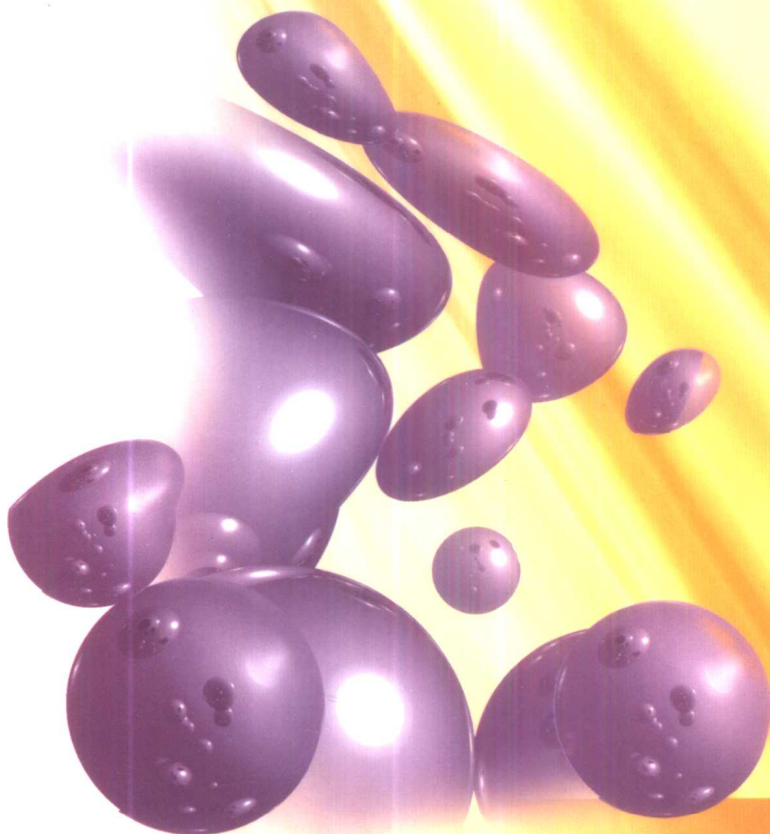




普通中等专业教育机电类规划教材

塑料模塑工艺 与 塑料模设计

福建高级工业专门学校 翁其金 主编



机械工业出版社

普通中等专业教育机电类规划教材

塑料模塑工艺与塑料模设计

主 编 翁其金
参 编 徐志扬 张 英
主 审 周晓明



机械工业出版社

前 言

本书是根据原国家机械工业部 1996 年 3 月公布的“模具设计与制造”专业教学计划和“塑料模塑工艺与塑料模具设计”教学大纲编写的,是中等专业学校模具设计与制造专业教学用书。本书也可供从事塑料模塑工艺及塑料模设计的工程技术人员参考。

随着近代工业的发展,塑料生产及塑料模塑成型的应用愈来愈广泛。本书在扼要介绍塑料性能及用途,阐述塑料模塑工艺的基础上,较详细地叙述了塑料成型模具的结构及零部件设计与计算的基本方法,客观地分析了塑料、塑料制品设计、模塑工艺、塑料模具、塑料成型设备之间的关系,以及与塑料制品质量和塑料制品经济性之间的相互关系。内容力求适应中等专业学校教学要求,通俗实用。

本书由福建高级工业专门学校翁其金主编,咸阳机器制造学校周晓明主审。全书共十章,其中翁其金编写第一、二、三、四、八、九、十章,浙江机械工业学校徐志扬编写第五章,北京市仪器仪表工业学校张英编写第六、七章。

参加审稿会的有无锡机械制造学校戴勇、山东机械工业学校陈中兴、芜湖机械学校韩先实、武汉船舶工业学校黄邦彦、成都市工业学校史铁樑、西安仪器仪表工业学校刘航、陕西第一工业学校王明哲、大庸航空工业学校徐政坤、常州机械学校陈泰兴、段来根、浙江机械学校范建蓓、杭州机械工业学校罗晓晔、湖北第二机械工业学校郭本龙、广西机械工业学校黄诚、湖南省机械工业学校曾霞文、辽宁省农业工程学校许环璞。

由于编者水平有限,错误缺点在所难免,恳切希望广大读者批评指正。

编 者
1998 年 7 月

目 录

前言		第六节 推出机构的设计	201
第一章 概述	1	第七节 热固性塑料注射成型模具	221
第二章 塑料	4	第八节 塑料注射模典型结构示例	227
第一节 塑料的成分与特性	4	第九节 精密注射成型与模具	235
第二节 塑料的分类	8	第六章 塑料压缩模具	239
第三节 塑料的性能	9	第一节 概述	239
第四节 常用塑料的性能及应用	17	第二节 压缩模与压机的关系	243
第五节 塑料的改性	25	第三节 压缩模的设计	249
第三章 塑料的模塑工艺	29	第四节 典型压缩模	265
第一节 注射模塑工艺	29	第七章 中空吹塑	267
第二节 压缩模塑工艺	42	第一节 中空吹塑制品结构设计	267
第三节 挤出工艺	48	第二节 吹胀比与延伸比	268
第四节 其它模塑工艺简介	57	第三节 中空吹塑成型工艺及模具	269
第五节 塑料制品的工艺性	61	第八章 挤出机头	278
第六节 塑料模塑工艺规程的编制	76	第一节 挤出机头的分类和设计原则	278
第四章 塑料模基本结构和零部件		第二节 管材挤出机头	278
设计	79	第三节 吹塑薄膜机头的设计	282
第一节 塑料模分类及基本结构	79	第九章 塑料模具寿命与塑料模	
第二节 成型零件的设计	82	材料	286
第三节 结构零件的设计	114	第一节 塑料模具寿命	286
第四节 加热和冷却装置的设计	121	第二节 塑料模材料及选用	287
第五章 塑料注射模的设计	133	第十章 塑料模设计程序	292
第一节 概述	133	第一节 设计塑料模具应注意的问题	292
第二节 模具与注射机的关系	138	第二节 塑料模具设计程序	292
第三节 普通浇注系统的设计	148	附录	295
第四节 无流道凝料的浇注系统	170	参考文献	316
第五节 侧向分型与抽芯机构的设计	179		

第一章 概 述

一、塑料成型在塑料工业中的地位

1. 塑料工业的生产过程

在塑料工业生产中，从原料到塑料，又从塑料到塑料制品的全部生产的简单流程如图 1-1 所示。图中 [1] 和 [2] 两部分属于塑料生产部门；[3] 部分属于塑料制品生产部门。但在大型的塑料制品生产工厂中，为了生产方便，往往也将 [2] 部分归入自己的生产范围，以满足对塑料配制上的多样性要求。

由此可见，塑料工业包含塑料生产和塑料制品生产（称为塑料加工或塑料成型工业）两个系统。没有塑料生产，就没有塑料制品生产；没有塑料制品生产，塑料就不能变成产品或生活资料。这是一种密切的、相互依存的关系。

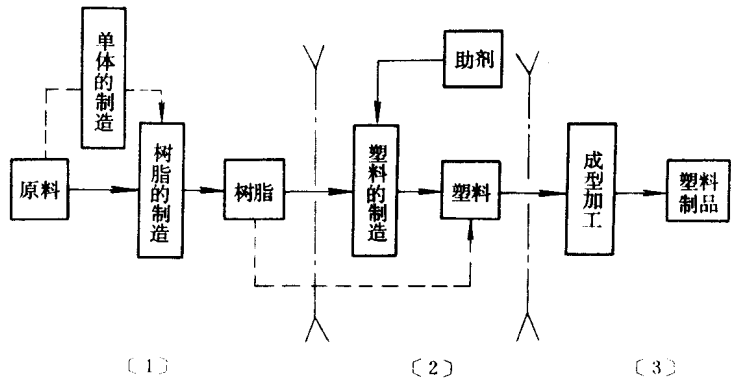
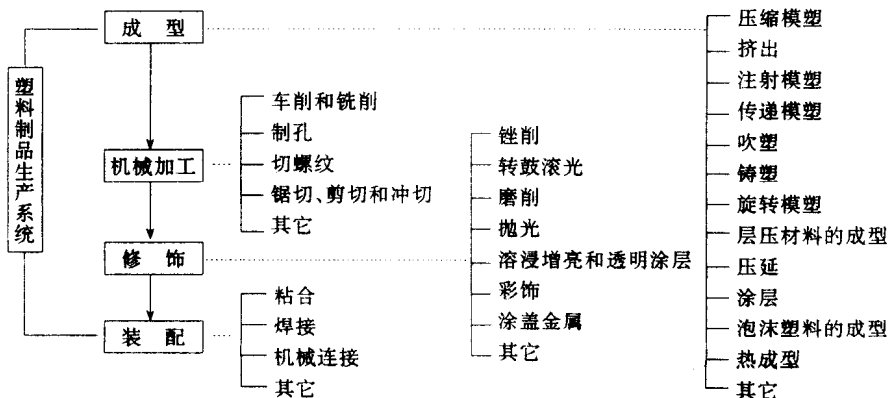


图 1-1 从原料到塑料制品的生产过程

2. 塑料制品生产及塑料成型的重要性

塑料制品的生产主要由塑料的成型、机械加工、修饰和装配四个基本工序所组成。如表 1-1 所示。有些塑料在成型之前需要经过预处理（预压、预热、干燥等）。因此，塑料制品生产的完整工序顺序为：预处理、成型、机械加工、修饰、装配。这个生产顺序不容颠倒，否则会影响制品质量。

表 1-1 塑料制品生产系统的组成



在五个基本工序中,塑料的成型是最重要的,是一切塑料制品和型材生产的必经过程。其它四个工序却是根据塑料制品的要求而定,不是每个制品都需要经过这四个工序,甚至有可能都不需要这四个工序中的任何一个工序。后三个工序有时统称为二次加工。因此,可以说塑料的成型在塑料制品生产乃至塑料工业中占有重要的地位。

二、塑料模塑成型及塑料成型模具

从表 1-1 可以看出,塑料成型的种类很多,有各种模塑成型、层压及压延成型等。其中塑料模塑成型种类较多,如挤出成型、压缩模塑、传递模塑、注射模塑等。它们的共同特点是利用塑料模来成型具有一定形状和尺寸的塑料制品。

塑料成型模具(简称塑料模)是塑料模塑成型关键的工艺装备。这是因为在现代塑料制品生产中,正确的加工工艺、高效率的设备、先进的模具是影响塑料制品生产的三大重要因素,而塑料模对塑料模塑工艺的实现,保证塑料制品的形状、尺寸及公差起着极重要的作用,高效率全自动的设备只有配备了适应自动化生产的塑料模才可能发挥其效能;产品的更新也是以模具的制造和更新为前提。目前,对塑料制品的品种、质量和产量的要求愈来愈高,因而对塑料模的需求也愈来愈迫切。

三、塑料模塑成型技术的发展动向

塑料模塑成型工艺及塑料模技术的发展与整个塑料工业的发展是分不开的。

塑料工业是新兴的产业之一。自 1909 年实现以纯粹化学合成方法生产酚醛塑料算起,世界塑料工业的崛起仅仅有 80 余年的历史。塑料工业发展历史虽然很短,但发展速度相当惊人。据统计,1935 年全世界塑料产量只有 20 万 t,1950 年为 150 万 t,1960 年达 677 万 t,1970 年达 3000 万 t,1981 年达 6000 多万 t,1990 年猛增至 1 亿 t。预计今后将以每 8 年翻一番的增长速度持续高速发展。

目前,已工业化的合成树脂有 50 种左右,如把共聚改性都计算在内有 400 多种塑料,如按不同型号、牌号统计则有几千种之多。从塑料品种的发展情况来看,热塑性塑料发展最迅速,最初以热固性塑料为主,而现在却以热塑性塑料为主。由于工程塑料综合性能优异,在解决科学技术中的问题等方面起着不可缺少的重要作用,因此,工程塑料的发展速度超过了通用塑料。聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、氨基塑料、酚醛塑料等通用塑料,其产量将会持续上升;聚酰胺、聚甲醛、ABS、聚碳酸酯、聚砜、聚苯醚等工程塑料,正向扩大生产,降低成本,改进性能,扩大用途的方向发展。

随着塑料产量的提高和品种的增多以及应用范围的扩大,促进了塑料成型工艺、塑料成型设备和塑料模具的不断发展。

我国的塑料工业发展也很迅速,特别是近 20 年来,产量和品种都大大增加,许多新颖的工程塑料也已投入批量生产。我国塑料产量 1987 年已达到 297 万 t,位居世界第五位。至今,我国塑料工业已形成了相当规模的完整体系,它包括塑料的生产,成型加工,塑料机械设备,模具工业以及科研、人才培养等。塑料工业在国民经济的各个部门发挥了愈来愈大的作用。

为了使各种性能优良的塑料在国民经济的各个领域中得到进一步应用,必须在发展塑料生产的同时,努力发展塑料成型工业,研究塑料加工新技术。

塑料模塑成型的发展动向如下:

(1) 加深理论研究 加深塑料成型理论基础和工艺原理的研究,借以改进成型工艺方法、成型模具及成型设备。

(2) 高效率、自动化 简化塑料制品成型工艺过程, 缩短生产周期是提高生产率的有效方法。如排气式注射机和排气式挤出机的出现, 为吸水性强的塑料加工省去了原料的预干燥工序, 缩短了生产周期, 提高了效率。

高速自动化的塑料成型机械配合先进的模具也是提高塑料制品质量, 提高生产率的有效方法。已经出现的高效率、自动化模具结构有高效冷却装置、无流道注射模、自动推出制品和流道凝料的脱模机构、多层多腔注射模, 等等。

近年来, 正在大力应用电子计算机来控制成型加工过程以提高生产效率。研制成功了数控热固性塑料注射机、计算机群控注射机等。

(3) 大型、微型、高精度 为适应国民经济各个部门对塑料成型工业的要求, 塑料制品正向大型、微型、高精度的方向发展, 塑料模也相应地向大型、微型、高精度的方向发展, 大型、小型和新型的塑料成型设备亦不断涌现, 如有适应于一次注射量达 96kg 的大型注射机, 也有适应于制造手表零件的一次注射量仅为 0.02g 的超小型精密注射机。

(4) 高寿命和简易经济模具 为适应大批量生产, 正在从模具结构设计、模具材料及热处理、模具表面强化、模具制造等方面提高模具寿命。

当前正研究和推广应用易切削钢、预硬钢、耐蚀钢以及模具表面强化新技术, 使塑料模的精度和寿命大大提高。同时, 为了适应小批量生产, 正在注意简易经济模具的应用。

(5) 模具制造先进设备及先进工艺 现在高效、精密、数控、自动化的模具加工设备发展很快, 数控铣床、仿形铣床、各种加工中心、坐标磨床、各种数控电加工机床及模具装配与检测机械和仪器不断开发和应用, 这对于保证塑料模具的加工精度和缩短加工周期起了关键性的作用。与此同时, 其它模具加工的新工艺也不断涌现, 如超塑性成型和电铸成型型腔以及简易制模工艺等。

(6) 模具的标准化与专业化生产 这是提高模具质量, 缩短模具制造周期的根本性措施, 也是塑料模发展的方向, 已引起国内、外极大重视。近年来, 我国在这方面已取得了可喜的进展, 已经制订了塑料模国家标准。

(7) 计算机辅助设计和计算机辅助制造模具技术 虽然在塑料模方面应用这种新技术比在冷冲模方面难度大, 但同样被塑料模行业所重视, 成为塑料模设计与制造的发展方向。

此外, 对于一些特殊塑料制品, 采用了各种特殊成型工艺、模具及设备。如低发泡制品注射成型、双色注射成型、大型塑料零件的热压成型法、流动性差难以成型的塑料的锻造成型法等。

第二章 塑 料

第一节 塑料的成分与特性

塑料一般由树脂和添加剂（助剂）组成。

树脂在塑料中是起决定性作用的，但也不能忽视添加剂的重要影响。例如，酚醛压塑粉中若无填充剂，聚氯乙烯中若无稳定剂，硝化纤维素中若无增塑剂等，就没有什么实用价值，也无法进行成型加工。塑料添加剂的种类很多，有填充剂、增塑剂、着色剂、润滑剂、稳定剂等等，大约有十几大类上千个品种。根据塑料的不同用途和对塑料性能的要求，可适当地选择添加剂加入到一定的树脂中，以获得一定性能的塑料。

根据塑料的成分不同，可以分为简单组分和多组分塑料。简单组分塑料基本上是以树脂为主，加入少量添加剂，如着色剂、润滑剂、增塑剂。属于这类塑料的有聚苯乙烯、有机玻璃等。至于不加任何添加剂的如聚四氟乙烯等，则树脂即为塑料。多组分塑料除树脂外，还加入较多的添加剂，如填充剂、增塑剂、稳定剂、着色剂、润滑剂等。属于这类塑料的有聚氯乙烯、酚醛塑料等。

一、塑料的主要成分

1. 树脂

树脂是塑料中主要的必不可少的成分。它决定了塑料的类型，影响着塑料的基本性能，如力学性能、物理性能、化学性能和电气性能等；它胶粘着塑料中的其它成分，使塑料具有塑性或流动性，从而具有成型性能。简单组分的塑料，树脂含量约90%~100%；复杂组分的塑料，树脂含量常在40%~60%。

树脂有天然树脂和合成树脂。天然树脂有从树木分泌出来的脂物，如松香；有热带昆虫的分泌物，如虫胶；有从石油中得到的，如沥青。合成树脂是用人工合成的方法制成的树脂，如环氧树脂、聚乙烯、聚氯乙烯、酚醛树脂、氨基树脂等。因为天然树脂产量有限，性能较差等原因，远远不能满足目前工业生产的需要，所以在生产中，一般都是采用合成树脂。不论是天然树脂还是合成树脂，均属于高分子化合物，称为高聚物（聚合物）。

2. 填充剂（又称填料）

填充剂是塑料中重要但并非是每一种塑料都必不可少的成分。填充剂在塑料中的作用有两种情况：一种是为了减少树脂含量，降低塑料成本，在树脂中掺入一些廉价的填充剂（如碳酸钙），此时填充剂是起增量作用；另一种是既起增量作用又起改性作用，即填充剂不仅使塑料成本大为降低，而且使塑料性能得到显著改善，扩大了塑料的应用范围。在许多情况下，填充剂起的作用是相当大的，如聚乙烯、聚氯乙烯等树脂中加入钙质填料后，便成为十分廉价的具有足够刚性和耐热性的钙塑料；玻璃纤维作塑料的填充剂，能使塑料的力学性能大幅度地提高；石棉作塑料填充剂，可提高其耐热性；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。

填充剂有无机填充剂和有机填充剂。其形状有粉状、纤维状和层（片）状。粉状填充剂有木粉、纸浆、大理石粉、滑石粉、云母粉、石棉粉和石墨等；纤维状填充剂有棉花、亚麻、石棉纤维、玻璃纤维、碳纤维、硼纤维和金属须等；层状填充剂有纸张、棉布、麻布和玻璃布等。

填充剂与其它成分机械混合，它们之间不起化学作用，但具有与树脂牢固胶结的能力。

3. 增塑剂

为了增加塑料的塑性、流动性和柔韧性，改善成型性能，降低刚性和脆性，通常加入高沸点液态或低熔点固态的有机化合物，此即增塑剂。对于可塑性小、柔软性差的树脂，如硝酸纤维、醋酸纤维、聚氯乙烯等加入增塑剂是很有必要的。但必须指出，增塑剂有使塑料的工艺性能和使用性能得到改善的一面，又有使树脂的某些性能如硬度、抗拉强度等降低的一面。

对增塑剂的要求是，与树脂相容性好、不易挥发、化学稳定性好，耐热、无色、无臭、无毒、价廉等。常用的增塑剂有樟脑、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。

4. 着色剂（色料）

着色剂主要是起装饰美观作用，同时还能提高塑料的光稳定性、热稳定性和耐候性。

着色剂包括颜料和染料。颜料分为无机颜料和有机颜料。无机颜料是不溶性的固态有色物质，如钛白粉、铬黄、镉红、群青等，它在塑料中分散成微粒，起表面遮盖作用而着色。与染料相比，其着色能力、透明性和鲜艳性较差，但耐光性、耐热性和化学稳定性较好。有机颜料的特性介于染料和无机颜料之间，如联苯胺黄、酞青蓝等。在塑料工业中颜料应用较多。染料可溶于水、油和树脂中，有强烈着色能力，且色泽鲜艳，但耐光、耐热性和化学稳定性较差，如分散红、士林黄、士林蓝等。

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等。

5. 润滑剂

润滑剂主要的作用是防止塑料在成型过程中发生粘模，同时还能改善塑料的流动性以及提高塑料表面光泽程度。常用的润滑剂有硬酯酸、石蜡和金属皂类（硬酯酸钙、硬酯酸锌）等。常用的热塑性塑料聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚酰胺和 ABS 等往往都要加入润滑剂。

6. 稳定剂

稳定剂的作用是抑制和防止树脂在加工过程或使用过程中产生降解。所谓降解是聚合物在热、力、氧、水、光、射线等作用下，大分子断链或化学结构发生有害变化的反应。

根据稳定剂的作用，可分为以下三种：

(1) 热稳定剂 它的主要作用是抑制和防止树脂在加工过程或使用过程中受热而降解。例如聚氯乙烯，其成型温度高于树脂开始降解的温度，如不加入热稳定剂，当加工温度达到 100℃ 以上时，高分子就开始产生分解，放出氯化氢，颜色渐渐变成黄色、棕色至黑色，性能变脆，其产品就无使用价值。加入热稳定剂后即可防止上述现象的发生，保证塑料顺利成型并延长其使用寿命。目前使用热稳定剂的塑料主要是聚氯乙烯。热稳定剂的种类很多，三盐基性硫酸铅是使用最普遍的一种聚氯乙烯热稳定剂；硬脂酸钡是聚氯乙烯的稳定剂兼润滑剂。

(2) 光稳定剂 它的作用是阻止树脂由于受到光的作用而引起降解，从而使塑料变色，力

学性能下降。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。光稳定剂的种类很多，有紫外线吸收剂、光屏蔽剂等。2-羟基-4-甲氧基二苯甲酮是应用普遍的一种紫外线吸收剂。

(3) 抗氧化剂 许多树脂在加工、贮存和使用过程中会发生氧化，尤其在热和光的作用下，会使氧化加速进行，导致树脂降解而失去使用价值。聚乙烯、聚丙烯、ABS等都是易氧化的塑料。2,6-二叔丁基对甲苯酚在聚合物材料中是有效的抗氧化剂。

塑料除了上述几种主要成分外，还有阻燃剂，发泡剂、抗静电剂，等等。

二、塑料特性及用途

塑料有许多优良特性，应用十分广泛。

(1) 密度(ρ)小 塑料密度一般是在 $0.83 \sim 2.2 \text{ kg/dm}^3$ 之间，只有钢的 $1/8 \sim 1/4$ ，铝的 $1/2$ 。最轻的是聚 4-甲基戊烯-1，密度为 0.83 kg/dm^3 ；最重的是聚四氟乙烯，密度为 2.2 kg/dm^3 。泡沫塑料的密度更小，其密度小于 0.01 kg/dm^3 。

塑料密度小，对于减轻机械重量具有十分重要的意义，尤其是对车辆、船舶、飞机、宇宙航行器等而言。例如，目前出现的塑料为车身的小轿车，车身重只有 186 kg 。同时，在日用工业中所用的传统材料，如金属、陶瓷、玻璃、木材等正逐步被塑料所代替。

(2) 比强度和比刚度高 塑料强度不如金属好，但塑料密度小，所以比强度(σ_b/ρ)相当高，尤其以各种高强度的纤维状、片状或粉末状的金属或非金属为填料而制成较高强度的增强塑料，如玻璃纤维增强塑料，其比强度比一般钢材的比强度还高。塑料的比刚度(又称比弹性模量，用 E/ρ 表示)也较高。图 2-1 表示几种金属和增强塑料的比强度和比刚度的比较。由图可以看出，碳纤维增强塑料不仅比强度高，而且比弹性模量也很高。

比强度和比刚度好，在某些场合(如空间技术领域)具有重要的意义。例如碳纤维和硼纤维增强塑料可用于制造人造卫星、火箭、导弹上的高强度、刚度好的结构零件。

(3) 化学稳定性好 塑料对酸、碱、盐、气体和蒸汽具有良好的抗腐蚀作用。特别是号称塑料王的聚四氟乙烯，除了熔融的碱金属外，其它化学药品，包括能溶解黄金的沸腾王水也不能腐蚀它。

因此，塑料在化工设备和其它腐蚀条件下工作的设备以及日用工业中应用广泛。最常用的耐腐蚀塑料是硬质聚氯乙烯，它可加工成管道、容器和化工设备中的零部件。

(4) 电绝缘、绝热、隔声性能好 由于塑料具有优良的电绝缘性能

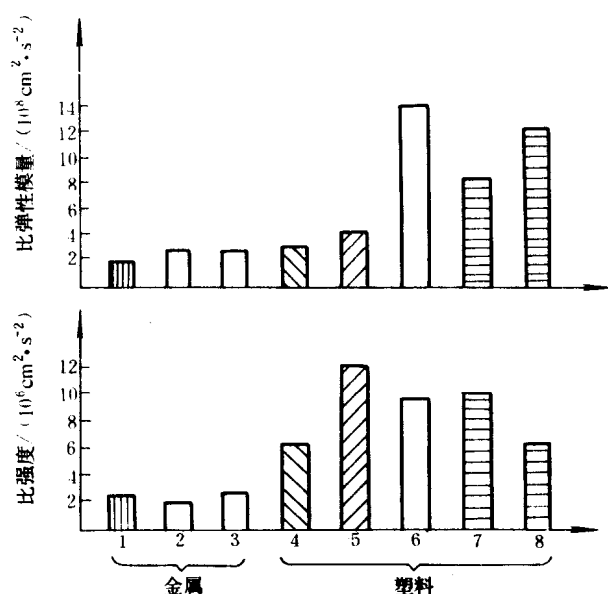


图 2-1 塑料和金属的比强度和比刚度
1—钛合金 2—铝合金 3—高强度钢 4—70%玻璃纤维环氧塑料
5—75%高强度玻璃纤维环氧塑料 6—70%硼纤维环氧塑料
7—60%高强度碳纤维环氧塑料 8—60%高弹性模量碳纤维环氧塑料

和耐电弧性，所以广泛用于电机、电器和电子工业中做结构零件和绝缘材料，从一般的零件（如旋钮、接线板、插座等）到大型壳体（如电视机外壳等）都可以用塑料来制造，许多塑料已经成为不可缺少的高频材料。

塑料还具有良好的绝热保温和隔声吸声性能，所以广泛用于需要绝热和隔声的各种产品中。

(5) 耐磨和自润滑性好 由于塑料的摩擦系数小、耐磨性高、自润滑性能好，加上比强度高，传动噪声小，因而可以在各种液体（包括油、水和腐蚀介质）、半干和干摩擦条件下有效地工作，可以制造轴承、轴瓦、齿轮、凸轮和滑轮等机器零件。还可粘贴或喷涂机床金属导轨（用尼龙 1010），制造刹车块（用石棉酚醛塑料）等。

(6) 粘结性能好 塑料一般都具有一定的粘结性能，可以与其它非金属或金属材料牢固粘结而制成复合材料和结构零件。例如环氧树脂不但可以粘结木材、橡胶、玻璃、陶瓷等非金属材料，而且还可以粘结钢、铝、铜等金属材料，在模具制造中可以用于粘结固定凸模和导柱、导套等，因而被称为万能胶。

(7) 成型性能好 由于塑料在一定条件下具有良好的塑性，因而可以用各种高生产率的成型方法制造制品。

(8) 多种防护性能 除了上述的耐腐蚀性和绝缘性能外，塑料还具有防水、防潮、防透气、防震、防辐射等多种防护性能。因而它成为现代包装行业中不可缺少的新型包装材料。有一些具有特殊防护性能的塑料，在国防及尖端科学技术中起着特殊的防护作用，如芳杂环聚合物不但具有突出的耐高温、耐超低温和耐辐射特性，而且具有优良的力学性能、电绝缘性能和耐化学性能。它可以用于制造雷达天线罩、飞机和宇航发动机的零件及防原子辐射的飞行服等。

另外，塑料着色范围广，可以染成各种颜色。塑料光学性能较好，具有良好的光泽。许多不加填料的塑料可以制成透明性良好的制品，如有机玻璃、聚苯乙烯、聚碳酸酯等都可制成晶莹透明的制品。

但塑料与金属材料相比，也存在一些不足之处，如机械强度和硬度一般比金属材料低，耐热和导热性比金属材料差，一般的塑料工作温度仅 100℃ 左右；热导率是钢的 1/200~1/300，是有色金属的 1/500~1/600；吸水性大，易老化，膨胀和收缩性较大等。这些缺点使塑料的应用受到一定的限制。但由于塑料有上述优越性，且针对其不足之处进行了改进，新型、耐热、高强度塑料的不断发展，因而塑料的应用愈来愈广泛，出现了金属零件塑料化的趋向。

三、成型用物料及其配制简介

根据塑料成型的需要，工业上用于成型的塑料有粉料、粒料、溶液和分散体等几种。不论那一种物料，一般不是单纯的树脂，而是或多或少都加入各种添加剂的塑料。

1. 粉料和粒料

将一定配比的树脂和各种添加剂制成成分均匀的粉料或粒料有利于成型后得到性能一致的制品，同时便于装卸、计量和成型的操作。粉料和粒料的区别在于混合、塑化和细分的程度不同。粉料的配制通常是将塑料各组分放在混合设备中，按一定的工艺步骤混合即可。粒料的制造步骤是塑炼和造粒。塑炼是将经过混合的粉料置于塑炼设备中，借助加热和剪切应力作用使聚合物熔融，驱出挥发物等杂质，并进一步分散其中的不均匀组分；造粒是将经塑炼后的物料通过粒化设备或装置使之成为粒料。粒料更有利于成型出性能一致的制品。

粉料和粒料在生产中用得比较多，一般的成型工艺如注射、挤出等均采用粒料。但随着生产技术的提高和成型设备的改进，现在也有不少成型工艺改用粉料（如滚塑成型）。

2. 溶液

用流延法生产薄膜、胶片及某些浇铸制品等常用树脂的溶液作为原料，其主要组分是树脂与溶剂。溶剂通常是酯类、醚类和醇类等。除此之外，溶液中还需要加增塑剂、稳定剂、色料和稀释剂等。塑料成型中所用溶液，有的是在树脂合成时特意制成，有的则是在使用时，通过配制设备用一定的方法配制而成的。

用溶液为原料制成的制品，其中并不含溶剂，溶剂在制品生产过程中已经挥发掉了，所以构成塑料制品的主体是树脂，溶剂只是为加工需要而加入的一种助剂。

3. 分散体

塑料成型中作为原料用的分散体是树脂与非水液体形成的悬浮体，通称为溶胶塑料或“糊”塑料。非水液体也称分散剂，它包括增塑剂（如邻苯二甲酸酯类等）和挥发性溶剂（如甲基异丁基甲酮等）两类。除了树脂和非水液体之外，溶胶塑料还可以根据使用目的不同而加入各种添加剂，如稀释剂、稳定剂、填充剂、凝胶剂、着色剂等。加入的组分和比例不同，溶胶塑料的性质就会出现差异。

配制溶胶塑料方法是将树脂、分散剂和其它所有添加剂一起加入球磨机或其它混合机械中进行混合。

由溶胶塑料生产塑料制品要经过塑型和烘熔两个过程。塑型就是利用模具或其它器械，在室温下，使溶胶塑料成型。用溶胶塑料成型的突出特点是成型容易，不需要很高的压力。烘熔是将塑型后的制品进行热处理，从而使溶胶塑料发生物理或化学变化成为固体。溶胶塑料在搪塑、滚塑及涂层制品（如人造革）等方面得到广泛应用。

塑料成型工业中所用的溶胶塑料主要是聚氯乙烯溶胶塑料（或称聚氯乙烯“糊”）。

第二节 塑料的分类

塑料的品种很多，塑料的分类方法也很多。

按塑料中合成树脂的分子结构及热性能分为热塑性塑料和热固性塑料，这是一个较科学的分类方法，因为它反映了高聚物的结构特点、物理性能、化学性能及成型特性。

热塑性塑料：这种塑料中树脂的分子是线型或支链型结构。它在加热时软化并熔融，成为可流动的粘稠液体（即聚合物熔体），可成型为一定形状，冷却后保持已成型的形状。如果再次加热，又可以软化并熔融，可再次成型为一定形状的制品，如此可反复多次，在上述过程中，一般只有物理变化而无化学变化。

由于热塑性塑料具有上述特性，因此，在塑料加工过程中产生的边角料及废品可以回收掺入原料中使用。

属于热塑性塑料的有聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物（ABS塑料），聚甲基丙烯酸甲酯（有机玻璃）、聚酰胺（尼龙）、聚甲醛、聚碳酸酯、聚砜、聚苯醚、聚四氟乙烯、聚三氟乙烯、聚全氟乙丙烯、氯化聚醚等。

热固性塑料：这类塑料中树脂的分子最终是呈体型结构。它在受热之初，因分子呈线型结构，故具有可塑性和可熔性，可成型为一定形状，当继续加热时，线型高聚物分子主链间

形成化学键结合（即交联），分子呈网型结构，当温度达到一定值后，交联反应进一步发展，分子变为体型结构，树脂变为既不熔融也不溶解，形状固定下来不再变化，称为固化。如果再加热，不再软化，不再具有可塑性。在上述成型过程中，既有物理变化又有化学变化。

由于热固性塑料具有上述特性，因此制品一旦损坏便不能回收再用。

属于热固性塑料的有酚醛塑料、氨基塑料、环氧塑料、聚邻苯二甲酸二烯丙酯、有机硅塑料、硅酮塑料等。

按塑料的性能及用途，可分为通用塑料、工程塑料和增强塑料。

通用塑料：通用塑料是指产量大、用途广、价格低的塑料。酚醛塑料、氨基塑料、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚乙烯、聚丙烯等六大品种塑料、属于通用塑料。

工程塑料：工程塑料是指在工程技术中作为结构材料的塑料，这类塑料的力学性能、耐磨性、耐腐蚀性、尺寸稳定性等均较高。由于它既有一定的金属特性，又有塑料的优良性能，所以在机器制造、轻工、电子、日用、宇航、导弹、原子能等工程技术部门得到广泛应用。

目前在工程上使用较多的塑料有聚酰胺、聚碳酸酯、聚甲醛、ABS塑料、聚砜、聚苯醚、氯化聚醚（聚氯醚）等。

增强塑料：在塑料中加入玻璃纤维等填料作为增强材料，以进一步改善塑料的力学、电气性能，这种新型的复合材料通常称为增强塑料。增强塑料具有优良的力学性能，比强度和比刚度高。增强塑料分为热固性增强塑料和热塑性增强塑料。热固性增强塑料又称为玻璃钢。

第三节 塑料的性能

塑料的性能包含使用性能和工艺性能两个方面。使用性能体现了塑料的使用价值；工艺性能体现了塑料的成型特性。

一、塑料的使用性能

塑料的使用性能包括物理性能、化学性能、力学性能、热性能、电性能等。这些性能都可以用一定的指标衡量并可以用一定的试验方法加以测定。

1. 塑料的物理性能

塑料的物理性能主要有密度、表观密度、透气性、透湿性、吸水性、透明性、透光率等。

密度是指单位体积中塑料的质（重）量；而表观密度是指单位体积的试验材料（包括空隙在内）的质（重）量。

透湿性是指塑料透过蒸汽的性质。它可以用透湿系数表示。透湿系数是在一定温度下，试样两侧在单位压力差情况下，单位时间内在单位面积上通过的蒸汽量与试样厚度的乘积。

吸水性是指塑料吸收水分的性质。它可以用吸水率表示。吸水率是在一定温度下，把塑料放在水中浸泡一定时间后质（重）量增加的百分率。

透明性是指塑料透过可见光的性质。它可用透光率来表示。透光率是指透过塑料的光通量与其入射光通量的百分率。

2. 塑料的化学性能

塑料的化学性能主要有耐化学性、耐候性、耐老化性、光稳定性、抗霉性等。

耐化学性是指塑料耐酸、碱、盐、溶剂和其它化学物质的能力；耐候性是指塑料暴露在日光、冷热、风雨等气候条件下，保持其性能的性质；耐老化性是指塑料暴露于自然环境或

人工条件下，随着时间推移而不产生化学结构变化，从而保持其性能的能力；光稳定性是指塑料在日光或紫外线照射下，抵抗褪色、变黑或降解等的能力；抗霉性是指塑料对霉菌的低抗能力。

3. 塑料的力学性能

塑料的力学性能主要有抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、断裂伸长率、冲击韧度、抗疲劳强度、耐蠕变性、摩擦系数及磨损、硬度等。

所谓磨损是指两个彼此接触的固体（实验时是用塑料与砂纸）因摩擦作用而使材料（塑料）表面造成的损耗。它可以用摩擦损失的体积表示。

4. 塑料的热性能

塑料的热性能主要是线膨胀系数、导热系数、玻璃化温度、耐热性、热变形温度、熔体指数、热稳定性、热分解温度、耐燃性等。

玻璃化温度是指无定型或半结晶型的高聚物从粘流态或高弹态（橡胶态）向玻璃态转变（或相反转变）的温度。

耐热性是指塑料在外力作用下，受热而不变形的性质，它可用热变形温度或马丁耐热温度来量度。热变形温度和马丁耐热温度测定的基本原理都是将试样置于等速升温的环境中，并在一定的弯矩作用下，测定其达到一定弯曲变形量时的温度。但热变形温度和马丁耐热温度测定的装置和测定方法不同，应用场合也不同。前者适用于量度在常温下是硬质的模塑材料和板料的耐热性；后者适用于量度耐热性小于 60℃ 的塑料的耐热性。

熔体指数是指热塑性树脂在一定温度和负荷下，其熔体在 10min 内通过标准毛细管的质量，以 g/10min 表示。它是反映塑料在熔融状态下流动性的一个量值。

热稳定性是指高分子化合物在加工或使用过程中受热而不分解变质的性质。它可以用一定量的高聚物以一定压力压成一定尺寸的试片，然后将其置于专用的试验装置中，在一定温度下恒温加热一定时间，测其质（重）量损失，并以损失的质（重）量与原来质（重）量的百分率表示热稳定性的大小。

热分解温度是高分子化合物在受热时发生分解的温度。它是反映高聚物热稳定性的一个量值。它可以用压力法或试纸鉴别法测试。压力法是根据高聚物分解时产生气体，从而产生压力差的原理进行测试；试纸鉴别是根据高聚物发生分解放出的气体使试纸变色的原理进行测试。

耐燃性是指塑料接触火焰时抵制燃烧或离开火焰时阻碍继续燃烧的能力。

5. 塑料的电性能

塑料的电性能主要有表面电阻率、体积电阻率、介电常数、介电强度、耐电弧性、介电损耗等。

表面电阻率是平行于通过材料（塑料）表面上的电流方向的电位梯度与表面单位宽度上的电流之比；体积电阻率是平行于通过材料（塑料）电流方向的电位梯度与电流密度之比；介电常数是以绝缘材料（塑料）为介质与以真空为介质制成同尺寸电容器的电容量之比；介电强度是塑料抵抗电击穿能力的量度，其值为试样击穿电压值与试样厚度之比，单位为 kV/mm；耐电弧性是塑料抵抗由于高压电弧作用引起变质的能力，通常用电弧焰在塑料表面引起碳化至表面导电所需的时间表示；介电损耗是置于交流电场中的塑料以内部发热（温度升高）形式表现出来的能量损耗。其大小可用介质损耗角正切来衡量。所谓介质损耗角正切是

对塑料施以正弦波电压时，外施电压与相同频率的电流之间的相角余角 δ 的正切值 ($\text{tg}\delta$)。

二、热固性塑料的工艺性能

1. 收缩性

热固性塑料通常是在高温熔融状态下充满模具型腔而成型的，当塑料件冷却到室温后，其尺寸会发生收缩。影响收缩的基本因素是：

(1) 塑料种类 不同的塑料，其收缩率是不同的。同一种塑料，其树脂的分子量和填料品种及含量等的不同，收缩率也不同。树脂含量高，分子量高，填料为有机物，收缩大。

(2) 化学结构的变化 热固性塑料在成型过程中，树脂分子是从线型结构过渡到体型结构的，而后者的密度比前者大，故要收缩。

(3) 热收缩 塑料的膨胀系数比钢大，塑料件冷却收缩比模具大，故塑料件尺寸比模具型腔相应尺寸小。

(4) 弹性恢复 当塑料件脱模时，由于压力降低，产生弹性恢复而胀大，这会减少总收缩。

(5) 塑料制品结构 制品形状、尺寸、壁厚、有无嵌件，嵌件数量与分布对收缩率有较大影响。制品结构复杂，壁薄、嵌件多且均匀分布的，则收缩率小。

(6) 成型工艺 预热情况、成型温度、模具温度、成型压力、保压时间等对收缩率有影响。有预热，成型温度不高，成型压力较大，保压时间较长的，收缩率较小。

(7) 塑性变形 当开模时，塑料所受的压力降低，但模壁仍紧压塑料件四周，可能使塑料件局部变形，造成局部收缩。

应该注意到，塑料件的收缩往往具有方向的特征，这是因为在成型时高分子按流动方向取向，所以在流动方向和垂直于流动方向上性能有差异，收缩也就不一样，沿流动方向收缩大，强度高；垂直流动方向收缩小，强度低。同时，由于塑料件各部位添加剂分布不均匀，密度不均匀，所以收缩也不均匀，这些收缩的不均匀性必然造成塑料件翘曲、变形甚至开裂。

此外，塑料件在成型时，由于受到成型压力和剪切应力作用，同时由于各向异性及添加剂分布、密度、模温、固化程度等不均匀性的影响，所以成型后的塑料件内有残余应力存在。脱模后的塑料件由于残余应力趋于平衡，导致塑料件尺寸发生变化，这种由于残余应力变化而引起塑料件的再收缩称为后收缩。有时根据塑料件的性能和工艺要求，塑料件在成型后需进行热处理，热处理后也会引起尺寸变化。由成型后热处理引起的收缩称为后处理收缩。

为了获得合格的塑料件，塑料模具设计时必须考虑塑料的收缩性及收缩的复杂性。

2. 流动性

塑料在一定的温度与压力下充满模具型腔的能力称为流动性。衡量塑料流动性的指标通常用拉西格流动性表示。所谓拉西格流动性是将一定质（重）量的塑料预压成圆锭，放在标准压模（图 2-2）中，在一定的温度和压力条件下，测定塑料自模孔中挤出的长度（单位为 mm），此即拉西格流动性。其值大，流动性好。反之，则流动性差。

不同的塑料，其流动性不同。同一种塑料的流动性与树脂分子量、填料的性质和含量，颗粒的形状与大小，含水量，增塑剂与润滑剂含量等有关。一般来说，树脂分子量小、填料颗粒细且呈球状的、含水、增塑剂、润滑剂高的，流动性大。所以，同一种塑料流动性分为三个等级。

塑料的流动性除了与塑料性质有关外，还与模具结构、表面粗糙度、预热及成型工艺条

件等有关。

塑料流动性对塑料制品的质量、模具设计以及成型工艺影响很大。流动性过大，易造成溢料，塑料件内部容易产生疏松且树脂与填料分别聚集，易粘模，造成脱模、清理困难等。但流动性太小，型腔填充不足，成型困难，选用塑料制品材料时，应根据制品的结构、尺寸及模塑方法选择适当流动性的塑料。塑料制品面积大、嵌件多、型芯及嵌件细弱、有狭窄深槽及薄壁等复杂形状的，应选流动性好的塑料，传递模塑和注射成型应选择流动性好的塑料。模具设计时应根据塑料流动性来考虑分型面和浇注系统及进料方向，如流动性差的，浇注系统截面应增大。选择成型温度等工艺条件也应考虑塑料的流动性。

为了提高塑料流动性。可在塑料中加入增塑剂和润滑剂；可采用适当的模具结构（如不溢式压缩模）；减小型腔表面粗糙度；适当提高成型压力和成型温度等。

3. 比容与压缩率（压缩比）

比容是单位质（重）量塑料所占的体积；压缩率是塑料的体积与塑料制品体积之比，其值恒大于1。

比容和压缩率都表示了各种塑料的松散程度，它们都可以作为确定加料腔大小的依据。比容和压缩率大的，要求加料腔大，而且比容和压缩率大，内部充气多，成型时排气困难，成型周期长，生产率低。比容和压缩率小，情况则相反，对压缩成型有利。但比容和压缩率太小，如以容积法装料则会造成加料量不准确。

各种塑料的比容和压缩率是不同的，同一种塑料，其比容和压缩率与塑料形状、颗粒度及均匀性有关。

4. 水分和挥发物的含量

塑料中的水分和挥发物来自两方面：一是塑料生产过程遗留下来及成型之前在运输、保管期间吸收的；二是成型过程中化学反应产生的副产物。如果塑料中的水分和挥发物过多又处理不及时，则会产生如下问题：流动性大，易产生溢料，成型周期长，收缩率大，塑料件易产生气泡、组织疏松、变形翘曲、波纹等弊病。不仅如此，有的气体对模具有腐蚀作用，对人体有刺激作用。因此，必须采取相应措施，消除或抵消其有害作用。对于水分和挥发物的第一种来源，必要时可在成型前进行预热干燥；而对后者，包括预热干燥时未除去的部分，应

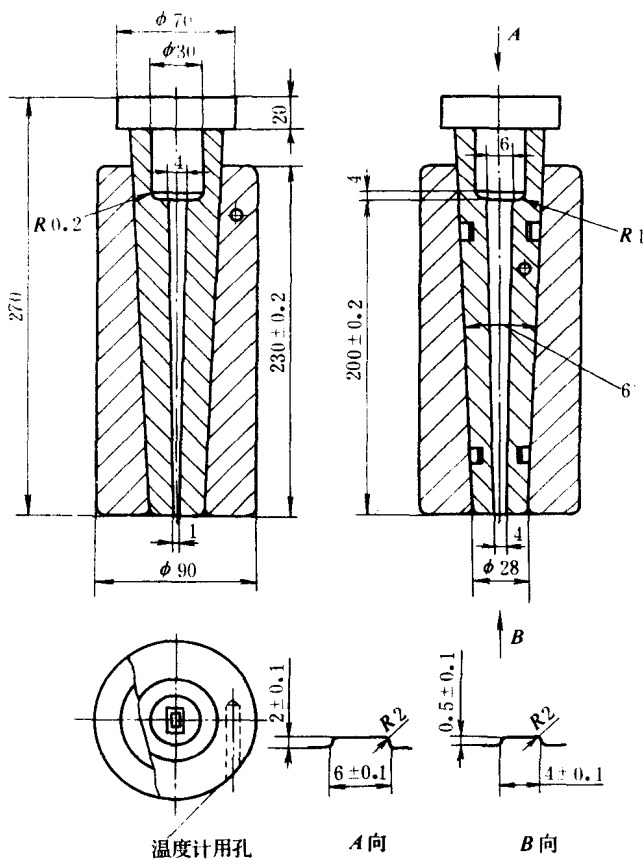


图 2-2 拉西格流动性测定用压模

在成型过程中设法去除，如在模具中开排气槽或压制操作时设排气工步等。模具表面镀铬是防止腐蚀的有效方法。

当然，塑料过于干燥会导致流动性不良，成型困难，所以不同塑料应按要求进行预热干燥，控制水分的含量。

5. 固化特性

在热固性塑料的成型过程中，树脂发生交联反应，分子结构由线型变为体型，塑料由既可溶又可溶变为既不溶又不溶的状态，在成型工艺中把这一过程称为固化（熟化）。

固化速度与塑料种类、制品形状、壁厚、是否预热、成型温度等因素有关。采用预压的锭料，预热，提高成型温度，增长加压时间，都能加快固化速度，但固化速度必须与成型方法和制品大小及复杂程度相适应。对于注射成型，要求在塑化、充模阶段化学反应要慢，而在充满型腔后则应加快固化速度。结构复杂的制品，固化速度过快，则难以成型。

聚合物产生交联反应的内在原因是高分子的分子链中带有反应基团（如羟甲基等）或反应活点（如不饱和键等）。在一定的温度、压力等成型条件下，这些分子通过自带的反应基团的作用或自带的反应活点与交联剂（又称固化剂，是后加的）作用而交联在一起，从而形成了体型高聚物。实践证明，这种交联反应是很难完全的。如何根据各种热固性塑料的交联特性，通过控制成型工艺条件，达到所需的固化速度和交联程度是热固性塑料模塑成型中的重要问题。

三、热塑性塑料的工艺性能

1. 收缩性

影响热塑性塑料的收缩因素与热固性塑料的基本相同。

2. 塑料状态与加工性

热塑性塑料在恒定压力下，随着加工温度的变化，存在三种状态，如图 2-3 所示。

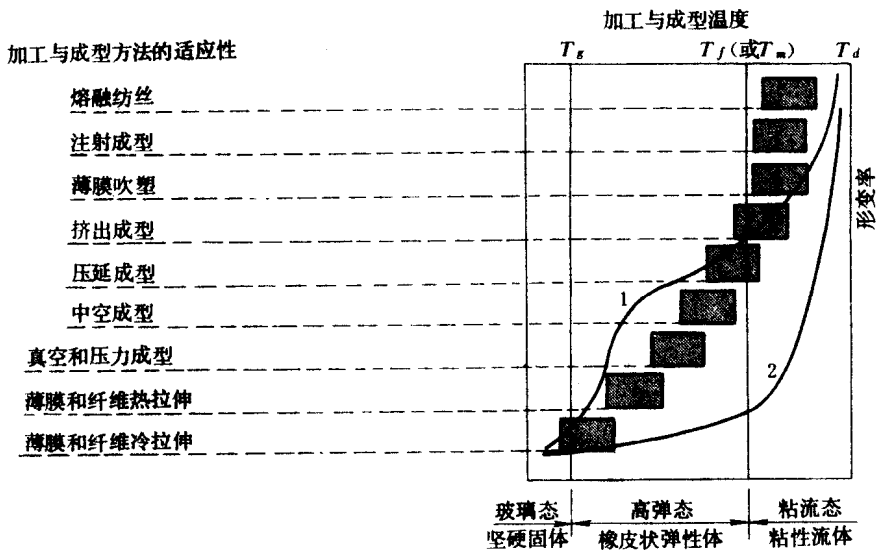


图 2-3 线型聚合物的聚集态与成型加工的关系

1—非结晶型树脂 2—结晶型树脂 T_g —玻璃化温度 T_f —非结晶型塑料粘流温度 T_m —结晶型塑料熔点 T_d —热分解温度