



“九五”国家重点电子出版物规划项目·计算机基础知识普及系列
全国高等院校理工科专业基础教育与社会热门技术丛书

塑料 模具

设计与制作教程

北京希望电脑公司 总策划
陈万林 编 著
王东旭 CD 制作

本光盘内容是三维塑料模型和多
媒体教学软件



北京希望电子出版社
Beijing Hope Electronic Press
www.bhp.com.cn



“九五”国家重点电子出版物规划项目·计算机基础知识普及系列
全国高等院校理工科专业基础教育与社会热门技术丛书

TQ320.66

C48

345

塑料

模具

设计与制作教程

北京机械工业出版社
陈力林 主编
王保旭 CD制作



本光盘内容是三维塑料模型和多
媒体教学软件

本书附盘可从本馆主页 <http://www.lib.szu.edu.cn/>
上由“馆藏检索”该书详细信息后下载,
也可到视听部复制



A0875910



北京机械工业出版社
Beijing Higher Education Electronic Press
www.bhep.com.cn

内 容 简 介

“模具工业是美国工业的基石头”、“模具是促进社会繁荣富裕的动力”、“模具是金属加工业的帝王”。可以说人类的衣、食、住、行，没有哪一方面离得开模具。本书是一位优秀的模具专家在专业领域长期教学、研究和总结出来的一本专门介绍当前最为热门的塑料模具设计与制作的教科书。书中既包含塑料注射模具设计的理论，又涵盖了模具生产制造过程的技术经验。本书从并行工程的全新角度，系统、全面地阐明多种塑料注射模具的设计、制造、使用的方法。基于两条主线的并行工程体系，引入计算机辅助工程，阐明注射模具工程的 CAD/CAE/CAM 之间的内在联系。

根据注射成型机理的不同，塑料注射成型分为通用热塑性塑料注射、热塑性热流道注射、热固性塑料注射、热固性冷流道注射、热固性注压、BMC 注射、动力熔融注射、排气注射、多级注射、气体辅助注射、流动注射、结构发泡注射、单色多模注射、共注射、液态注射、反应注射等成型方法。不论哪类注射成型方法都存在两条主线：(1) 以塑件的使用即塑件市场的需求、用途、目的为中心。其需要由塑件设计、塑料注射机（使用）、注射模（使用）、注射工艺等共同保证。(2) 以注射模的使用为中心。其需要由注射模设计、注射模加工机床、注射模加工工装、注射模加工工艺等共同保证。

本书光盘的内容是三维塑料模型及多媒体教学软件，通过大量注射模及注射成型动画演示，把枯燥的模具技术形象化、直观化，并具有人机交互式 and 反复学习功能。

本书不但可以作为全国高校理工科专业基础课教材，而且也为非模具专业的大中专院校的在校生、毕业生提供一个系统自学模具的捷径，同时也是从事塑料模具设计、制作和推广的广大科技人员必备的自学指导书和社会相关领域培训班的教材。学习并掌握好书中的技术，社会多一份创造力，个人多一份收入！

“九五”国家重点电子出版物规划项目.计算机基础知识普及系列

系 列 盘 书：全国高校理工科专业基础教育与社会热门技术丛书

盘 书 名：塑料模具设计与制作教程

总 策 划：北京希望电脑公司

文 本 著 作 者：陈万林

责 任 编 辑：陈河南 王玉玲

C D 制 作 者：王东旭

C D 测 试 者：希望多媒体测试部

出版、发 行 者：北京希望电子出版社

地 址：北京中关村大街 26 号，100080

网址：www.bhp.com.cn

E-mail: lwm@hope.com.cn

电话：010-62562329, 62541992, 62637101, 62637102, 62633308, 62633309

（发行和技术支持）

010-62613322-215（门市） 010-62531267（编辑部）

经 销：各地新华书店、软件连锁店

排 版：希望图书输出中心

CD 生 产 者：文录激光科技有限公司

文 本 印 刷 者：北京媛明印刷厂

开 本 / 规 格：787 毫米×1092 毫米 1/16 开本 30.375 印张 708 千字

版 次 / 印 次：2000 年 11 月第 1 版 2001 年 1 月第 2 次印刷

印 数：5000—10000 册

本 版 号：ISBN 7-900056-18-1/TP·18

定 价：30.00 元（1CD，含配套书）

说明：凡我社光盘配套图书若有缺页、倒页、脱页、自然破损，本社负责调换。

第 0 章 总 论

一、注射成型加工系统及并行工程思想的应用

塑料注射成型的方法很多，根据注射成型综合机理的不同，塑料注射成型方法的分类可见表 0-1-1，具体原理详见后续章节。

表 0-1-1 塑料注射成型的分类

类别特征	注射成型方法
单一物料、单一模具	通用热塑性塑料注射、热塑性热流道注射、热固性塑料注射、热固性冷流道注射、热固性注压、BMC 注射、动力熔融注射、排气注射、多级注射、气体辅助注射、流动注射、单组分结构发泡注射，等
单一物料、多副模具	—
多种物料、单一模具	单模共注射（混色注射、夹芯结构发泡注射、清色注射）、液态注射、反应注射，等
多种物料、多副模具	多模共注射（清色分层注射），等

不论哪类注射成型方法，其系统中，都是以塑件的使用即塑件市场的需求、用途、目的为中心主线。其需要由塑件设计、塑料注射机（使用）、注射模（使用）、注射工艺等共同保证。见图 0-1-1 左侧。这就是狭义的注射成型加工系统。

如果把以注射模的使用为中心的主线（见图 0-1-1 右侧）加入到狭义的注射成型加工系统上，则构成广义的注射成型加工系统。由此可见，注射模只是其中的一个环节。所以，不能为模具而只考虑模具，而应把注射模放到整个大系统中去考虑，其遵循以下的并行工程原则：

（1）前后交互

由图 0-1-1 可见，塑件的使用是最终目标，要由塑件设计、塑料注射机（使用）、注射模（使用）、注射工艺等共同保证。即前端的目标要由后端的所有环节保证，相当于前端对后端提出要求，后端要根据前端的要求进行合理安排；但后端要求前端的目标要合理，不能高得让后端无法实现，这就对前端目标有一个限度。这种前后端之间的交互关系就叫做“前后交互”。

同理，注射模使用与其后端的所有保证环节之间的交互关系也是“前后交互”。

（2）平级协同

由图 0-1-1 可见，在保证塑件使用的所有后端环节中，塑件设计、注射机使用、注射模使用、注射工艺等之间也存在交互关系，如：塑件设计对注射模提出一定要求，所以注射模使用要满足这一要求；但塑件设计不是任意没有限度，否则注射模使用无法实现，即注射模要对塑件设计有一限度。它们之间的交互关系都是为保证它们的共同前端——塑件使用而进行的，且它们处于同一级别之上，故这种平级交互关系就叫做“平级协同”。

同理，注射模设计、注射模加工机床、注射模加工工装等之间的交互关系也叫做“平

级协同”。

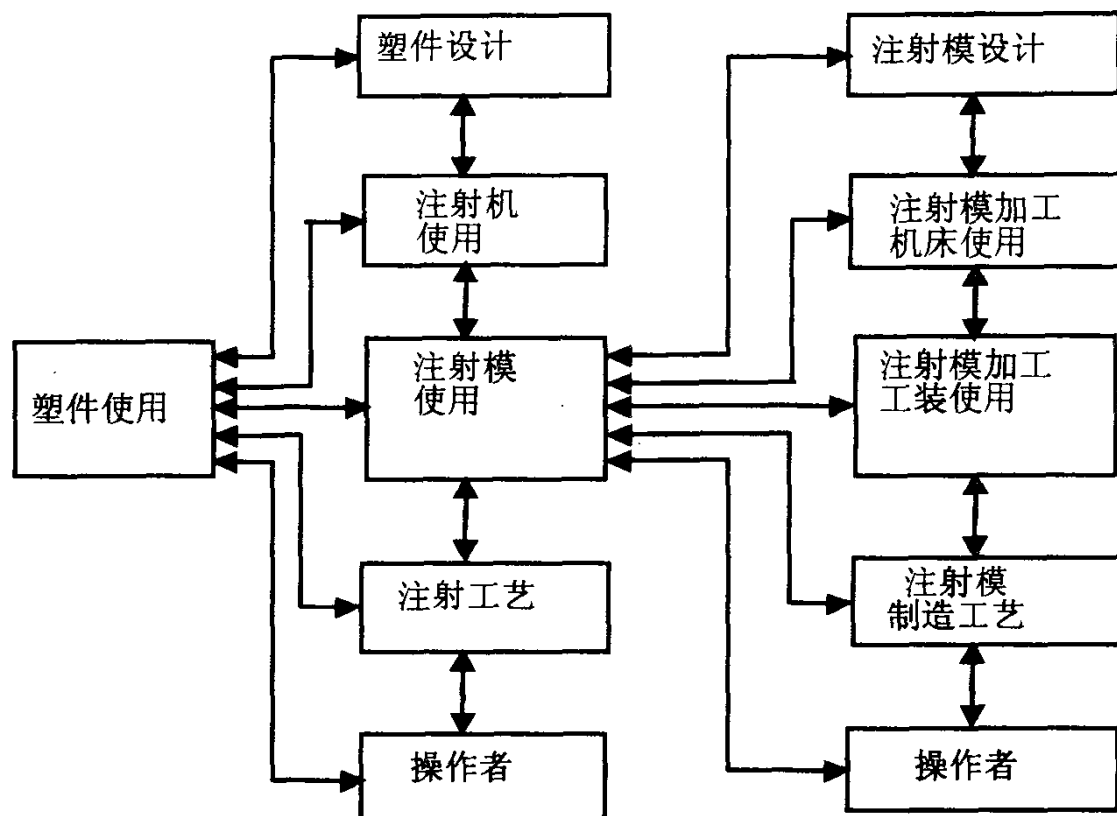


图 0-1-1 注射成型加工系统

当要实现图 0-1-1 系统中的任意一个环节时，通过前后交互、平级协同一边确定了本身一边确定了其它环节。这就是从事塑料注射模工程的关键。例如，为了设计注射模，其要考虑塑件使用、塑件设计、注射机使用、注射工艺、注射模制造等方面的因素。注射模工程的动态流程就蕴含于其中。

二、塑料注射模的主导方向

主要有以下几点：

- (1) 对应不同的注射成型方法一般有相应的注射模具。不同注射模有不同结构细节。
- (2) 不论哪类注射成型方法，根据塑件的大小可分为大型、中型、小型、微型注射成型。

对于大型塑件，要考虑其注射成型的模拟分析，以确定最佳的注射工艺参数、模具设计参数尤其是浇注系统的设计等。另外，大型模具的刚度计算也很重要。

对于微小型塑件，模具的制造是一个关键，因为小型模具给制造带来了麻烦。

- (3) 根据塑件的精度可分为一般精度、精密、超精密注射成型等。

对于超精密注射，必须对注射成型加工系统的任何环节进行严格的控制，做到精益求精。其中包括塑料选择、塑件的合理设计、注射模的优化设计、注射机的精心选用与操作、注射工艺的严格控制、模具制造的严格把关，等等。每一个环节的严格和环节之间的严格协调，才是制造超精密塑件的必由之路。

第 1 章 塑料及塑件

1.1 塑料的结构、成分、性能、用途

一、塑料的分子结构

塑料的主要成分是树脂，树脂有天然树脂和合成树脂两种。无论是什么种类的树脂，它们都属于高分子化合物，简称高聚物。

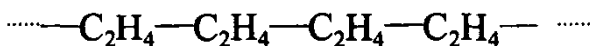
高分子与低分子的区别是：

(1) 低分子中所含原子数都很少，而一个高聚物分子中含有几千个、几万个、几十万个、甚至几百万个原子。例如，尼龙分子中大约含有四千个原子，天然橡胶分子中大约含有五万到六万个原子，纤维素分子中大约含有十万到二十万个原子。

(2) 从分子量来看，如水的分子量为 18，石灰石为 100，酒精为 46，蔗糖为 324，三硬脂酸甘油也只有 890。这些统称为低分子化合物，其分子量只有几十或几百，而高分子化合物的分子量比低分子高得多，一般可自几万至几十万、几百万甚至上千万。例如尼龙分子的分子量为二万三千左右，天然橡胶的为四十万。

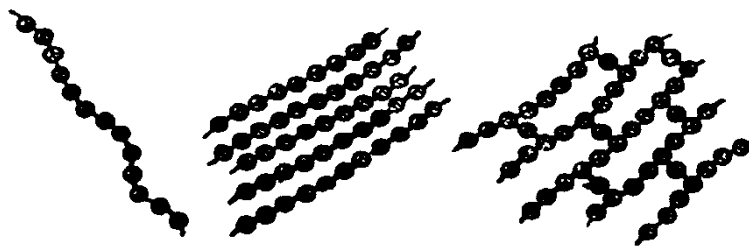
(3) 再从分子长度来看，例如低分子乙烯的长度约为 $0.0005\mu\text{m}$ ，而高分子聚乙烯的长度则为 $6.8\mu\text{m}$ ，后者是前者的 13600 倍。

每个高分子里含有一种或数种原子或原子团，这些原子或原子团按照一定的方式排列，首先是排列成许多相同结构的小单元，称之为结构单元，再通过化学键连成一个高分子。例如聚乙烯分子里的小单元是 C_2H_4 ，每个聚乙烯分子里含有 n 个象下面这样连接起来的小单元：



这些小单元称为“链节”，好象链条里的每个环节； n 称为“链节数”（聚合度），表示有多少链节聚合在一起。由许多链节构成一个很长的聚合物分子，称为“分子链”（图 1-1-1a）。例如聚乙烯的分子量若是 56000，那么一个聚乙烯分子里就含有二千个乙烯单体分子。

如果高聚物是由一根根分子链组成的，则称为线型高聚物（图 1-1-1b）；如果在大分子的链之间还有一些短链把它们连接起来，则称为体型高聚物（图 1-1-1c）。此外，还有一种所谓网型高聚物，它介于线型与体型结构之间，与体型结构实际上没有严格区别，只是分子链之间交链的短链比较疏松而已。



(a) 高分子链; (b) 线型; (c) 体型

图 1-1-1 高聚物分子链的几何形状示意图

高聚物的分子结构不同，其性质也不同。线型高聚物成型前具有可溶性和可熔性，成型后仍具有这种特性，因而可以多次成型。体型高聚物成型前是可溶与可熔的，而一经成型硬化后，就变成既不溶解又不熔融的固体，所以不能再次成型。

二、塑料的成分

1. 树脂

树脂是塑料中必不可少的成分，塑料之所以具有可塑性或流动性，就是树脂所赋予的。树脂的主要作用是将塑料的其它成分加以粘合，并决定塑料的类型（热塑性或热固性）和主要性能，如机械、物理、电、化学性能等。

塑料中的树脂主要是合成树脂，其次是纤维素酯（醚），很少用天然树脂（松香、虫胶、沥青等）。

树脂在塑料中的比例一般为 40 ~ 65%。

2. 填充剂

填充剂又称填料，它是塑料中的另一重要的但并非必要的成分。在许多情况下填充剂所起的作用并不比树脂小。因此，正确地选择填充剂可以改善塑料的性能和扩大它的使用范围。

填充剂既有增量作用又有改性效果。塑料加入填充剂后，不仅能使塑料的成本大大降低，而且还能使塑料的性能得到显著改善，对塑料的推广和应用起了促进作用。

例如酚醛树脂中加入木粉后，既克服了它的脆性，又降低了成本。聚乙烯、聚氯乙烯等树脂中加入钙质填料后，便成为十分价廉的具有足够刚性和耐热性的钙塑料。尼龙、聚甲醛等树脂中加入二硫化钼、石墨、聚四氟乙烯后，使塑料的耐磨性、抗水性、硬度及机械强度等得到全面的改进。用玻璃纤维作为塑料的填充剂，能使塑料的机械强度大幅度地提高。有的填充剂还可以使塑料具有树脂所没有的性能，如导电性、导磁性、导热性等。

填充剂按其化学性能可分为无机填料和有机填料；按其形状可分为粉状的、纤维状的和层状（片状）的。粉状填料有木粉、纸浆、硅藻土、大理石粉、滑石粉、云母粉、石棉粉、高岭土、石墨、金属粉等；纤维状填料有棉花、亚麻、石棉纤维、玻璃纤维、碳纤维、硼纤维、金属须等；层状填料有纸张、棉布、麻布、石棉布、玻璃布、木片等。

3. 增塑剂

有些树脂（如硝酸纤维、醋酸纤维、聚氯乙烯等）的可塑性很小，柔软性也很差，为了降低树脂的熔融粘度和熔融温度，改善其成型加工性能，改进塑件的柔韧性、弹性以及其它各种必要的性能，通常加入能与树脂相溶的不易挥发的高沸点有机化合物，这类物质

称为增塑剂。树脂中加入增塑剂后，加大了其分子间的距离，因而削弱了大分子间的作用力。这样便使树脂分子容易滑移，从而使塑料能在较低的温度下具有良好的可塑性和柔软性（图 1-1-2）。

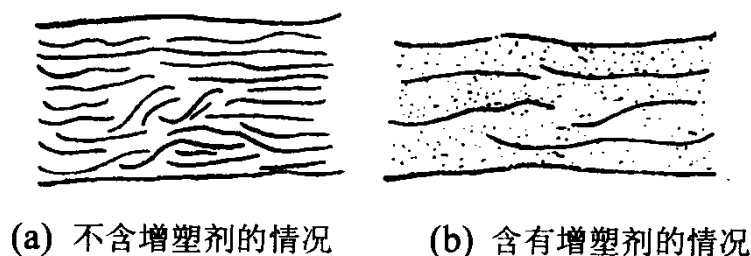


图 1-1-2 增塑剂作用的示意图

加有增塑剂固然可以使塑料的工艺性能和使用性能均得到改善，但也降低了树脂的某些性能，如硬度、抗拉强度等。

除要求增塑剂具有相溶性好、不易挥发、化学稳定性好和耐光、耐热性能外，还要求无色、无臭、无毒、不燃、吸水性小、在水和肥皂水中的溶解度小、电性能好、塑件外观和手感好以及价廉等。要求一种增塑剂同时兼有这些性能是困难的，但其中相溶性和不易挥发性是最基本的要求。在多数情况下，常将几种增塑剂混用来达到要求。

增塑剂通常是一种高沸点液体或低熔点固体的酯类化合物，如樟脑、磷酸三苯酯、磷酸三甲酚酯、邻苯二甲酸二丁酯、邻苯二甲酸二辛酯、癸二酸二丁酯、癸二酸二辛酯等。由于树脂的类型不同，所用增塑剂也不相同。例如硝酸纤维塑料（俗称赛璐珞）中，一般加入樟脑或磷酸三苯酯；聚氯乙烯中使用的增塑剂为数很多，其中又以邻苯二甲酸酯类用得最多，如邻苯二甲酸二辛酯。

4. 着色剂

着色剂又称色料，它主要起美观和装饰作用。在塑料中加入色料不仅能使塑料鲜艳、美观，同时还能改善塑件的耐候性，即提高抗御紫外线能力。例如本色聚甲醛塑料在中等程度的紫外线照射下，会导致表面粉化、龟裂和机械强度下降，用碳黑着色后就能在一定程度上有助于防止光老化。又如二盐基性亚磷酸铅等颜料，主要对树脂起屏蔽作用，避免紫外线的射入，因此它同时又是聚氯乙烯的稳定剂。

着色剂包括染料和颜料两大部分，也可分为无机颜料、有机颜料和染料三大类。无机颜料是不溶解的固体有色物质，它是不透明的，和被着色物以机械拼合方式着色，而不起化学作用。它具有良好的耐光性、耐热性与化学稳定性，但着色力差，色泽不好，如钛白粉、立德粉、铬黄、镉红、群青等。染料可溶于水或有机溶剂，它以溶解的方式分散在塑料中，在着色过程中能以分子形式扩散到高分子中去，甚至可以产生一定的化学反应，因而染色力极强，透明性极好，并有鲜艳的光泽，但其耐光性、耐热性与化学稳定性较差，如分散红、士林兰等。有机颜料的特性介于无机颜料和染料之间，如联苯胺黄、立索尔宝红、酞青兰等。

可用单色着色剂，也可用混色着色剂，颜料和染料也可以同时并用。

要使塑料具有特殊的光学性能，可在塑料中加入珠光色料、磷光色料和荧光色料或金属絮片等。

5. 稳定剂

凡能阻缓塑料变质的物质即称稳定剂。在塑料中加入稳定剂是为了防止或抑制树脂因受外界因素（光、热、氧和霉菌等）作用所引起的破坏。稳定剂主要包括以下三类：

（1）光稳定剂

它包括紫外线吸收剂、光屏蔽剂等，如水杨酸苯酯等，其中主要作用是抑制和防止树脂发生光化降解。聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚碳酸酯等塑料中常加入光稳定剂。

（2）热稳定剂

它的作用不但能抑制树脂在加工过程中的受热降解，使成型加工顺利进行，同时还能防止或延缓塑料在使用过程中受光、热、氧作用而引起的分解，提高其使用寿命。例如聚氯乙烯在加热时，产生分解现象，放出氯化氢气体，这种气体对聚氯乙烯的继续分解起着催化作用，促使聚氯乙烯进一步分解，最终造成树脂的结构破坏。为防止这种破坏，需要加入热稳定剂。

常用的热稳定剂有三盐基性硫酸铅、硬脂酸钡等。

（3）抗氧剂（包括金属离子纯化剂）

许多树脂在制造、储存、加工和使用过程中都会因氧化而加速降解，从而使塑料的性能恶化。加入抗氧剂的目的就是为了延缓或抑制氧化速度。抗氧剂按其作用机理分为主抗氧剂（游离基抑制剂）和辅助抗氧剂（氢过氧化物分解剂）。易于氧化而采用抗氧化剂的塑料有聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚氯乙烯、聚甲醛、ABS 等。

6. 润滑剂

为改进塑料熔体的流动性，减少或避免对设备或模具的摩擦和粘附，以及改进塑件表面光整度而加入的一类添加剂称为润滑剂。

常用热塑性塑料中需要加入润滑剂的有聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、醋酸纤维素、尼龙、ABS、聚氯乙烯等。常用的润滑剂有硬脂酸、石蜡、低分子量聚乙烯、金属皂类等。

7. 其它成分，如发泡剂、阻燃剂、防静电剂、驱避剂（防止老鼠、昆虫、细菌、霉菌等危害而加入的一种添加剂）、增强剂、偶联剂、交联剂、硬化剂等。

三、塑料的使用性能及用途

1. 优点及用途

（1）重量轻

塑料是一种轻质材料。一般塑料的比重约在 0.83~2.2 之间，最轻的塑料是聚 4-甲基戊烯⁽¹⁾，比重只有 0.83，比水还轻；最重的塑料是聚四氟乙烯，比重为 2.2。总的说来，塑料的平均比重约为铝的 1/2，钢的 1/5，铅的 1/8。

以空气或其它气体作为填料而制得的泡沫塑料比重更小，几乎比软木轻 9~10 倍，比木材轻 30~35 倍。

塑料的比重小，对于要求全面减轻自重的汽车、飞机、船舶、建筑、宇航工业等，具有特别重要的意义。

（2）比强度高

比强度是强度与密度之比。许多塑料的比强度相当高，其中玻璃纤维增强塑料的比强度达到甚至超过了钢材的水平。

在空间技术上使用的结构材料，不但要求高强度和高刚性，而且要求质轻，因而衡量一种材料的强度和刚性更常用的是比强度和比弹性模量（弹性模量与密度之比）。

（3）优良的耐磨、自润滑和吸震性能

由于塑料具有摩擦系数小、耐磨性高、自润滑性好等特点，并具有一定的机械强度，因而在电子设备的传动机构和摩擦机构中得到广泛应用。目前，许多机械传动零件和润滑零件，例如齿轮、齿条、蜗杆、蜗轮、滑轮、轴承等都可以用塑料来制造。同时这些塑料零件在传动时无噪音。

（4）粘结能力强

一般的塑料都有一定的粘结能力。有一种号称“万能胶”的环氧树脂，它不但可以粘结木材、橡胶、皮革、玻璃、陶瓷等非金属材料，而且还可以粘结钢、铜、铝等金属材料。用环氧树脂粘结金属构件（如桥梁、屋架、机翼等）可以代替金属结构的铆接和焊接。此外，还可以用环氧树脂修补铸件的某些缺陷，修理设备，制造模具，浇注电器等。

（5）优越的化学稳定性

一般塑料对酸、碱、盐等化学药物均具有一定的抗腐蚀能力。有些塑料不仅能耐受潮湿空气的影响，而且也能耐受酸、碱、盐、气体和蒸汽的化学腐蚀作用，在这方面它们大大地超过了金属。

由于塑料具有优越的化学稳定性，因而在化工设备制造中有着极其广泛的用途。

（6）优良的电绝缘性能

某些塑料无论在高频，还是低频，高压还是低压情况下，绝缘性能都是十分优良的。尤其在高频、超高频条件下，是陶瓷、云母等其它绝缘材料所不能相比的。广泛被用于电机、电器、电子工业中作为结构材料和绝缘材料。

（7）有些塑料具有优良的光学性能。

（8）着色范围宽，可染成各种色调。

2. 缺点及使用局限

（1）耐热性较差，所以塑件一般不能用在高温状态，否则易降解、老化。

（2）导热性较差，所以在要求导热性好的场合，不能用塑料件。

（3）吸湿性大，容易发生水解老化。

（4）易老化，所以对于使用寿命较长的场合，一般还是用金属件。

四、塑料的成型工艺特性

塑料在常温下是玻璃态，若加热则变为高弹态，进而变为粘流态，从而具有优良的可塑性，可以用许多高生产率的成型方法来制造产品，这样就可节约原料，节省工时，简化工艺过程，且对工人技术要求低，易于组织大批量生产。

1. 收缩率

塑料从热的模具中取出并冷却到室温后，其尺寸发生变化的特性称为收缩率。由于收缩率不仅是树脂本身的热胀冷缩，而且还与各种成型因素有关，因此成型后塑件的收缩称为成型收缩。

成型收缩主要表现在以下几个方面：

①塑件的线尺寸收缩 由于热胀冷缩、塑件脱模时的弹性恢复、塑性变形等原因，

导致塑件脱模冷却到室温后其尺寸缩小。为此，型腔设计时必须考虑予以补偿。

②收缩方向性 塑料在成型时由于各个方向的收缩不同，致使塑件的性能呈各向异性。例如沿料流方向收缩大，强度高，而与料流垂直方向则收缩小，强度低。此外，成型时由于塑件各部位密度及填料分布不均匀，使各部位的收缩也不均匀。这种由于收缩的方向性而产生的收缩不一致，容易使塑件发生翘曲、变形、裂纹，尤其在挤塑及注射成型时方向性更为明显。

③后收缩 塑料成型时，由于受成型压力、剪切应力、各向异性、密度不匀、填料分布不匀、模温不匀、硬化不匀及塑件变形等因素的影响，引起一系列应力的作用，这些应力在粘流态时不能全部消失，故塑件在应力状态下成型时存在残余应力。当脱模后，由于应力趋向平衡及储存条件的影响，残余应力发生变化而使塑件发生再收缩，这种收缩称为后收缩。通常挤塑及注射成型的后收缩比压塑成型的大，热塑性塑料的后收缩比热固性塑料的大。

④后处理收缩 有时按性能及工艺要求，塑件成型后需要进行热处理，而处理后也会导致塑件尺寸发生变化。故在模具设计时，对高精度塑件应考虑后收缩及后处理收缩的误差，并予以补偿。

收缩率用尺寸相对收缩的百分数来表示。由于金属与塑料的线胀系数不同，收缩率分为实际收缩率和计算收缩率。实际收缩率表示模具或塑件在成型温度时的尺寸与塑件在室温时的尺寸之间的差别，而计算收缩率则表示室温时模具尺寸与塑件尺寸的差别。这两种收缩率的计算可按下列公式求得：

$$Q_{\text{实}} = (a-b)/b \times 100\% \quad (1-1-1)$$

$$Q_{\text{计}} = (c-b)/b \times 100\% \quad (1-1-2)$$

式中 $Q_{\text{实}}$ ——实际收缩率

$Q_{\text{计}}$ ——计算收缩率

a ——模具或塑件在成型温度时的尺寸 (mm)

b ——塑件在室温时的尺寸 (mm)

c ——模具在室温时的尺寸 (mm)

实际收缩率表示塑料实际所发生的收缩与计算收缩率相差很小，所以模具设计时采用计算收缩率。

影响收缩率变化的因素主要有以下几个方面：

①塑料品种 各种塑料都具有各自的收缩率。同种塑料由于树脂的分子量、填料及配方比等不同，收缩率及各向异性也不同。例如，树脂的分子量高，填料为有机的，树脂的含量较多，则塑料的收缩率就大。热塑性塑料成型过程中由于还存在结晶化引起的体积收缩，内应力强，冻结在塑件内的残余应力大，分子定向性强等因素，因此与热固性塑料相比收缩率较大、收缩率范围宽、方向性明显。此外成型后的收缩、退火或调温处理后的收缩一般也都比热固性塑料大。

②塑件结构 塑件的形状、尺寸、壁厚、有无嵌件、嵌件数量及其分布对收缩率大小也有影响。同一塑件的不同部位，其收缩率也经常不同。如塑件的形状复杂、壁薄、有嵌件、嵌件数量多且对称分布，则收缩率就小。

③模具结构 模具的分型面、加压方向、浇注系统形式、布局及其尺寸对收缩率及方向性影响也很大，尤其是挤塑及注射成型时更为明显。例如采用直接浇口和大截面的浇口，则收缩小，但方向性大；浇口宽且短，则方向性小。距浇口近的或与料流方向平行的部位收缩大。

④成型工艺 模具温度高，熔料冷却慢，则密度高，收缩大。尤其对于结晶性塑料，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，直接影响到各部位收缩量的大小及方向性。此外，保持压力及时间对收缩影响较大，压力高，时间长的收缩小，但方向性大。注射压力高，熔料粘度差小，层间剪切应力小，脱模后弹性回跳大，故收缩也可适当地减小。料温高，则收缩大，但方向性小。因此在成型时调整模温、压力、注射速度及冷却时间等因素也可适当改变塑件收缩情况。

2. 比容和压缩率

比容是单位质量的松散塑料所占的体积，以 cm^3/g 计；压缩率是塑料的体积与塑件的体积之比，其值恒大于1。

比容和压缩率都表示粉状或短纤维状塑料的松散性。它们都可用来确定模具或注射机加料量的大小。比容和压缩率大，则要求加料量大。同时，比容和压缩率越大，塑料内充气增多，排气困难，成型周期增长，生产率降低；比容和压缩率小，使压锭和压制容易，而且压锭重量也较准确。但是，比容太小，则影响塑料的松散性，以容积法装料时造成塑件重量不准确。

比容的大小也常因塑料的粒度及颗粒不均匀度不同而有误差。

3. 流动性

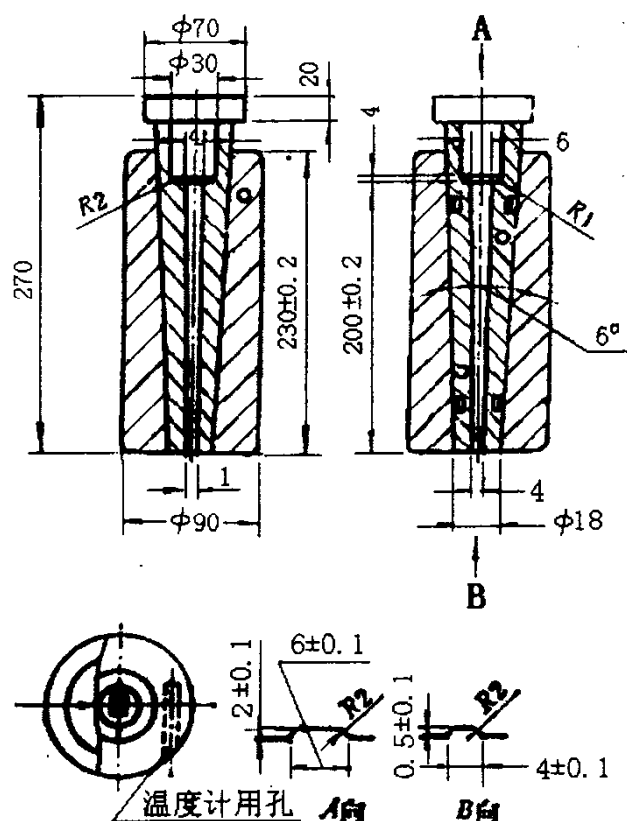


图 1-1-3 测定热固性塑料流动性的拉西格压模

塑料在一定温度与压力下填充型腔的能力称为流动性。

测定热固性塑料流动性的方法 测定流动性所使用的模具称为拉西格压模

(图 1-1-3)。将一定重量的欲测塑料预压成圆锭，将圆锭放入压模中，于一定的温度和压力下，测定它从模孔中挤出的长度（毛糙部分不计在内，以毫米计），此即拉西格流动性，数值大则流动性好。

每一品种的塑料通常分为三个不同等级的流动性，以供不同塑件及成型工艺选用。一般说来，塑件面积大，嵌件多，嵌件及型芯细弱，有狭窄深槽及薄壁的复杂形状对填充不利时，应采用流动性好的塑料。挤塑及注射成型也应选用流动性较好的塑料。

流动性过大容易造成溢料过多，填充不密实，塑件组织疏松，树脂与填料分头聚积，易粘模而使脱模和清理困难以及过早硬化等缺陷；流动性过小则填充不足，不易成型，成型压力增大。因此选用塑料的流动性必须与塑件要求、成型条件相适应。模具设计时应根据流动性来考虑浇注系统、分型面及进料方向等。

热塑性塑料流动性指数的评定 一般可从分子量大小、熔融指数、阿基米德螺旋线长度、表观粘度及流动比（流程长度与塑件壁厚之比）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，螺旋线长，表观粘度小及流动比大的流动性好。通常用熔融指数和阿基米德螺旋线长度来表示流动性的大小。用熔融指数测定流动性可在图 1-1-4 所示的测定仪中进行。管中压入一定量的塑料，加热至规定温度，在特定的压力下将熔融塑料从固定直径的毛细管中压出。每 10 分钟所压出的塑料重量（g/10min），即为该塑料的熔融指数。

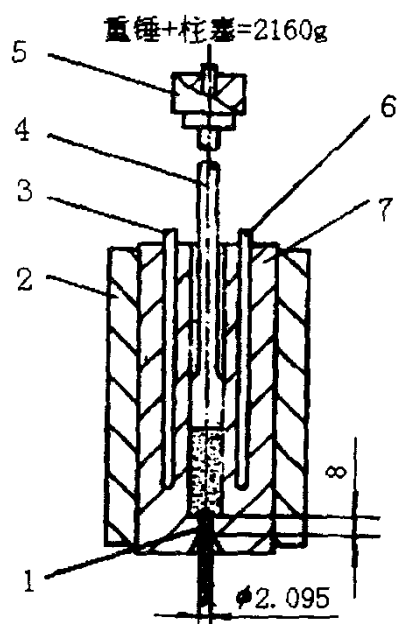


图 1-1-4 熔融指数测定仪结构示意图

1- 出料孔； 2- 保温层； 3- 加热器； 4- 柱塞； 5-重锤； 6-热电偶测温管； 7-料筒

按模具设计要求大致可将常用热塑性塑料的流动性分为三类：

- ①流动性好的 尼龙、聚乙烯、聚苯乙烯、聚丙烯、醋酸纤维素、聚 4-甲基戊烯⁽¹⁾。
- ②流动性中等的 改性聚苯乙烯、ABS、AS、有机玻璃、聚甲醛、聚氯醚（氯化聚醚）。
- ③流动性差的 聚碳酸酯、硬聚氯乙烯、聚苯醚、聚砒、氟塑料。

影响流动性的因素主要有以下几个方面：

- ①塑料品种 不同品种的塑料，其流动性各不相同，即使同一品种的塑料，由于其

中树脂分子量的大小、填料的形状、水分和挥发物的含量以及配方比的不同,其流动性也不相同。此外,加入增塑剂、润滑剂也能显著地增加流动性。塑料的分子量越大,表观粘度越大,且对剪切速率的依赖性越强;分子量分布越宽,其粘度对剪切速率的依赖性越强;分子链具有刚性的聚合物,其粘度随剪切速率的变化比柔性分子链的聚合物来得快。

②模具结构 模具成型表面光滑,型腔形状简单等都有利于改善流动性。

③成型工艺 注射压力增大,则熔料受剪切作用大,流动性也增大,尤其是聚乙烯、聚甲醛等较为敏感;料温高,则流动性增大,聚苯乙烯、聚丙烯、尼龙、有机玻璃、ABS、AS、聚碳酸酯、醋酸纤维素、PPO、聚砒、聚苯醚、酚醛塑料等塑料的流动性随温度变化较大,而聚乙烯、聚甲醛的流动性受温度变化的影响较小。

4. 吸湿性、热敏性及挥发物含量

塑料中的水分及挥发物来自两个方面:其一是塑料在制造中未能全部除净水分,或在储存、运输过程中,由于包装或储存条件不当而吸收的水分;另一方面则是来自成型过程中化学反应或热敏分解等的副产物。

塑料中水分及挥发物含量,在很大程度上直接影响塑件的物理、机械和介电性能。塑料中水分及挥发物含量大,在成型时产生内压,促使气泡产生或以内应力的形式暂存于塑件中,一旦压力除去后便会使塑件变形,机械强度降低。成型时,由于温度和压力的作用,大多数水分及挥发物逸出。但当尚未逸出时,若对于热固性塑料,它占据着一定的体积,严重地阻碍化学反应的有效发生,当塑件冷却后,则会造成组织疏松。当逸出时,挥发物气体又象一把利剑割裂塑件一样,使塑件产生龟裂,降低机械强度和介电性能。此外,水分及挥发物含量过多时,会促使流动性过大,容易溢料,成型周期增长,收缩率增大,塑件容易发生翘曲、波纹及光泽不好。若水分含量超过限度,则在成型过程中由于水分在成型设备的高温料筒内挥发成气体,或者促使塑料水解,所以会使树脂起泡或粘度下降。这不仅影响产品质量,而且还会给成型加工带来困难。

水分及挥发物在成型时变成气体,必须排出模外,否则影响塑件质量。

根据塑料对水分亲疏程度的差别,塑料大致可以分为吸湿或粘附水分的不吸湿也不粘附水分的两大类。前者有纤维素酯(醚)、有机玻璃、尼龙、聚碳酸酯、ABS、聚砒、聚苯醚、酚醛塑料、氨基塑料等;后者有聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚甲醛、氟塑料等。为此,对于这类塑料,在成型以前必须进行干燥处理,以除去其中的水分。

热敏性是指某些热稳定性差的塑料,在高温下受热时间较长或浇口截面过小及剪切作用大时,料温增高就易发生变色、降解、分解的倾向。具有这种特性的塑料称为热敏性塑料,如硬聚氯乙烯、聚偏氯乙烯、聚甲醛、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,尤其是有的分解气体对人体、设备、模具都有刺激、腐蚀作用或有毒性,同时有的分解产物往往又是该塑料分解作用的催化剂(如聚氯乙烯的分解物为氯化氢)。为了防止热敏性塑料在成型过程中出现过热分解现象,可采取在塑料中加入稳定剂,合理选择设备,正确控制成型温度和成型周期,及时清理设备中的分解物等办法。此外,合理设计模具的浇注系统,模具表面镀铬等,也是一些重要措施。

5. 结晶性

根据塑料冷凝时有无结晶现象,可将塑料分成结晶形塑料和非结晶形(无定形)塑料两大类。前者有聚乙烯、聚丙烯、聚四氟乙烯、聚甲醛、尼龙、聚氯醚、聚4-甲基戊烯⁽¹⁾

等；后者有聚苯乙烯、有机玻璃、聚碳酸酯、ABS、聚砒等。

作为判断这两类塑料的外观标准，可视塑料厚壁塑件的透明性而定。一般来说，结晶形塑料为不透明或半透明的（如聚甲醛等），非结晶形塑料为透明的（如有机玻璃等）。但也有例外情况，如聚 4-甲基戊烯⁽¹⁾为结晶形塑料，却有高度透明性，ABS 为非结晶形塑料，却并不透明。

模具设计和选择注射机时应考虑结晶形塑料的以下特性：

①料温上升到成型温度时所需的热量多，应选用塑化能力大的设备。

②冷凝时放出的热量大，应对模具进行充分冷却。

③熔态与固态的比重差大，成型收缩大，容易发生缩孔或气孔。

④冷却快，则结晶度低，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。

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倾向，易发生变形、翘曲。

⑥结晶熔点范围窄，易发生未熔粉末注入模具或堵塞浇口。

⑦大分子链结构简单、分子链节小、支化程度低、分子化学结构对称、立体规整性好，以及大分子的刚柔性和分子间作用力适中等情况，均有利于提高结晶速度和结晶度。

6. 应力开裂及熔体破裂

有些塑料（如聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚砒、PPO 等）在成型时易产生内应力而使塑件质脆易裂，在外力作用下或在溶剂作用下即发生开裂现象。为此，在塑料中加入增强填料（如玻璃纤维），对塑料进行干燥处理，合理选择成型条件，正确设计塑件结构，增加模具脱模斜度，合理选择浇口及顶出形式，适当调节料温、模温、注射压力及冷却时间，对塑件进行后处理，防止塑件与溶剂接触等，都是减小或消除内应力的有效措施。

熔体破裂是指一定熔融指数的塑料，在恒定温度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裂纹的现象。这种裂纹既影响塑件的外观质量，又有损塑件的性能。较常出现这种现象的热塑性塑料有聚乙烯、聚丙烯、聚碳酸酯、聚砒、氟塑料等。一般认为，出现熔体破裂现象的原因是塑料在成型过程中受到过度的剪切作用所致。因此，选用熔融指数较高的塑料，适当加大喷嘴孔径，尽量提高成型温度，减小注射速度等都是减缓或消除熔体破裂现象的有效办法。

7. 定型速度

热固性塑料在成型过程中要完成交联反应，即树脂分子由线型结构变成体型结构，这一变化过程称为硬化。硬化速度通常以塑料试样硬化一毫米厚度所需的秒数来表示，以 s/mm 计。此值越小时，硬化速度就越快。硬化速度与塑料品种、塑件形状、壁厚、成型温度及是否预热、预压等有密切关系。例如采用压锭、预热，提高成型温度，增长加压时间，都能显著加快硬化速度。此外，硬化速度还应适合成型方法要求。例如挤塑及注射成型时，应要求在塑化、填充时化学反应慢，硬化慢，以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。硬化速度慢的塑料，会使成型周期增长，生产率降低；硬化速度快的塑料，则不能成型大型复杂的塑件。

热塑性塑料在成型过程中没有硬化的交联反应。主要是塑料的凝固定型。这与冷却温度等有关。

1.2 塑料的种类

目前, 已正式投产的塑料品种有 300 多种, 但主要的只有 40 多种。一些塑料及树脂的缩写代号 (GB1844-80) 见表 1-2-1。

表 1-2-1 一些塑料及树脂的缩写代号 (GB1844-80)

缩写代号	英文名称	中文名称
ABS	Acrylonitrile-butadiene-styrene	丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物
A/S	Acrylonitrile-styrene copolymer	丙烯腈-苯乙烯共聚物
A/MMA	Acrylonitrile-methyl methacrylate copolymer	丙烯腈-甲基丙烯酸甲酯共聚物
A/S/A	Acrylonitrile-styrene-acrylate copolymer	丙烯腈-苯乙烯-丙烯酸酯共聚物
CA	Cellulose acetate	醋酸纤维素
CAB	Cellulose acetate butyrate	醋酸-丁酸纤维素
CAP	Cellulose acetate propionate	醋酸-丙酸纤维素
CF	Cresol-formaldehyde resin	甲酚-甲醛树脂
CMC	Carboxymethyl cellulose	羧甲基纤维素
CN	Cellulose nitrate	硝酸纤维素
CP	Cellulose propionate	丙酸纤维素
CS	Casein plastics	酪素塑料
CTA	Cellulose triacetate	三乙酸纤维素
EC	Ethyl cellulose	乙基纤维素
EP	Epoxide resin	环氧树脂
E/P	Ethylene-propylene copolymer	乙烯-丙烯共聚物
E/P/D	Ethylene-propylene-diene terpolymer	乙烯-丙烯-二烯三元共聚物
E/TFE	Ethylene-tetrafluoroethylene copolymer	乙烯-四氟乙烯共聚物
E/VAC	Ethylene-vinylacetate copolymer	乙烯-乙酸乙烯酯共聚物
E/VAL	Ethylene-vinylalcohol copolymer	乙烯-乙烯醇共聚物
FEP	Perfluorinated ethylene-propylene copolymer	全氟(乙烯-丙烯)共聚物
GPS	General polystyrene	通用聚苯乙烯
GRP	Glass fibre reinforced plastics	玻璃纤维增强塑料
HDPE	High density polyethylene	高密度聚乙烯
HIPS	High impact polystyrene	高冲击强度聚苯乙烯
LDPE	Low density polyethylene	低密度聚乙烯
MC	Methyl cellulose	甲基纤维素
MDPE	Middle density polyethylene	中密度聚乙烯
MF	Melamine-formaldehyde resin	三聚氰胺-甲醛树脂
MPF	Melamine-phenol-formaldehyde resin	三聚氰胺-酚甲醛树脂
PA	Polyamide	聚酰胺
PAA	Poly(acrylic acid)	聚丙烯酸
PAN	Polyacrylonitrile	聚丙烯腈
PB	Polybutene-1	聚丁烯-1
PBTP	Poly(butylene terephthalate)	聚对苯二甲酸丁二(醇)酯
PC	Polycarbonate	聚碳酸酯
PCTFE	Polychlorotrifluoroethylene	聚三氟氯乙烯
PDAP	Poly(diallyl phthalate)	聚邻苯二甲酸二烯丙酯
PDAIP	Poly(diallyl isophthalate)	聚间苯二甲酸二烯丙酯
PE	Polyethylene	聚乙烯

(续表)

缩写代号	英文名称	中文名称
PEC	Chlorinated polyethylene	氯化聚乙烯
PEOX	Poly(ethylene oxide)	聚环氧乙烷, 聚氧化乙烯
PETP	Poly(ethylene terephthalate)	聚对苯二甲酸乙二(醇)酯
PF	Phenol-formaldehyde resin	酚醛树脂
PI	Polyimide	聚酰亚胺
PMCA	Poly(methyl- α -chloroacrylate)	聚- α -氯代丙烯酸甲酯
PMI	Polymethacrylimide	聚甲基丙烯酰亚胺
PMMA	Poly(methyl methacrylate)	聚甲基丙烯酸甲酯
POM	Polyoxymethylene(polyformaldehyde)	聚甲醛
PP	Polypropylene	聚丙烯
PPC	Chlorinated polypropylene	氯化聚丙烯
PPO	Poly(phenylene oxide)	聚苯醚(聚2,6-二甲基苯醚); 聚苯撑氧
PPOX	Poly(propylene oxide)	聚环氧丙烷, 聚氧化丙烯
PPS	Poly(phenylene sulfide)	聚苯硫醚
PPSU	Poly(phenylene sulfon)	聚苯砒
PS	Polystyrene	聚苯乙烯
PSU	Polysulfone	聚砒
PTFE	Polytetrafluoroethylene	聚四氟乙烯
PUR	Polyurethane	聚氨酯
PVAC	Poly(vinyl acetate)	聚乙酸乙烯酯
PVAL	Poly(vinyl alcohol)	聚乙烯醇
PVB	Poly(vinyl butyral)	聚乙烯醇缩丁醛
PVC	Poly(vinyl chloride)	聚氯乙烯
PVCA	Poly(vinyl chloride-acetate)	氯乙烯-乙酸乙烯酯共聚物
PVCC	Chlorinated poly(vinyl chloride)	氯化聚氯乙烯
PVDC	Poly(vinylidene chloride)	聚偏二氯乙烯
PVDF	Poly(vinylidene fluoride)	聚偏二氟乙烯
PVF	Poly(vinyl fluoride)	聚氟乙烯
PVFM	Poly(vinyl formal)	聚乙烯醇缩甲醛
PVK	Poly(vinyl carbazole)	聚乙烯基咔唑
PVP	Poly(vinyl pyrrolidone)	聚乙烯基吡咯烷酮
RP	Reinforced plastics	增强塑料
RF	Resorcinol-formaldehyde resin	间苯二酚-甲醛树脂
S/AN	Styrene-acrylonitrile copolymer	苯乙烯-丙烯腈共聚物
SI	Silicone	聚硅氧烷
S/MS	Styrene- α -methylstyrene-copolymer	苯乙烯- α -甲基苯乙烯共聚物
UF	Urea-formaldehyde resin	脲甲醛树脂
UHMWPE	Ultra-high molecular weight polyethylene	超高分子量聚乙烯
UP	Unsaturated polyester	不饱和聚酯
VC/E	Vinylchloride-ethylene copolymer	氯乙烯-乙烯共聚物
VC/E/MA	Vinylchloride-ethylene-methylacrylate copolymer	氯乙烯-乙烯-丙烯酸甲酯共聚物
VC/E/VAC	Vinyl chloride-ethylene-vinyl acetate copolymer	氯乙烯-乙烯-乙酸乙烯酯共聚物
VC/MA	Vinyl chloride-methylacrylate copolymer	氯乙烯-丙烯酸甲酯共聚物
VC/MMA	Vinyl chloride-methyl methacrylate copolymer	氯乙烯-甲基丙烯酸甲酯共聚物
VC/OA	Vinyl chloride-octylacrylate copolymer	氯乙烯-丙烯酸辛酯共聚物
VC/VAC	Vinyl chloride-vinylacetate copolymer	氯乙烯-醋酸乙烯酯共聚物
VC/VDC	Vinyl chloride-vinylidene chloride copolymer	氯乙烯-偏二氯乙烯共聚物