比较适用于其他类的塑料制品	点式浇口或多点浇口; 加热式热流道, 保温式热流道, 内浇套; 浇口位置在制品最厚点, 否则易发生大的缩水

常用塑料	工艺参数					
	料筒温度/干燥处理	熔料温度	模具温度/℃	注射压力	射出速度	浇口系统
聚苯乙烯 (PS)	喂料区 30~50℃ (50℃) 1区 160~250℃ (200℃) 2区 200~300℃ (210℃) 3区 220~300℃ (230℃) 4区 220~300℃ (230℃) 5区 220~300℃ (230℃)	180~280℃	40~50	20~60MPa	建议使用高的注射速度	可以使用所有常规类型的浇口
聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET)	加工前的干燥处理是必须的, 因为 PET 的吸湿性较强。建议干燥条件为 120~165℃、4h 的干燥处理。要求湿度应小于 0.02%	对于非填充类型为 265~280℃; 对于玻璃填充类型为 275~290℃	80~120	30~130MPa	在不导致脆化的前提下可使用较高的注射速度	可以使用所有常规类型的浇口。浇口尺寸应当为塑件厚度的 50%~100%
聚甲醛 (POM)	如果材料贮存在干燥环境中, 通常不需要干燥处理	均聚物材料为 190~230℃; 共聚物材料为 190~210℃	80~105	70~120MPa	中等或偏高的注射速度	可以使用任何类型的浇口。如果使用隧道形浇口, 则最好使用较短的类型。对于均聚物材料建议使用热注嘴流道, 对于共聚物材料既可使用内部的热流道, 也可使用外部热流道
聚酰胺 6 或尼龙 6 (PA6)	加工前的干燥特别要注意。如果材料是用防水材料包装供用的, 则容器应保持密封。如果湿度大于 0.02%, 建议在 80℃ 以上的热空气中干燥 16h。如果材料已经在空气中暴露超过 8h, 建议进行 105℃、8h 以上的真空烘干	对于非增强品种为 230~280℃, 对于增强品种为 250~280℃	80~90	75~125MPa	高速 (对增强型材料要稍微降低)	浇口孔径不要小于 0.5t (t 为塑件厚度)。如果使用热流道, 浇口尺寸应比使用常规流道小一些, 因为热流道能够帮助阻止材料过早凝固。如果用潜入式浇口, 浇口的最小直径应当是 0.75mm
聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA)	干燥条件为 90℃、2~4h	240~270℃	35~70		中等注射速度	

### 2.3.3 注塑工艺参数的调校

#### (1) 事前确认及预备设定

- ①确认材料干燥、模温及加热筒温度是否被正确设定并达到可加工状态。
  - ②检查开闭模及顶出的动作和距离设定。
  - ③射出压力 (P1) 设定在最大值的 60%。
  - ④保持压力 (PH) 设定在最大值的 30%。
  - ⑤射出速度 (V1) 设定在最大值的 40%。
  - ⑥螺杆转速 (VS) 设定在约 60r/min。
  - ⑦背压 (PB) 设定在约 0.98MPa。
  - ⑧松退约设定在 3mm。
  - ⑨保压切换的位置设定在螺杆直径的 30%。例如 $\Phi 100\text{mm}$ 的螺杆，则设定 30mm。
  - ⑩计量行程比计算值稍短设定。
- ⑪射出总时间稍短，冷却时间稍长设定。

#### (2) 手动运转参数修正

- ①闭锁模具 (确认高压的上升)，射出座前进。
- ②以手动射出直到螺杆完全停止，并注意停止位置。
- ③螺杆旋退进料。
- ④待冷却后开模取出成型品。
- ⑤重复①~④的步骤，螺杆最终停止在螺杆直径 10% ~20%的位置，而且成型品无短射、毛边、白化或开裂等现象。

#### (3) 半自动运转参数的修正

- ①计量行程的修正 (计量终点) 将射出压力提高到 99%，并把保压暂调为 0，将计量终点  $S_0$  向前调到发生短射，再向后调至发生毛边，以其中间点为选择位置。
- ②出速度的修正 把 PH 回复到原水准，将射出速度上下调整，找出发生短射及毛边的个别速度，以其中点为适宜速度 (本阶段亦可进入以多段速度对应外观问题的参数设定)。
- ③保持压力的修正 上下调整保持压力，找出发生表面凹陷及毛边的个别压力，以其中间点为选择保压。
- ④保压时间 (或射出时间) 的修正 逐步延长保持时间，直至成型品重量明显稳定为合适选择。
- ⑤冷却时间的修正 逐步调降冷却时间，并确认下列情况可以满足：成型品被顶出、夹出、修整、包装不会白化、凸裂或变形；模温能平衡稳定。肉厚 4mm 以上的制品冷却时间简易算法如下。

理论冷却时间= $S(1+2S)$ ……模温 60℃ 以下。

理论冷却时间= $1.3S(1+2S)$ ……模具 60℃ 以上 (S 表示成型品的最大肉厚)。

#### ⑥塑化参数的修正

确认背压是否需要调整。

调整螺杆转速，使计量时间稍短于冷却时间。

确认计量时间是否稳定，可尝试调整加热圈温度的梯度。

确认喷嘴是否有滴料、主流道是否发生“猪尾巴”或粘模、成品有无气痕等现象，适当调整喷嘴部温度或松退距离。

#### ⑦段保压与多段射速的活用

一般而言，在不影响外观的情况下，注射应以高速为原则，但在通过浇口间及保压切换前应以较低速进行。

保压应采用逐步下降的方法，以避免成型品内应力残留太高，使成型品容易变形。

## 2.3.4 注塑工艺设定考虑的因素

注塑工艺设定要考虑的7个因素如下。

### (1) 收缩率

热塑性塑料成型收缩的形式及计算如前所述，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还存在结晶化形式的体积变化，内应力强，冻结在塑件内的残余应力大，分子取向性等因素，因此与热固性塑料相比则收缩率较大，收缩率范围宽、方向性明显，另外成型后的收缩、退火或调湿处理后的收缩率一般也都比热固性塑料大。

#### ②塑件特性

成型时熔融料与型腔表面接触外层立即冷却形成低密度的固态外壳。由于塑料的导热性差，使塑料内层缓慢冷却而形成收缩大的高密度固态层。所以壁厚、冷却慢、高密度层厚的则收缩大。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进料口形式、尺寸、分布

这些因素直接影响料流方向、分布密度、保压补缩作用及成型时间。直接进料口、进料口截面大（尤其截面较厚的）则收缩小，但方向性大，进料口宽及长度短的则方向性小。距进料口近的或与料流方向平行的则收缩大。

#### ④成型条件

模具温度高，熔融料冷却慢、密度高、收缩大，尤其对晶体料则因结晶度高，体积变化大，故收缩更大。模温分布与塑件内外冷却及密度均匀性也有关，直接影响到各部分收缩量大小及方向性。另外，保持压力及时间对收缩也影响较大，压力大、时间长的则收缩小，但方向性大。注塑压力高，熔融料黏度差小，层间剪切应力小，脱模后弹性回跳大，故收缩也可适量地减小，料温高、收缩大，但方向性小。因此在成型时调整模温、压力、注塑速度及冷却时间等诸因素也可适当改变塑料收缩情况。

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，一般宜用如下方法设计模具。

①对塑件外径取较小收缩率，内经取较大收缩率，以留有试模后修正的余地。

②试模确定浇注系统形式、尺寸及成型条件。

③要后处理的塑件径后处理确定尺寸变化情况（测量时必须在脱模24h以后）。

④按实际收缩情况修正模具。

⑤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

热塑性塑料流动性大小，一般可从分子量大小、熔融指数、阿基米德螺旋线流动长度、表观黏度及流动比（流程长度/塑件壁厚）等一系列指数进行分析。分子量小，分子量分布宽，分子结构规整性差；熔融指数高、螺旋流动长度长、表观黏度小，流动比大的则流动性就好。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塑成型。按模具设计要求大致可将常用塑料的流动性分为三类。

①流动性好 PA、PE、PS、PP、CA、聚 4 甲基戊烯。

②流动性中等 聚苯乙烯系列数值（如 ABS、AS）、PMMA、POM、聚苯醚。

③流动性差 PC、硬 PVC、聚苯醚、聚砜、聚芳砜、氟塑料。

各种塑料的流动性也因各成型因素而变，主要影响的因素有如下几点：

### ①温度

料温度高则流动性增大，但不同塑料也各有差异，PS（尤其耐冲击型及 MFR 值较高的）、PP、PA、PMMA、改性聚苯乙烯（如 ABS、AS）、PC、CA 等塑料的流动性随温度变化较大。对 PE、POM，则温度增减对其流动性影响较小。所以前者在成型时宜调节温度来控制流动性。

### ②压力

注塑压力增大则熔融料受剪切作用大，流动性也增大，特别是 PE、POM 较为敏感，所以成型时宜调节注塑机压力来控制流动性。

### ③模具结构

浇注系统的形式、尺寸、布置、冷却系统设计、熔融料流动阻力（如型面光洁度、料道截面厚度、型腔形状、排气系统）等因素都直接影响到熔融料在型腔内的实际流动性，凡促使熔融料降低温度，增加流动性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。成型时则也可控制料温、模温及注塑压力、注塑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是否出现结晶现象可划分为结晶型塑料与非结晶型（又称无定形）塑料两大类。所谓结晶现象即为塑料由熔融状态到冷凝时，分子由自由移动（完全处于无次序状态）变成停止自由运动，按略微固定的位置，并有使分子排列成为正规模型倾向的一种现象。

作为判别这两类塑料的外观标准可视塑料的厚壁、塑件的透明性而定，一般结晶型塑料为不透明或半透明（如 POM 等），无定形塑料为透明（如 PMMA 等）。

在模具设计及选择注塑机时应注意对结晶型塑料有下列要求及注意事项。

①料温上升到成型温度所需的热量多，要用塑化能力大的设备。

②冷却回化时放出热量大，要充分冷却。

③熔融态与固态的密度差大，成型收缩大，易发生缩孔、气孔。

④冷却快，结晶度低，收缩小，透明度高。结晶度与塑件壁厚有关，壁厚则冷却慢，结晶度高，收缩大，物性好。所以结晶型塑料应按要求必须控制模温。

⑤各向异性显著，内应力大。脱模后未结晶化的分子有继续结晶化的倾向，处于能量不平衡状态，易发生变形、翘曲。

⑥结晶化温度范围窄，易发生未熔料未注入模具或堵塞进料口。

## (4) 热敏性塑料及易水解塑料

热敏性是指某些塑料对热较为敏感，在高温下受热时间较长，或进料口截面过小，剪切作用大时，料温增高易发生变色、降解、分解的倾向，具有这种特性的塑料称为热敏性塑料。如硬 PVC、聚偏氯乙烯、醋酸乙烯共聚物、POM、聚三氟氯乙烯等。热敏性塑料在分解时产生单体、气体、固体等副产物，特别是有的分解气体对人体、设备、模具都有刺激、腐蚀作用或毒性。因此，模具设计选择注塑机及成型时都应注意，应选用螺杆式注塑机，浇注系统截面宜大，模具和料筒应镀铬，不得有滞料，必须严格控制成型温度，也可在塑料中加入稳定剂，减弱其热敏性能。

有的塑料（如 PC）即使含有少量水分，但在高温、高压下也会发生分解，这种性能称为易水解性，对此必须预先加热干燥。

#### （5）应力开裂及熔体破裂

有的塑料对应力敏感，成型时易产生内应力并质脆易裂，塑件在外力作用下或在溶剂作用下即发生开裂现象。为此，除了在原料内加入添加剂提高抗开裂性外，对原料应注意干燥，合理地选择成型条件，以减少内应力和增加抗裂性。并应选择合理的塑件形状，不宜设置嵌件等措施来尽量减少应力集中。模具设计时应增大脱模斜度，选用合理的进料口及顶出机构，成型时应适当地调节料温、模温、注塑压力及冷却时间，尽量避免塑件过与冷脆时脱模，成型后塑件还宜进行后处理提高抗开裂性，消除内应力并禁止与溶剂接触。当一定流动速率的聚合物熔体，在恒温下通过喷嘴孔时其流速超过某值后，熔体表面发生明显横向的裂纹称为熔体破裂，有损塑件外观及物性。故在选用熔体流动速率高的聚合物时，应增大喷嘴、浇道、进料口截面，减少注塑速度，提高料温。

#### （6）热性能及冷却速度

各种塑料有不同的比热容、热导率、热变形温度等热性能。比热容高的塑化时需要热量大，应选用塑化能力大的注塑机。热变形温度高，塑料的冷却时间短，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（如离子聚合物等冷却速度极慢），故必须充分冷却，要加强模具冷却效果。热浇道模具适用于比热容低、导热率高的塑料。比热容大、导热率低、热变形温度低、冷却速度慢的塑料则不利于高速成型，必须选用适当的注塑机及加强模具冷却。

各种塑料按其种类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。当模温升高时应予以冷却，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均匀及提高结晶度等。对流动性好、成型面积大、料温不均的则按塑件成型情况，有时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或加热系统。

#### （7）吸湿性

塑料中因有各种添加剂，使其对水分有不同的亲疏程度，所以塑料大致可分为吸湿、黏附水分及不吸水也不易黏附水分两种，料中含水量必须控制在允许范围内，否则在高温、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、外观及力学性能不良。所以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，在使用时防止再吸湿。

## 2.4 塑胶产品注塑成型时的常见问题或缺陷及改善指引

在注塑成型加工过程中可能由于原料处理不好、塑胶产品或模具设计不合理、操作工没有掌握合适的工艺操作条件，或者因机械方面的原因，常常使塑胶制品（如塑胶产品零部件）产生注不满、凹陷、飞边、气泡、裂纹、翘曲变形、尺寸变化等缺陷。

生产时间证明，引起注塑成型塑胶产品零部件缺陷的因素是多方面的，大多数是多种因素的综合所致。在模具的设计、制造精度和磨损程度等方面，用工艺手段来弥补模具缺陷带来的问题一般成效不大。生产过程中工艺的调节是提高品质量和产量的必要途径。由于注塑周期本身很短，如果工艺条件掌握不好，废品就会源源不绝。在调整工艺时最好一次只改变一个条件，多观察几回，如果压力、温度、时间统一调节的化，很容易造成混乱和误解，出了问题也不知道是何道理。调整工艺的措施、手段是多方面的。例如：解决制品注不满的问题就有十多个可能的解决途径，要选择出解决问题症结的一二个主要方案，才能真正解决问题。此外，还应注意解决方案中的辩证关系，例如制品出现了凹陷，有时要提高料温，有时要降低料温；有时要增加料量，有时要减少料量。

以下将针对塑胶产品注塑成型常见问题或缺陷，分别从注塑机、模具设计、成型工艺、原料和产品设计等方面分析及提出改善指引或相应的处理方法。

### 2.4.1 填充不足

填充不足表现为注塑件不完整或细节不完全，是因为塑料未完全充满模腔所致。这是一个经常遇到的问题，但也比较容易解决。当用工艺手段确实解决不了时，可从模具设计制造上考虑进行改进，一般是可以解决的。造成填充不足的原因很多，涉及的因素可能有注塑机、模具、工艺和原料产品等多个方面。

#### (1) 注塑机

① 注塑机塑化容量小，不足以提供足够料量，需要换塑化容量大的机器。当制品质量超过注塑机实际最大注射质量时，显然供料量是不入敷出的。若制品质量接近注塑机实际注射质量时，就有一个塑化不够充分的问题，料在机筒内受热时间不足，结果不能及时地向模具提供适当的熔料。这种情况只有更换容量大的注塑机才能解决问题。

② 温度计显示的温度不真实，明高实低，造成料温过低。这是由于温控装置如热电偶及其线路或温差毫伏计失灵，或者是由于远离测温点的电热圈老化或烧毁，加温失效而又未曾发现或没有及时修复更换。

③ 喷嘴部分堵住，检查嘴孔是否有异物或未熔料，可能是喷嘴内孔直径太大或太小。太小，则由于流通直径小，料条的比容增大，容易制冷，堵塞进料通道或消耗注射压力；太大，则流通截面积大，塑料进模的单位面积压力低，形成注射力小的状况。喷嘴与主流道入口配合不良，常常发生模外溢料、模内充不满的现象。喷嘴本身流动阻力很大或有异物、塑料碳化沉积物等堵塞；喷嘴或主流道入口球面损伤、变形，影响与其的良好配合；注座机械故障或偏差，使喷嘴与主流道轴心产生倾侧位移或轴向压紧面脱离；喷嘴球径比主流道入口球径大，因边缝出现间隙、在溢料挤迫下逐渐增大喷嘴轴向推开力等都会造成制品注不满。

④ 检查料斗料量及斗口是否堵塞，塑料熔块是否堵塞加料通道。由于塑料在料斗干燥

器内局部熔化结块，或机筒进料段温度过高，或塑料等级选择不当，或塑料内含的润滑剂过多都会使塑料在进入料口缩径位置或螺杆起螺端深槽内过早地熔化，料粒与熔料互相黏结形成“过桥”，堵塞通道或包住螺杆，随同螺杆旋转作圆周滑动，不能前移，造成供料中断或无规则波动。这种情况只有在凿通通道、排除料块后才能得到根本解决。

⑤喷嘴冷料入模。注塑机通常都因顾及压力损失而只装直通式喷嘴。但是如果机筒前端和喷嘴温度过高，或在高压状态下机筒前端贮料过多，产生“流涎”，使塑料在未开始注射而模具敞开的情况下，意外的抢先进入主流道入口并在模板的冷却作用下变硬，而妨碍熔料顺畅地进入型腔。这时，应降低机筒前端和喷嘴的温度以及减少机筒的贮料量，减低背压压力，避免机筒前端熔料密度过大。

⑥注塑周期过短。由于周期短，料温来不及跟上也会造成缺料，在电压波动大时尤其明显。要根据供电电压对周期作相应调整。调整时一般不考虑注射和保压时间，主要考虑调整从保压完毕到螺杆退回的那段时间，既不影响充模成型条件，又可延长或缩短料在机筒内的预热时间。

## （2）模具

①是否因为排气不足而影响，检查排气孔是否堵塞或增加多个排气位。

②入水口太小或流道太细长，需相应加大入水口，加粗流道，转角应圆弧过渡。

③塑胶件局部断面过薄，需要在结构上改进，加多个入水口。

④对多型腔而言，入水口位置是否恰当视情形做调整。

## （3）注塑成型工艺

①进料调节不当，缺料或多料，要适当增加背压。加料计量不准或加料控制系统操作不正常、注塑机或模具或操作条件所限导致注射周期反常、预塑背压偏小或机筒内料粒密度小都可能造成缺料。

②注射压力太低看，注射时间短，柱塞或螺杆退回太早，需要增加注射压力和注射时间。熔融塑料在偏低的工作温度下黏度较高，流动性差，应采用较大的压力和速度注射。

③注射速度慢，需增加注塑速度。注射速度对于一些形状复杂、厚薄变化

大、流程长的制品，以及黏度较大的塑料如增韧性 ABS 等具有十分突出的意义。当采用高压尚不能注满制品时，应考虑采用高速注射才能克服注不满的毛病。

④料温过低，增加熔胶温度。机筒前端温度低，进入型腔的熔料由于模具的冷却作用而使黏度过早地上升到难以流动的地步，妨碍了对远端的充模；机筒后段温度低，黏度大的塑料流动困难，阻碍了螺杆的前移，结果造成看起来压力表显示的压力足够而实际上熔料在低压低速下进入型腔；喷嘴温度低则可能是固定加料时喷嘴长时间与冷的模具接触散失了热量，或者喷嘴加热圈供热不足或接触不良造成料温低，可能堵塞模具的入料通道；如果模具不带冷料井，用自锁喷嘴，采用后加料程序，喷嘴能保持必需的温度；刚开机时喷嘴太冷有时可以用火焰枪作外加热以加速喷嘴升温。

## （4）检查

物料流动性差。塑料厂常常使用再生碎料，而再生碎料往往会反映出黏度增大的倾向。实验指出：由于氧化裂解生成的分子断链单位体积密度增加了，这就增加了在机筒和型腔内流动的黏滞性，再生碎料助长了较多气态物质的产生，使注射压力损失增大，造成充模困难。为了改善塑料的流动性，应考虑加入外润滑剂如硬脂酸或其他盐类，最好用硅油（黏度  $300\sim 600\text{cm}^2/\text{s}$ ）。润滑剂的加入既提高了塑料的流动性，又提高了稳定性，减少了气态物质的气阻。

## 2.4.2 溢料

溢料表现为塑料件上有多余的飞边、溢边、披锋或棱角等，通常出现在模具分型面或模型拼合线或孔位等位置。溢料不及时解决将会进一步扩大化，从而压印模具形成局部陷塌，造成永久性损害。造成溢料的原因很多，涉及的因素可能有注塑机、模具、工艺和原料产品等多个方面。

### (1) 注塑机

①注塑机的合模力不足，锁模力太小，需要更换较大锁模力机器。选择注塑机时，机器的额定合模力必须高于注塑成型制品纵向投影面积在注射时形成的张力，否则将造成胀模，出现飞边。

②合模装置调节不佳，肘杆机构没有延伸，产生或左右或上下合模不均衡，模具平行度不能达到的现象，造成模具单侧一边被合紧而另一边不密贴的情况，注射时将出现飞边。

③模具本身平行度不佳，或装得不平行，或模板不平行，或拉杆受力分布不均、变形不均，这些都将造成合模不紧密而产生飞边。

④止回环磨损严重；弹簧喷嘴弹簧失效；料筒或螺杆的磨损过大；入料口冷却系统失效造成“架桥”现象；机筒调定的注料量不足，缓冲垫过小等都可能造成飞边反复出现，必须及时维修或更换配件。

⑤机器锁模力不稳定。

### (2) 模具

①模具分型面精度差。活动模板（如中板）变形翘曲；分型面上沾有异物或模框周边有凸出的撬印毛刺；旧模具因早先的飞边挤压而使型腔调周边疲劳塌陷。

②模具设计不合理。模具型腔的开设位置过偏，会令注射时模具单边发生张力，引起飞边；塑料流动性太好，如聚乙烯、聚丙烯、尼龙等，在熔融态下黏度很低，容易进入活动的或固定的缝隙，要求模具的制造精度较高；在不影响制品完整性的前提下应尽量安置在质量对称中心上，在制品厚实的部位入料，可以防止一边缺料一边带飞边的情况；当制品中央或其附近有成型孔时，通常在孔上开设侧浇口，在较大的注射压力下，如果合模力不足，模的这部分支承作用力不够，发生轻微翘曲造成飞边，如模具侧面带有活动构件时，其侧面的投影面积也受成型压力作用，如果支承力不够也会造成飞边；滑动型芯配合精度不良或固定型芯与型腔安装位置偏移而产生飞边；型腔排气不良，在模的分型面上没有开排气沟，或排气沟太浅，或过深过大，或受异物阻塞都将造成飞边；对多型腔模具应注意各分流道和浇口的合理设计，否则将造成充模受力不均而产生飞边。

③外来物黏附于分型面，致使锁模不密合。

④模具与物料配合不准，需要进行针对性检修。

### (3) 注塑成型工艺

①注射压力过高或注射速度过快，需要降低或提前从注射压转到保压。由于高压高速，对模具的张开力增大，会导致溢料。要根据制品厚薄来调节注射速度和注射时间，薄制品要用高速充模，充满后不再进注；厚制品要用低速充模，并让表皮在达到终压前大体固定下来。

②加料量过大造成飞边，适当减少射胶量及将熔料温度降低。值得注意的是不要为了防止凹陷而注入过多的熔料，这样凹陷未必能“填平”，而飞边却会出现。这种情况应用延长注射时间或保压时间来解决。

③机筒、喷嘴温度太高或模具温度太高都会使塑料黏度下降，流动性增大，在流畅进模的情况下造成飞边，适当降低熔料温度。

④减少螺杆向前时间及降低注射速度。

#### (4) 原料

①塑料黏度太高或太低都可能出现飞边。黏度低的塑料如尼龙、聚乙烯、聚丙烯等，则应提高合模力；吸水性强的塑料或对水敏感的塑料在高温下会大幅度地降低流动黏度，增加飞边的可能性，对这些塑料必须彻底干燥；掺入再生料太多的塑料黏度也会下降，必要时补充滞留成分。塑料黏度太高，则流动阻力增大，产生大的背压使模腔压力提高，造成合模力不足而产生飞边。

②塑料原料粒度大小不均时会使加料量变化不定，制件或不满，或飞边。

### 2.4.3 缩水痕

缩水痕通常表现为塑料表面冷却硬化收缩缺料所致的凹痕（塌坑、瘪形），主要出现在厚壁位置、筋条、机壳、螺母嵌件的背面等处。造成缩水痕的原因很多，涉及的因素可能有注塑机、模具、工艺、原料和产品设计等多个方面。

#### (1) 注塑机

①螺杆或柱塞磨损严重，注射及保压时熔料发生漏流，降低了充模压力和料量，造成熔料不足。

②喷嘴孔太大或太小。太小则容易堵塞进料通道，太大则将使射力小，充模发生困难。

③增加加料量，减少缓冲垫厚度，使注射压力不要过分消耗而发挥作用。

#### (2) 模具

①浇口太小或流道过窄或过浅，流道效率低、阻力大，熔料过早冷却，适当加大浇口以增加进胶量；增多注口或缩短流道，减少压力损失，使料流畅。浇口也不能过大，否则会降低剪切速率，胶料的黏度高，同样不能使制品饱满。浇口应开设在制品的厚壁部位，以利补缩。流道中开设必要的、有足够容量的冷料井可以排除冷料进入型腔使充模持续进行。点浇口、针状浇口的浇口长度一定要控制在 1mm 以下，否则塑料在浇口处凝固快，影响压力传递；必要时可增加点浇口数目或浇口位置以满足实际需要；当流道长而厚时，应在流道边缘设置排气沟槽，减少空气对料流的阻挡作用。

②多浇口模具要调整各浇口的充模速度，最好对称开设浇口。

③通过改变浇口位置及流道大小，均衡各型腔熔胶的填充。

④整个模具应不带毛刺且具有可靠的合模密封性，能承受高压、高速、低黏度熔料的充模。

⑤模具上存在局部高温区，改善冷却水位置；模具的关键部位应有效地设置冷却水道，保证模具的冷却对消除或减少收缩起着很好的效果。

⑥模具温度太低使胶料填不完全，需提高模具温度。

#### (3) 注塑成型工艺

①增加注射压力、保压压力，延长注射时间。对于流动性大的塑料，高压会产生飞边，引起塌坑，应适当降低料温，降低机筒前段和喷嘴温度，使进入型腔的熔料容积变化减少，容易冷固；对于高黏度塑料，应提高机筒温度，使充模容易。收缩发生在浇口区域时应延长保压时间。

②提高注射速度可以较方便地使制件充满并消除大部分的收缩。

③适当制件应提高模具温度，保证料流顺畅；厚壁制件应减低模温以加速表皮的固化定型。

④适当增加冷却时间，减少热收缩。延长制件在模内冷却停留时间、保持均匀的生产周期、增加背压、螺杆前段保留一定的缓冲垫等均有利于减少收缩现象。

⑤低精度制品应及早出模让其在空气中或热水中缓慢冷却，可以使收缩凹陷平缓又不影响使用。

⑥温度过高或过低，会使保压补缩达不到效果。

⑦胶料射入量不足，增加射胶量。

#### (4) 原料

原料太软易发生凹陷，有效的方法是在塑料中加入成核剂以加快结晶。

#### (5) 产品设计

制品设计应使壁厚均匀，尽量避免壁厚的变化，像聚丙烯这类收缩很大的塑料，当厚度变化超出 50%时，最好用筋条代替加厚的部位。

## 2.4.4 银纹、气泡和气孔

料在充模过程中受到气体的干扰，常常在制品表面出现银丝斑纹或微小气泡，或在制品厚壁内形成气泡。这些气体的来源主要是原料中含有水分或易挥发物质或润滑剂过量，也可能是料温过高，塑料受热时间长，发生降解而产生降解气。造成这些的原因很多，涉及的因素可能有注塑机和模具等多个方面。

### (1) 注塑机

①喷嘴部分有可能堵塞。注塑机喷嘴孔太小、物料在喷嘴处流延或拉丝、机筒或喷嘴有障碍物或毛刺，高速料流经过时产生摩擦热使料分解。

②注塑机温度控制器是否准确，控制是否有差异。

### (2) 模具

①检查浇口及流道是否有堵塞情况，如有需要增加浇口深度和流道直径。由于设计上的缺陷，如浇口位置不佳、浇口太小；多浇口制件的浇口排布不对称、流道细小、模具冷却系统不合理使模温差异太大等造成熔料在模腔内流动不连续，堵塞了空气的通道。

②检查排气情况要保持良好，必要时加深或增加排气。模具分型面缺少必要的排气孔道或排气孔道不足、堵塞、位置不佳，又没有嵌件、顶针之类的加工缝隙排气，造成型腔中的空气不能在塑料进入时同时离去。

③模具表面粗糙度差，摩擦阻力大，造成局部过热点，使通过的塑料分解。

④模具表面温度太低，增高模温。

⑤模具表面过多脱模剂，要限制脱模剂的使用或换用无硅脱模剂。

⑥成型时检查是否漏油，水泄漏会使模腔受到污染。

### (3) 注塑成型工艺

①熔胶温度太高以至挥发物过多，降低料筒温度。机筒温度过高或加热失调，应逐段减低机筒温度。加料段温度过高，使一部分塑料过早熔融充满螺槽，空气无法从加料口排出。

②注射压力小，保压时间短，使熔料与型腔表面不密贴。

③注射速度太快，使熔融塑料受大剪切作用而分解，产生分解气；注射速度太慢，不能及时充满型腔造成制品表面密度不足产生银纹。增加或减小射胶体速度。

④熔胶温度太低以至充填不稳定，内应力增大，相应增高料温及喷嘴温度。料量不足、加料缓冲垫过大、料温太低或模温太低都会影响熔料的流动和成型压力，产生气泡。

⑤用多段注射减少银纹：中速注射充填流道→慢速填满浇口→快速注射→低压慢速将模注满，使模内气体能在各段及时排除干净。

⑥胶料滞留在料筒内时间过长，需减小总周期时间。

#### (4) 原料

①原料中混入异种塑料或粒料中掺入大量粉料，熔融时容易夹带空气，有时会出现银纹。原料受污染或含有有害屑料时原料容易受热分解。

②再生料料粒结构疏松，微孔中贮留的空气量大；再生料的再生次数过多或与新料的比例太高（一般应小于 20%）。

③原料中含有挥发性溶剂或原料中的液态助剂（如助染剂白油、润滑剂硅油、增塑剂二丁酯以及稳定剂、抗静电剂等）用量过多或混合不均，以积集状态进入型腔，形成银纹。

④要保证原料充分干燥，清除水分。塑料没有干燥处理或从大气中吸潮。应对原料充分干燥并使用干燥料斗。

⑤有些牌号的塑料，本身不能承受较高的温度或较长的受热时间。特别是含有微量水分时，可能发生催化裂化反应。对这一类塑料要考虑加入外润滑剂如硬脂酸及其盐类（每 10kg 料可加至 50g），以尽量降低其加工温度。

#### (5) 设计

壁厚太厚，表里冷却速度不同。在模具制造时应适当加大主流道、分流道及浇口的尺寸。

## 2.4.5 熔接痕

熔接痕是指在塑胶件表面的冷料熔解的痕线。熔融塑料在型腔中由于遇到嵌件、孔洞、流速不连贯的区域、充模料流中断的区域以多股形式汇合时以及发生浇口喷射充模时，因不能完全融合而产生线状的熔接痕。熔接痕存在极大地削弱了制品的机械强度，克服熔接痕的办法与减少制品凹陷的方法基本相同。造成熔接痕的原因很多，涉及的因素可能有模具、工艺、原料和产品设计等多个方面。

#### (1) 注塑机

塑化不良，熔体温度不均，可延长模塑周期，使塑化更完全，必要时更换塑化容量大的机器。

#### (2) 模具

①模具表面太冷，应适当提高模具温度或有目的地提高熔接缝处的局部温度，限制冷却液速度。

②流道细小、过窄或过浅，冷料井小。应增加流道的尺寸，提高流道效率，同时增加冷料井的容积。

③扩大或缩小浇口截面，改变浇口位置。浇口、流道太小，增加浇口尺寸，增大流道直径；浇口离熔接区太远，需要改变浇口位置或增加辅助浇口；浇口开设要尽量避免熔体



在嵌件、孔洞的周围流动。发生喷射充模的浇口要设法修正、迁移或加挡块缓冲。尽量不用或少用多浇口。

④模内排气不足或没有排气孔，应开设、扩张或疏通排气通道，其中包括利用镶件、顶针缝隙排气，在熔接区加排气孔或增大排气孔尺寸。

⑤使用了过多的清洁剂，尽可能不用脱模剂。

⑥塑胶件在熔接区部位太薄，需改模加厚料。

### (3) 注塑成型工艺

①有效型腔压力太低，增加注射压力，延长注射时间。

②增加注射速度，高速可使熔料来不及降温就到达汇合处，低速可让型腔内的空气有时间排出。

③增加熔胶温度及喷嘴的温度，温度高塑料的黏度小，流态通畅，熔接痕变细；温度低，减少气态物质的分解。

④脱模剂应尽量少用，特别是含硅脱模剂，否则会使料流不能融合。

⑤降低合模力，以利排气。

⑥适当增加背压力及调整螺杆转速以获得更高均匀的熔胶温度；提高螺杆转速，使塑料黏度下降；增加背压压力，使塑料密度提高。

### (4) 原料

①保证原料干燥良好。原料应干燥并尽量减少配方中的液体添加剂。

②改善其流动性，对流动性差或热敏性高的塑料适当添加润滑剂及稳定剂，必要时改用流动性好的或耐热性高的塑料。

### (5) 产品设计

①壁厚小，应加厚制件以免过早固化。

②嵌件位置不当，应以调整。

## 2.4.6 发脆

发脆表现为注塑件在顶出时断裂，或在出模后易断裂。引起发脆大多是由于内应力造成的，造成制品发脆的原因很多，涉及的因素可能有注塑机、模具、工艺、原料和产品设计等多个方面。

### (1) 注塑机

①机筒内有无死角或障碍物，容易促进熔料降解，需要进行彻底清洁。

②机器塑化容量太小，塑料在机筒内塑化不充分；机器塑化容量太大，塑料在机筒内受热和受剪切作用的时间过长，塑料容易老化，使制品变脆，因此要增大塑化容量。

③顶出装置倾斜或不平衡，顶出截面积小或分布不当，根据具体情况调整。

### (2) 模具

①浇口太小，应考虑调整浇口尺寸或增设辅助浇口。

②分流道太小或配置不当，应尽量安排得平衡合理或增加分流道尺寸。

③模具结构不良造成注塑周期反常，增加模具温度，限制冷却剂循环速度。

### (3) 注塑成型工艺

①熔胶温度太低，物料容易降解，则应提高料筒（后区）温度及喷嘴的温度。

②熔胶温度太高，物料容易降解，需降低各区域料筒温度以及螺杆预塑背

压压力和转速。

③模温太高，脱模困难；模温太低，塑料过早冷却，熔接缝融合不良，容易开裂，设置适当模温。

④增加注射速度，保证熔合强度。

#### (4) 检查

①受异类胶类（熔点低的其他原料）或不良添加剂污染、灰尘等杂质污染，查明原因并彻底清洁。

②注塑件内应力过大，没有释放出来，需要进行退火处理。

③再生料含量太高或回收使用次数太多，需要通过试验控制用量。

#### (5) 产品设计

①产品设计带有容易出现应力开裂的尖角、缺口或厚度相差很大的部位。

②产品设计太薄或镂空太多。

## 2.4.7 变色

变色是指注塑件表面的颜色与要求的色彩不一致。造成变色的原因也是多方面的，主要可能有注塑机、模具、工艺和原料等多个方面。

### (1) 注塑机

①设备不干净，需要进行清洁。灰尘或其他粉尘沉积再料斗上使物料受污染变色。

②热电偶、温控仪或加热系统失调造成温控失灵。

③机筒中有障碍物，易促进塑料降解；机筒或螺槽内卡有金属异物，不断磨削使塑料变色。

### (2) 模具

①模具排气不良，塑料被绝热压缩，在高温、高压下与氧气剧烈反应，烧伤塑料。

②模具浇口太小。

③料中或模内润滑剂、脱模剂太多。必要时应定期清洁料筒，清除比塑料耐热性还差的抗静电性等添加剂。

④喷嘴孔、主流道及分流道尺寸太小。

### (3) 注塑成型工艺

①螺杆转速太高、预塑背压太大。

②机筒、喷嘴温度太高。

③注射压力太高、时间过长，注射速度太快使制品变色。

### (4) 原料

①物料被污染

②水分及挥发物含量高。

③着色剂、添加剂分解。

## 2.4.8 黑褐斑点

黑斑或黑液是指注塑件呈现黑色的斑点或条纹，注塑件颜色没有根本变化。产生翘曲

变形可能是注塑机、模具和原料等方面的原因。

#### (1) 注塑机

胶料存在料筒装置的不流动区域“死角”，使它在高温下停顿时间过久而变成焦黑的材料，需要将料筒和螺杆拆卸下来彻底清洁与聚合物接触的表面。

#### (2) 模具

① 注塑件的壁部分太窄，材料在高压下流过时产生衰变，需要检查修正，保持壁厚的正确性和一致性。

② 模具浇口太小，从顶出装置中渗入油或型腔内有油，需要增大浇口尺寸。

#### (3) 原料

① 原料不清洁，材料中混入了多次回用胶料，检查来源清除杂质。

② 润滑剂不足，需要添加适量润滑剂。

## 2.4.9 破裂

破裂是指注塑件表面的细小裂纹或裂缝。产生破裂可能是注塑机、模具、工艺和原料等方面的原因。

#### (1) 注塑机

主要是塑化能力不足即塑化容量小，塑化不充分，需要更换成较大塑化能力的机器。

#### (2) 模具

① 排气不良，易形成夹水纹使强度降低。

② 浇口过大使注塑件过分受压，减小浇口尺寸。

③ 型腔或型芯内漏水，检查模具是否有细裂纹。

④ 注塑件设计过于单薄，需要增加加强筋。

⑤ 检查型腔，型芯是否有足够的脱模角度。

⑥ 顶针油传到模腔表面，检修模具。

⑦ 增加顶针直径，降低顶针顶出速度。

#### (3) 注塑成型工艺

① 调整料筒温度。过高温度，使料降解；过低温度，使熔接强度不足。

② 调整注射压力。提高温度，使充模顺畅，降低黏度；过高压力致使内应力易开裂，因此需要降低。

③ 降低预塑背压及调低螺杆转速，避免胶料降解。

④ 适当增大射胶速度。

⑤ 增大冷却时间。冷却时间太短，没有充分硬化，顶出时容易开裂或发白。

#### (4) 原料

① 保证原料充分的干燥。

② 原料被污染，查明原因加以控制。

③ 加入过多的回收料，用试验结果确定适宜的加入比例。

## 2.4.10 表面粗糙

表面粗糙是指注塑件表面的精度不好，或是各处精度不一致，有些部分比其他部分有光泽。引起表面粗糙主要的原因可能是注塑机、模具、工艺和原料等方面。

### (1) 注塑机

- ① 供料不足。
- ② 换料时机筒未清洗干净。
- ③ 检查喷嘴处是否有冷胶滴漏。

### (2) 模具

- ① 浇口太小或流道太细，增大浇口或用薄片形成浇口入水。
- ② 模具型腔表面粗糙度差，需抛光改善并检查是否有过水泄漏。
- ③ 排气不良，在表面光泽差的部位加排气孔加以改善。
- ④ 增大或增加冷料井收集冷料。
- ⑤ 模温过低，需要提高模温。
- ⑥ 可能是脱模剂的影响，停止使用脱模剂。

### (3) 注塑成型工艺

- ① 增加熔胶温度（检查是否料筒加热带混乱失调，温度不均匀、局部过高或过低）。
- ② 需增加喷嘴温度。
- ③ 可能填充过快，过度剪切，适当调低注射速度。
- ④ 增加射出压力。
- ⑤ 延长射料时间。

### (4) 原料

- ① 原料未干燥处理。
- ② 掺入回收料过多，或多次回用料降解。
- ③ 脱模剂用量过多。

## 2.4.11 脱模困难

脱模困难（浇口或塑件紧缩在模具内）是指注塑件（或连同浇口）在模具内被粘住或紧缩在模具内，不能出模或脱模困难。主要可能是模具和工艺等方面的原因。

### (1) 模具

- ① 设计有不合理的倒扣，脱模结构不合理或位置不当，需要修正。
- ② 模具内脱模斜度不够，修改模具，加大角度。
- ③ 模具表面刮伤和擦花浇道壁或型腔表面粗糙，需要做抛光处理。
- ④ 高度抛光的模具表面会使注塑件在真空负压作用下难以出模。
- ⑤ 顶出机构不适当，需要修正。

### (2) 注塑成型工艺

- ① 注射量太多，模内胶料过度填充，减低注射量、注射压力及注射速度。
- ② 料温太高，需要适当调低。
- ③ 保压时间过长，减少螺杆向前时间。

④增加冷却时间或缩短冷却时间（视型腔或型芯粘模不同）。

⑤在允许的情况下借助脱模剂脱模。

## 2.4.12 翘曲变形

翘曲变形是指注塑件形状与模具型腔相似，但呈现翘曲或变形。产生翘曲变形可能是模具和工艺等方面的原因。

### (1) 模具

①增加模具冷却能力，使冷却液速度加快，将模具温度降低以增加塑件外表面硬度。

②浇口位置是否开在最厚位处。

③增大浇口尺寸及流道尺寸，尽可能使流道粗而短，减少成型的取向性。

④检查型芯、型腔是否偏移导致壁厚薄变化引起变形。

⑤模内有倒扣，导致出模时变形，改善的方法就是减少倒扣深度及在任何可能的地方增加转角R及省滑模具。

⑥顶针太小，数量太小或分布不合理，这些都会使顶出不平衡，针对性进行改善。

⑦改善排气，减小塑件内应力不平衡程度。

⑧在模具的可能位置增加加强筋。

⑨调整模具温度，厚壁位置用强水冷，偏远薄壁位置应提高温度，以使整件收缩均匀，减小内应力。

### (2) 注塑成型工艺

①增加冷却时间。

②调整注射压力，减小螺杆向前时间。

③保证充料情况下减小螺杆转速和背压，降低料密度。

④料温太高或太低，根据具体情况调整。

⑤顶出塑件时要缓慢。

⑥出模后借助夹具定型，要在水中快速冷却。

## 2.4.13 尺寸不稳定

尺寸不稳定是指注塑件尺寸变化超过允许范围。产生尺寸不稳定可能是注塑机、模具和工艺等方面的原因。

### (1) 注塑机

①不同机型的注塑机导致成型工艺条件的差别。

②熔料温度波动，检查热电偶及温度控制器是否出现故障。

③螺杆转速和停止动作不稳定，检查液压系统。

④不稳定的注射压力，检查是否每次循环都有恒定的熔胶缓冲，返回塑流阀是否泄漏等，进行相应修理或更换。

### (2) 模具

①检查是否有残留物堵塞浇口。

②模具温度是否恒定，冷却液通道是否顺畅，冷却回路是否正确连接。

③检查模具成型构件是否出现问题。

### (3) 注塑成型工艺

①模温不均或冷却回路不当而致使模温控制不合理，进行相应调整。

②注射压力低，提高注射压力。

③适当增加射胶时间及保压时间。

④料筒温度或喷嘴温度过高，相应调整。

⑤模型充填太慢，增加注射速度或采用多级充填表速度。

## 2.5 常用塑胶产品塑料注塑工艺分析

本节将对塑胶产品制造业较常用的 ABS、PC、PVC、PA 和 PMMA 几类塑料的注塑工艺进行简要的分析，以便能知道注塑工艺的生产。

### 2.5.1 ABS 塑料注塑工艺分析

ABS 塑料由于具有较大的机械强度和良好的综合性能，在塑胶产品制造、电子工业、机械工业和建筑材料等工业中占有重要的地位，塑胶产品制造中需要电镀的塑料装饰件一般采用 ABS 塑料。

ABS 通称丙烯腈-丁二烯-苯乙烯三元共聚物，是由丙烯腈、丁二烯、苯乙烯三种单体共聚而成。由于三种单体的比例不同，可有不同性能和熔融温度，ABS 如与其他塑料或添加剂共混，则更可扩大至不同用途和性能的 ABS，如抗冲级、耐热级、阻燃级、透明级、增强级、电镀级等，塑胶产品制造中一般采用到电镀级。ABS 的流动性介于 PS 与 PC 之间，其流动性与注射温度和压力都有关系，其中注射压力的影响稍大，因此成型时常采用较高的注射压力以降低熔体黏度，提高充模性能。

ABS 注塑性能：一般的 ABS 熔点为 170℃左右，分解温度为 260℃；注塑温度的可调区间比较大。注塑时，一般使用温度为 180~240℃；因为橡胶成分的存在，它吸收少量水分，生产时，需烘干，可用 80~90℃烘干 1~2h 即可；同时，由于橡胶成分的存在，热稳定性差，它比较易分解，注塑时，原料不要在料筒内停留太长时间；熔体黏度比 PS 大，但浇口和流道一般，也能充满制品；制品易带静电，表面易吸尘埃。收缩率为 5%；溢边值为 0.05mm。

#### (1) ABS 塑料的干燥

ABS 塑料的吸湿性和对水分的敏感性较大，在加工前进行充分的干燥和预热，不单能消除水汽造成的制品表面烟花状泡带、银丝，而且还有助于塑料的塑化，减少制品表面色斑和云纹。ABS 原料要控制水分在 0.13%以下。注塑前的干燥条件是：干燥季节或冬季在 75~80℃干燥 2~3h，夏季雨水天在 80~90℃干燥 4~8h，如制品要达到特别优良的光泽或制品本身复杂，干燥时间更长，达 8~16h。因微量水汽的存在导致制品表面雾斑是往往被忽略的一个问题。最好将机台的料斗改装成热风料斗干燥器，以免干燥好的 ABS 在料斗中再度吸潮，但这类料斗要加强湿度监控，在生产偶然中断时，防止料的过热。

再生料的使用比例不能超过 30%，电镀级 ABS 不能使用再生料。

#### (2) 注射温度

ABS 塑料的温度与熔融黏度的关系有别于其他无定型塑料。在熔化过程温度升高时，其熔融实际上降低很小，一旦达到塑化温度（适宜加工的温度范围，如 220~250℃），如果继续盲目升温，必将导致耐热性不太高的 ABS 的热降解反而使熔融黏度增大，注塑更困难，制件的力学性能也下降。所以 ABS 的注射温度虽然必聚苯乙烯等塑料的要高，但不能像后者那样有较宽松的升温范围。某些温控不良的注塑机，当生产 ABS 制件到一定数量时，往往或多或少地在制件上发现嵌有黄色或褐色的焦化粒，而且很难利用加新料对空注射等办法将其清除排出。究其原因，是由于 ABS 塑料含有丁二烯成分，当某塑料颗粒在较高的温度下牢牢地黏附在螺槽中一些不易冲刷的表面上，受到长时间的高温作用时，造成降解和碳化。既然偏高温操作对 ABS 可能带来问题，故有必要对料筒各段炉温进行限制。当然，不同类型的 ABS 的适用炉温不同。如柱塞式机，炉温维持在 180~230℃；螺杆机，炉温维持在 160~220℃。特别值得提出的是，由于 ABS 的加工温度较高，对各种工艺因素的变化是敏感的。所以料筒前端和喷嘴部分的温度控制十分重要。实践证明，这两部分的任何微小变化都将在制件上反映出来。温度变化越大，将会带来熔接缝、光泽不佳、飞边、粘模、变色等缺陷。

### （3）注射压力

ABS 熔融件的黏度比聚苯乙烯或改性聚苯乙烯高，所以在注射时采用较高的注射压力。当然并非所有的 ABS 制件都要施用高压，对小型、构造简单、厚度大的制件可以用较低的注射压力。注射过程中，浇口封闭瞬间型腔内的压力大小往往决定了制品表面质量及银丝状缺陷的程度。压力过小，塑料收缩大，与型腔表面脱离接触的机会大，制品表面雾化。压力过大，塑料型腔表面摩擦作用强烈，容易造成粘模。

### （4）注射速度

ABS 料采用中等注射速度效果较好。当注射速度过快时，塑料易烧焦或分解析出气化物品，从而在制件上出现熔接缝、光泽差及浇口附近塑料发红等缺陷。但在生产薄壁及复杂制件时，还是要保证有足够高的注射速度，否则难以充满。

### （5）模具温度

ABS 的成型温度相对较高，模具温度也相对较高。一般调节模温为 75~85℃，当生产具有较大投影面积制件时，定模温度要求 70~80℃，动模温度要求 50~60℃，在注射较大的、构形复杂的、薄壁的制件时，应考虑专门对模具加热。为了缩短生产周期，维持模具温度的相对稳定，在制件取出后，可采用冷水浴、热水浴或其他机械定型法来补偿原来在型腔内冷固定型的时间。

### （6）料量控制

一般注塑机注 ABS 塑料时，其每次注射量仅达标准注射量的 75%。为了提高制件质量及尺寸稳定、表面光泽、色调的均匀，要求注射量为标定注射量的 50%为宜。

### （7）注塑机选用

可选用的标准注塑机（螺杆长径比 20:1，压缩比大于 2，注射压力大于 150MPa）。如果采用色母粒或制品外观要求高，可选用小一级直径的螺杆。锁模力按照 4700~6200t/m<sup>2</sup> 来确定，具体需根据塑料等级和制品要求而定。

## 2.5.2 PC 塑料注塑工艺分析

PC 性能优异，透明度较高，冲击韧性好，耐蠕变，使用温度范围宽，PC 的工艺特性

是：熔融黏度对剪切率的敏感性小，而对温度的敏感性大，无明显熔点，熔融体黏度较高，高温下树脂易水解，制品易开裂。针对这些特性，特别要注意区别对待：要增加熔体的流动性，不是用增大注射压力而采用提高注射温度的办法来达到。要求模具的流道、浇口短而粗，以减少流体的压力损失，同时要有较高的注射压力。树脂在成型加工之前需进行充分的干燥处理，使其含水量控制在 0.02% 以下，此外，在加工过程中对树脂还应采取保温措施，以防重新吸湿。不仅需要合理的制品设计，还应正确掌握成型工艺，如提高模具温度、对制品进行后处理等可以减少或消除内应力。视产品的不同状况及时调整工艺参数。

PC 的工艺特性：PC 黏度大，熔料温度高，流动性差，因此必须以较高温度注塑（270~320℃），相对来说料温调节范围较窄，工艺性不如 PMMA。注射

压力对流动性影响较小，但因黏度大，仍要较大注射压力，相应为了防止内应力产生，保压时间要尽量短。收缩率大，尺寸稳定，但产品内应力大，易开裂，所以宜用提高温度而不是压力去改善流动性，并且从提高模具温度、改善模具结构和后处理去减小开裂的可能。当注射速度低时，浇口出易产生波纹等缺陷，放射嘴温度要单独控制，模具温度要高，流道、浇口阻力要小。

PC 注塑性能：PC 是结晶型塑料，有明显的熔点，220℃ 时熔化，350℃ 时就分解；一般加工温度为 250~320℃；它吸水，少量的水分可以引起它在高温时分解，在注塑时，必须要烘干，烘干温度可以用在 120℃ 烘干 4~5h 即可；PC 料的熔融黏度大，注塑时，需要用较大的压力；PC 在加工时，如果条件允许，可以用模温机提高模具温度，以降低产品的残余应力；如果是有嵌件的制品，嵌件的直径小于 1~2mm，可以不考虑预热，大一点嵌件应考虑预热，否则，会出现应力开裂；PC 的收缩率与加工条件和制品的壁厚无关，它的纵、横向收缩率比较接近，因此，可以加工成精度很高的制品；它的收缩率为 5%，溢边值为 0.05mm。

#### (1) 注射温度

必须综合制品的形状、尺寸、模具结构、制品性能、要求等各方面的情况加以考虑后才能作出。一般在成型中选用温度在 270~320℃ 之间，过高的料温如超过 340℃ 时，PC 将会出现分解，制品颜色变深，表面出现银丝、暗条、黑点、气泡等缺陷，同时物理力学性能也显著下降。

#### (2) 注射压力

对 PC 制品的物理力学性能，内应力、成型收缩率等有一定的影响，对制品的外观及脱模性有较大的影响，过低或过高的注射压力都会使制品出现某些缺陷，一般注射压力控制在 80~120MPa 之间对薄壁、长流程、形状复杂、浇口较小的制品，为克服熔体流动的阻力，以便即使充满模腔，才选用较高的注射压力（120~145MPa），从而获得完整而表面光滑的制品。

#### (3) 保压压力及保压时间

保压压力的大小及保压时间的长短对 PC 制品的内应力有较大的影响，保压压力过小，补缩作用小，易出现真空泡或表面出现缩凹；保压压力过大，浇口周围易产生较大的内应力，在实际加工中，常以高料温、低压压的方法来解决。保压时间的选择应视制品的厚薄、浇口大小、模温等情况而定，一般小而薄的制品不需很长的保压时间；相反，大而厚的制品保压时间应较长。保压时间的长短可通过浇口封口时间的试验予以确定。

#### (4) 注射速度

对 PC 制品的性能无十分明显的影响，除了薄壁、小浇口、深孔、长流程制品外，一



一般采用中速或慢速加工，最好是多级注射，一般采用慢-快-慢的多级注射方式。

#### (5) 模具温度

一般控制在 80~100℃就可以，对形状复杂、较薄、要求较高的制品，也可提高到 100~120℃，但不能超过模具热变形温度。

#### (6) 螺杆转速与背压

由于 PC 熔体黏度较大，从有利塑化、排气和注塑机的维护保养，防止螺杆负荷过大，对螺杆的转速要求不可太高，一般控制在 30~60r/min 为宜，而背压控制在注射压力的 10%~15%之间为宜。

#### (7) 脱模剂

PC 在注塑过程中要严格控制脱模剂的使用，同时再生料的使用不能超过三次，使用量应为 20%左右。

#### (8) 对生产 PC 制品的塑机要求

要求制品的最大注射量（包括流道、浇口等）应不大于公称注射量的 70%~80%，选用单头螺纹等螺距、带有止回环的渐变压缩型螺杆，螺杆的长径比 L/D 为 15~20，集合压缩比 C/R 为 2~3。

## 2.5.3 PVC 塑料注塑工艺分析

PVC 即聚氯乙烯，常用的聚氯乙烯胶料都是颗粒状的，它是多组分的塑料，除了前面讲的聚氯乙烯树脂粉以外，还必须加入增塑剂增加它的流动性，加入稳定剂提高它的热稳定性，加入润滑剂提高它的脱模性，以及填料、着色剂、偶联剂等。因为各组分的含量不同，就形成了各种力学性能差异很大的、不同硬度的 PVC 颗粒。它一般用 IP 度数表示。PVC 颗粒大体分为软质 PVC 和硬质 PVC。

PVC 注塑工艺要点如下。

#### (1) 干燥处理

聚氯乙烯原料中因为氯离子的存在，它会轻微吸水，生产时，必须干燥。烘干温度在 75~90℃之间，烘干时间通常为 1.5~2.5h。

#### (2) 熔化温度

PVC 在加工时熔化温度是一个非常重要的工艺参数，如果此参数不当将导致材料产生分裂问题。PVC 为无定形高聚物，没有明显的熔点，一般加热到 120~145℃就能熔化，但 150℃以下就能分解出 HCl 气体，180℃就大量的分解成 HCl 气体，PVC 在成型过程中易释放出有毒气体。因此，需要加入大量的热稳定剂才能注塑，注塑温度的可调区间较小。注塑时，一般使用温度为 140~160℃；有时也可以达到 190℃，但时间不能超过 20min，否则会大量分解。材料的成型温度接近分解温度，故需尽可能用较低的温度注射，同时亦应尽可能缩短啤塑周期，以减少熔料在料筒内的滞留时间。

料温参数：前 160~170℃，中 160~165℃，后 140~150℃。由于 PVC 本身耐热性差，料在料筒内长时间受热，会降解析出氯化氢（HCl）使胶体变黄甚至产生黑点，并且氯化氢对模腔有腐蚀作用，所以要经常清洗模腔及机头死角位。

#### (3) 模具温度

模具温度尽可能低（通常运冻水，控制模温在 30~45℃），缩短成型周期以及减小胶体件出模后变形，必要时借助定型模、缩水模来校正控制变形。

#### (4) 流道和浇口

聚氯乙烯的流动性很差，故塑模的浇口、流道尽可能粗、短、厚且制件壁厚应在 1.5mm 以上，以减少压力损失使料流尽快充满型腔，总之宜采用高压低温（注射压力 200MPa 以上，背压取 0.5~1.5MPa，保压取注射压力的 20%~30%）。

聚氯乙烯的熔体黏度大，流长比小，薄壁制品可能缺胶，因此，浇口和流道相对较大。收缩率为 4%；溢边值为 0.05mm。如果加工较小的部件，最好使用针尖型浇口或潜入式浇口；对于较厚的部件，最好使用扇形浇口。针尖型浇口或潜入式浇口的最小直径应为 1mm；扇形浇口的厚度不能小于 1mm。

#### (5) 其他

注射压力可大到 150MPa。保压压力可大到 100MPa。注射速度：为避免材料降解，一般要用相当的注射速度。

### 2.5.4 PA 塑料注塑工艺分析

PA 是聚酰胺类塑料的通称，它们在结构上都具有酰氨基，性能上有相似之处。它们总的外观特点是：都是一类韧性、角质、从微黄透明到不透明的材料。一般的尼龙是结晶性塑料，也有无定形的透明尼龙。用于生产塑胶产品中轴承、齿轮、车轮、轴辊等零配件。

PA 注塑特点：PA 由于酰氨基的存在，吸水强而吸水牢固，因此，在注塑时，应充分的烘干，一般要在 120℃烘干 3~4h；PA 黏度小，流动速度快，为了防止射嘴流延，应采用自锁喷嘴或尼龙专用喷嘴。同时，要注意模具精度。

### 2.5.5 PMMA 塑料注塑工艺分析

PMMA 学名为聚甲基丙烯酸甲酯，俗称有机玻璃、亚加力。PMMA 是一种无色的透明颗粒，相对密度为 1.19，比水重。表面有较高的光泽，制品有坚韧、硬质、刚性的特征。

PMMA 的工艺特性：PMMA 黏度大，流动性稍差，因此必须采用高料温、高注射压力注塑，其中注射温度的影响大于注射压力，但注射压力提高，有利于改善产品的收缩率。注射温度范围较宽，熔融温度为 160℃，而分解温度达 270℃，因此料温调节范围宽，工艺性较好。故改善流动性，可从注射温度着手。冲击性差，耐磨性不好，易划花，易脆裂，故应提高模温，改善冷凝过程，去克服这些缺陷。

注塑性能：PMMA 是无定形聚合物，没有明显的熔点，一般在 160℃开到软化，180℃左右能流动，分解温度为 270℃；注塑温度的可调区间比较大。注塑时，一般使用温度为 180~240℃；它吸少量水分，生产时，需烘干，可用 100℃烘干 2~3h 即可；收缩率为 5%；溢边值为 0.05mm。