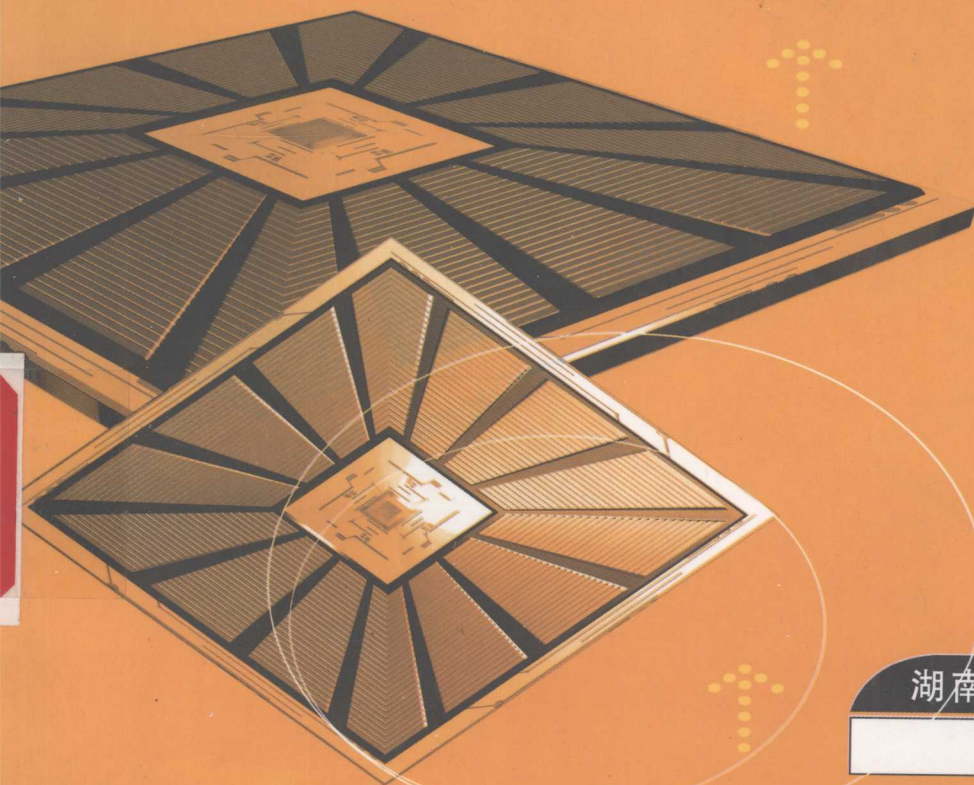


塑料制品 成型及模具设计

叶久新 王群 / 主编

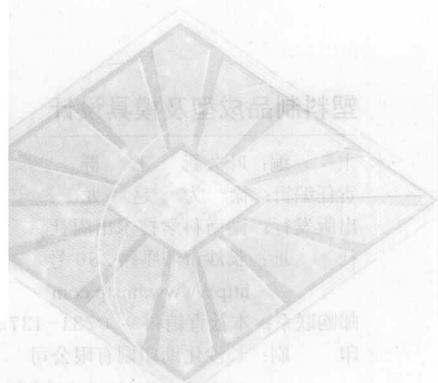


湖南科学技术出版社



塑料制品 成型及模具设计

叶久新 王 群 / 主编
蔡德文 / 主审



湖南科学技术出版社



塑料制品成型及模具设计

主 编：叶久新 王 群

责任编辑：徐 为 赵 龙

出版发行：湖南科学技术出版社

社 址：长沙市湘雅路280号

<http://www.hnstp.com>

邮购联系：本社直销科 0731-4375808

印 刷：长沙化勘印刷有限公司

(印装质量问题请直接与工厂联系)

厂 址：长沙市青园路4号

邮 编：410004

出版日期：2004年7月第1版第1次

开 本：787mm×1092mm 1/16

印 张：16.25

字 数：371000

书 号：ISBN7-5357-4012-X/TH·79

定 价：27.00元

(版权所有·翻印必究)

前 言

模具工业是国民经济的基础工业,被称为“工业之母”。而塑料模具又是整个模具行业中的一枝独秀,发展极为迅速。为了适应社会发展的需要,近年来各级学校纷纷创办了模具专业或相关的材料成型与控制专业,并将“塑料成型工艺及模具设计”作为主要的必修课程。为此,作者凭着10多年模具方面的教学经验以及长期指导学生下厂实习的学习心得和体会,主编了《塑料制品成型及模具设计》这本书。本书可作大学的“材料成型与控制”专业以及高职、高专的“模具设计与制造”专业的教材,还适宜选作中等专业学校及技术培训教材,也可供从事模具设计与制造的技术人员参考。

全书分为绪论和9章共10个部分。第1~第2章介绍塑料成型的理论基础知识和塑料制品的设计原则;第3~第4章详细讲述注射成型工艺、注射模具结构及注射模具的设计;第5~第8章扼要介绍了其他主要的塑料成型工艺及模具的设计要点。为了便于教学,在每章的后面附有复习与思考内容。并附有“注射模具课程设计指导书”,以供参考。本书的重点放在目前我国广泛应用的热塑性塑料注射成型及模具上面,除此之外,还对近年来不断发展的注射成型新技术列在第9章中作了简介,以助读者了解国内外先进的注射技术及发展动向。鉴于目前各学校有关模具专业都分别开设了“模具CAD辅助设计”和“模具制造工艺学”等课程,且都配有相应的教材,故在本书中未涉及这些内容。

本书的特点是:内容丰富、知识面广、图幅多且都配有文字解说,简明易懂,有助读者加深理解和自学。

本书由湖南大学塑料模具研究所所长叶久新教授主编,由王群老师完成CAD绘图,由中国模具工业协会院校教育委员会理事、长沙理工大学蔡德文教授主审。

参与本书编写工作的有:中南大学陈明安,湖南大学陈宪宏,湖南工业职业技术学院李和平和曾霞文,广东机电职业技术学院周理,湖南化工职业技术学院管文华,长沙大学夏卿坤和李国锋,湖南科技职业学院袁国平,重庆工业职业技术学院刘峥,湖南大学衡阳分校钱书琨和张蓉,长沙航空职业技术学院刘矿陵,湖南科技大学庞佑霞等。此外在编写过程中,还得到了浙江余姚市中美合资宁波美灵塑模有限公司王仲定和梁广成、长沙宝峰模具有限公司封永忠、长沙利达实业有限公司肖谦学等同仁的大力支持和帮助,他们对本书的内容及编排方式提出了许多宝贵的意见和建议。在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中错误之处在所难免,恳请读者指正。

本书配有多媒体光盘,需要者,请直接与湖南大学材料学院王群老师联系, wangqun72@163.com。

编者

2004年4月

目 录

前言

绪论	(1)
----	-----

1. 塑料模具的意义	(1)
2. 塑料成型方法简介	(1)
3. 塑料成型工艺及模具技术的发展	(2)
4. 学习本课程的目的、要求和方法	(3)

第1章 塑料材料及成型工艺性能	(4)
-----------------	-----

1.1 塑料材料	(4)
1.1.1 塑料的概念	(4)
1.1.2 塑料的组成	(4)
1.1.3 塑料的分类	(5)
1.1.4 塑料的性能与用途	(6)
1.1.5 塑料的可加工性	(7)
1.2 塑料的流变性	(9)
1.2.1 牛顿型流体	(9)
1.2.2 非牛顿型流体	(10)
1.2.3 影响黏度的因素	(11)
1.3 塑料成型工艺性能	(11)
1.3.1 流动性	(11)
1.3.2 收缩性	(12)
1.3.3 结晶性	(14)
1.3.4 热敏性及吸湿性	(14)
1.3.5 聚合物降解	(15)
1.3.6 聚合物的定向	(15)
1.3.7 压缩比与比容	(15)
1.3.8 固化特性	(15)
复习与思考	(16)

第2章 塑料制品设计	(17)
------------	------

2.1 塑料制品的工艺性	(17)
2.1.1 制品的尺寸和精度	(17)
2.1.2 制品的表面质量	(18)
2.2 塑料制品结构设计及典型实例	(19)
2.2.1 制品的几何形状	(19)

2.2.2 螺纹和齿轮的设计	(29)
2.2.3 嵌件的设计	(30)
2.2.4 合页的设计	(30)
2.2.5 文字、符号及凹凸纹设计	(30)
复习与思考.....	(31)
第3章 塑料注射成型工艺及模具结构	(32)
3.1 塑料注射成型工艺	(32)
3.1.1 注射成型原理及特点	(32)
3.1.2 注射成型设备	(33)
3.1.3 注射成型工艺过程	(33)
3.1.4 注射成型工艺条件	(35)
3.2 注射模具的应用特点和要求	(37)
3.2.1 注射模具的应用特点	(37)
3.2.2 对注射模的要求	(37)
3.3 注射模的结构组成	(37)
3.4 注射模的分类	(38)
3.4.1 单分型面注射模	(38)
3.4.2 双分型面注射模	(39)
3.4.3 带活动镶件的注射模	(42)
3.4.4 带有侧向抽芯的注射模	(42)
3.4.5 自动脱螺纹的注射模	(43)
3.4.6 推出机构设在定模一侧的注射模	(43)
3.4.7 无流道凝料注射模	(43)
3.5 注射模与注射机的关系	(44)
3.5.1 注射机的技术规范	(44)
3.5.2 注射机的选用	(45)
3.5.3 注射压力的校核	(46)
3.5.4 锁模力的校核	(46)
3.5.5 开模行程与推出机构的校核	(47)
3.5.6 安装部分相关尺寸的校核	(48)
复习与思考.....	(50)
第4章 塑料注射模具设计.....	(51)
4.1 分型面的选择	(51)
4.1.1 分型面的形式	(51)
4.1.2 分型面的选择原则	(52)
4.2 型腔数目的确定与排列形式	(54)
4.2.1 型腔数目的确定	(54)
4.2.2 多型腔的排列	(55)
4.3 浇注系统的设计	(55)
4.3.1 普通浇注系统的设计	(56)
4.3.2 无流道浇注系统设计	(68)
4.4 排气系统设计	(73)
4.5 成型零件结构设计	(73)

4.5.1 凹模的结构设计	(74)
4.5.2 凸模的结构设计	(75)
4.5.3 成型零件工作尺寸计算	(77)
4.5.4 型腔壁厚和底板厚度计算	(84)
4.6 导向机构的设计	(86)
4.7 脱模机构的设计	(89)
4.7.1 脱模机构的分类	(89)
4.7.2 脱模机构的设计原则	(90)
4.7.3 脱模力计算	(90)
4.7.4 简单脱模机构(一次脱模机构)	(91)
4.7.5 二次脱模机构	(99)
4.7.6 双脱模机构	(104)
4.7.7 顺序脱模机构	(105)
4.7.8 浇注系统凝料的脱出机构	(105)
4.7.9 带螺纹塑件的脱模机构	(109)
4.8 侧向分型与抽芯机构	(114)
4.8.1 侧向抽芯机构的分类及特点	(115)
4.8.2 抽拔力和抽芯距的计算	(115)
4.8.3 斜导柱侧抽芯机构	(117)
4.8.4 弯销侧抽芯机构	(127)
4.8.5 斜导槽侧抽芯机构	(129)
4.8.6 斜滑块侧抽芯机构	(130)
4.8.7 液压或气动侧抽芯机构	(133)
4.8.8 其他侧抽芯机构	(134)
4.9 注射模温度调节系统设计	(137)
4.9.1 冷却系统设计	(137)
4.9.2 加热系统设计	(147)
4.10 模体(模架)设计	(150)
4.10.1 模体概述	(150)
4.10.2 国内外标准模架简介	(150)
4.10.3 固定板与支承板	(151)
4.10.4 支承件	(152)
4.11 注射模具课程设计指导书	(153)
4.11.1 设计前提	(153)
4.11.2 设计目的	(153)
4.11.3 设计内容及基本要求	(153)
4.11.4 设计程序(分8个步骤)	(153)
复习与思考	(156)
第5章 塑料压缩成型工艺及模具设计	(157)
5.1 压缩成型工艺	(157)
5.1.1 压缩成型原理及特点	(157)
5.1.2 压缩成型设备	(157)
5.1.3 压缩成型工艺过程	(158)

5.1.4 压缩成型工艺条件	(159)
5.2 压缩模结构及分类	(160)
5.2.1 按模具在压机上的连接方式分类	(161)
5.2.2 按模具分型面形式分类	(161)
5.2.3 按压缩模加料室的形式分类	(161)
5.3 压缩模选用原则	(163)
5.4 压缩模与压力机的配合关系	(163)
5.5 压缩模设计要点	(164)
5.5.1 塑件在模具内加压方向的选择	(164)
5.5.2 凸凹模的配合形式及有关尺寸确定	(166)
5.5.3 凹模加料室高度尺寸计算	(170)
5.5.4 压缩模设计实例	(172)
复习与思考	(175)
第6章 塑料传递成型工艺及模具设计	(176)
6.1 传递成型工艺	(176)
6.1.1 传递成型原理及特点	(176)
6.1.2 传递成型工艺过程	(176)
6.1.3 传递成型工艺条件	(177)
6.2 传递模的结构组成	(177)
6.3 传递模的分类	(177)
6.3.1 普通压机用传递模	(177)
6.3.2 专用压机用固定式传递模	(179)
6.4 传递模设计要点	(179)
6.4.1 加料室结构及其尺寸计算	(180)
6.4.2 压料柱设计	(182)
6.4.3 加料室与压料柱的配合	(184)
6.4.4 浇注系统的设计	(185)
6.5 传递模设计实例	(188)
6.5.1 酚醛托架传递模(图6-13)	(188)
6.5.2 酚醛圆形仪表盖传递模(图6-14)	(188)
6.5.3 酚醛仪表齿轮传递模(图6-15)	(188)
复习与思考	(190)
第7章 塑料挤出成型工艺及模具设计	(191)
7.1 挤出成型工艺	(191)
7.1.1 挤出成型原理及特点	(191)
7.1.2 挤出成型工艺过程	(191)
7.1.3 挤出成型工艺参数	(192)
7.2 挤出成型模具设计要点	(193)
7.2.1 挤出机头的作用及分类	(193)
7.2.2 挤出机头的结构组成	(194)
7.2.3 挤出机头的设计原则	(196)
7.2.4 机头与挤出机的关系	(196)

7.2.5 挤管机头设计要点	(199)
复习与思考	(205)
第8章 塑料中空成型工艺及模具设计	(206)
8.1 中空吹塑成型工艺及模具设计	(206)
8.1.1 中空吹塑成型工艺的分类及特点	(206)
8.1.2 吹塑模具结构	(209)
8.2 真空吸塑成型工艺及模具设计	(211)
8.2.1 真空吸塑成型工艺	(211)
8.2.2 真空吸塑成型模具结构形式	(212)
8.3 压缩空气成型工艺及模具设计	(212)
8.3.1 压缩空气成型工艺	(212)
8.3.2 压缩空气成型模具结构及成型过程	(213)
8.4 中空成型模具设计实例	(213)
复习与思考	(215)
第9章 塑料注射成型新技术简介	(216)
9.1 大型注射成型	(216)
9.1.1 大型塑料模具的界定	(216)
9.1.2 大型注射模具设计要点	(216)
9.1.3 大型注射模具结构设计实例	(217)
9.2 精密注射成型	(217)
9.2.1 精密注射成型的概念	(217)
9.2.2 精密注射成型用塑料	(217)
9.2.3 精密注射成型工艺特点	(217)
9.2.4 精密注射成型对注射机的要求	(218)
9.2.5 精密注射模设计要点	(218)
9.3 热固性塑料注射成型	(219)
9.3.1 热固性塑料注射成型特点	(219)
9.3.2 热固性塑料注射模的设计要点	(220)
9.4 热固性塑料冷流道注射成型	(220)
9.4.1 完全冷流道式	(221)
9.4.2 部分冷流道式	(221)
9.5 热固性塑料注压成型	(221)
9.6 共注射成型	(223)
9.6.1 双色注射成型	(223)
9.6.2 双层注射成型	(224)
9.7 叠层式注射成型	(225)
9.8 气体辅助注射成型(空气注射成型)	(226)
9.9 简易注射成型	(227)
9.10 可熔型芯注射成型	(227)
附录A 常用塑料和树脂缩写代号(摘录)	(230)
附录B 常用塑料的性能与用途	(231)
附录C 常用热塑性塑料的主要技术指标	(233)

附录 D 常用热塑性塑料注射成型的工艺参数	(237)
附录 E 部分国产注射成型机的型号及技术参数	(240)
附录 F 部分国产 SZ 系列塑料注射机主要技术参数	(242)
附录 G 常用液压机的主要技术参数	(244)
附录 H 模塑件尺寸公差表 (GB/T14486 - 1993)	(246)
附录 I 我国注射模标准目录	(248)
附录 J 内地与台湾地区模具零件称谓对照表	(249)
附录 K 模具价格简易计算方法	(249)
参考文献	(250)

绪 论

1. 塑料模具的意义

1.1 塑料工业在国民经济中的地位

塑料工业是当今世界上增长最快的工业门类之一。自从 1927 年聚氯乙烯塑料问世以来,随着高分子化学技术的发展以及高分子合成技术、材料改性技术的进步,愈来愈多的具有优异性能的高分子材料不断涌现,从而促使塑料工业飞跃发展。

新型塑料品种的增加以及塑料成型技术的发展,为塑件的应用开拓了广阔的领域。目前,塑料制品已深入到国民经济的各个部门中。特别是在办公用品、照相器材、汽车、仪器仪表、机械、航空、交通、通信、轻工、建材产品、日用品以及家用电器行业中的零件塑料化的趋势不断加强,并且陆续出现以塑代金属的全塑产品。据报道,美国已是世界上的最大塑料生产国,每年的塑料消耗量已经超过钢材。就全世界而言,按照体积和质量计算,塑料的消耗量也超过了钢材。我国自改革开放以来,塑料工业发展也很快,表现在不仅塑料产量增加而且其品种更为增多,其产量已上升到居世界第四位。由此可见,塑料工业已在我国国民经济的各个部门中发挥了愈来愈大的作用。

1.2 塑料模具在塑料工业中的重要性

塑料模具是当今工业生产中利用特定的形状,通过一定的方式来成型塑料制品的工艺装备或工具,它属于型腔模的范畴。通常情况下,塑件质量的优劣及生产效率的高低,其模具的因素约占 80%。然而模具的质量好坏又直接与模具的设计与制造有很大关系。随着国民经济领域的各个部门对塑件的品种和产量需求愈来愈大、产品更新换代周期愈来愈短、用户对塑件的质量要求愈来愈高,因而对模具设计与制造的周期和质量提出了更高的要求,这就促使塑料模具设计和制造技术不断向前发展,从而也推动了塑料工业以及机械加工工业的高速发展。可以说,模具技术,特别是设计与制造大型、精密、长寿命的模具技术,便成为衡量一个国家机械制造水平的重要标志。

2. 塑料成型方法简介

塑料工业包括塑料原材料(含树脂和半制品)生产和塑料制品(也称塑件)生产两个体系。没有塑料原材料生产也就没有塑料制品生产。反之,没有塑料制品的生产,塑料也不会成为生产、生活资料。两者是相辅相成的。

然而,塑料制品生产是一个既复杂而又繁重的过程,其生产系统主要由成型、机械加工、修饰及装配四个连续过程组成的。其中,成型是将各种形态的塑料(粉、粒、溶液或分散体)制成所需形状的制品或毛坯的过程。它是这四个过程中的首位,也是一切塑料制品或

型材生产的必经过程。成型的方法很多，主要有各种模塑成型及层压成型、压延成型等，见方框图 1-1。

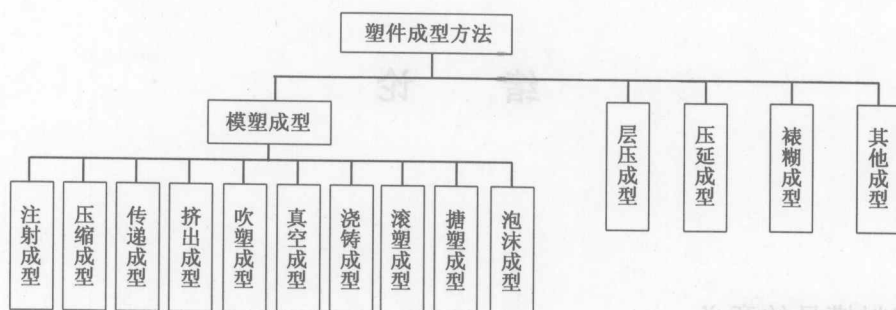


图 1-1 塑件成型方法

3. 塑料成型工艺及模具技术的发展

近年来，随着科学技术的进步以及对塑件质量要求的提高，塑料模塑成型技术正向高精度、高效率、自动化、大型、微型、精密、高寿命的方向发展。具体表现在以下几个方面。

3.1 塑料成型理论研究的进展

对塑料充模过程中的流变行为研究不断深入；对注射成型的流变理论有了更进一步探讨；对挤出成型已初步建立起数学模型。

3.2 新的成型方法不断涌现

在实验、研究的基础上，热流道浇注系统实际应用更为广泛；热固性塑料注射成型技术更为完善；气体辅助注射成型及双色共注成型技术获得实际应用。

3.3 塑件更趋向精密化、微型化及超大型化

据资料介绍，德国已研制出注射量只有 0.1g 的微型注射机，用于生产 0.05g 的塑件；我国也研制出 0.5g 的注射机，用于生产 0.1g 左右的手表轴塑件；另外，法国已拥有注射量为 170kg 的超大型注射机，其合模力为 150MN；目前我国也研制出注射量达 3.5 万 cm^3 、合模力为 80MN 的特大型注射机。

3.4 开发出新型模具材料

如采用粉末冶金及喷射成型工艺制作出硬质合金、陶瓷材料及复合材料。

3.5 模具表面强化热处理新技术应用

近年来，我国研制的 PMS 镜面塑料模具钢以及美国的 P21 和日本的 NAK55 钢，就是在低级材料（中碳钢、低碳钢）中加入 Ni、Cr、Al、Cu、Ti 等合金元素后，经过毛坯淬火与回火处理，使其硬度 $\leq 30\text{HRC}$ ，然后加工成型，再进行时效处理，使模具硬度上升到 40~50HRC，大大提高了模具的使用寿命。

3.6 模具 CAD/CAM/CAE 技术发展迅速

据作者考察，我国许多大型国有企业及沿海地区的模具民营企业，都纷纷采用了计算机辅助设计、模拟分析及利用 CAD 产生的几何模型，自动给加工机床提供 NC 加工程序。

3.7 模具大量采用标准化

模具的标准化对于提高模具的质量、缩短制模周期、降低生产成本表现出极大的优越性，我国近几年在模具发达的地区相继开设了许多模具标准件企业，对我国模具行业的发展

起到了积极的推动作用。

4. 学习本课程的目的、要求和方法

4.1 目的

编写本书的目的是向读者阐明塑料成型工艺的基本原理和模具设计方法以及两者之间的关系，使之具有分析、制定塑料成型工艺和设计塑料成型模具的能力。

4.2 要求

学完本课程的全部内容后，①要求读者具有塑料成型理论方面的基本知识，掌握塑料成型工艺的基本原理，能够判断成型工艺的合理性及其对模具的要求，具有制定塑料成型工艺的能力。②要求掌握有关模具设计的理论和方法，熟悉各种模具的结构及特点，具有对中等复杂程度的模具进行设计的能力。③要求熟悉有关设备（如注射机、压力机等）的结构特点、型号分类及主要工艺参数，并能正确地选用设备型号。④能够熟练地使用有关设计手册、标准、规范和参考资料。⑤了解当今塑料成型加工生产及模具的发展趋势，同时具有进一步研究、开发模具技术的能力。

4.3 学习方法

《塑料制品成型及模具设计》是一项专业性、实践性很强的技术，它的主要内容都是在生产实践中逐步积累和丰富起来的。因此，要学好该项技术，除了重视书本知识外，更重要的还应理论联系实际，多去模具生产单位（模具公司或工厂）参观和学习，同时在条件允许的情况下，多参加现场的塑料成型及模具加工的操作。总之一句话：读书心存远志，实践悟出真知。

第1章 塑料材料及成型工艺性能

1.1 塑料材料

1.1.1 塑料的概念

塑料是以高分子聚合物为主要成分，加入一定量添加剂而组成的一种混合物。但由于这些添加成分所占的比例较小，所以塑料的主要性能取决于聚合物的性能。

塑料在常温下为柔韧的固体，但在加热、加压下有一段软化过程，则具有可塑性，有优良的成型和加工性能，可用不同的成型方法将塑料制成任何形状的制品。此外，由于塑料的巨大相对分子质量，所以分子之间彼此具有很大的作用力，分子之间的长链会蜷曲缠绕在一起，既可相互吸引也可互相排斥，故使得塑料具有弹性。

1.1.2 塑料的组成

塑料的主要成分是高分子聚合物，其他添加成分根据需要有如下种类：

1. 合成树脂

树脂即高聚物，在塑料中的作用有两个：其一是决定塑料的类型和基本性能（如热性能、物理性能、化学性能、力学性能等）；其二是起黏结作用，联系或胶黏其他成分，并使塑料具有可塑性和流动性，从而具有成型性能。

树脂有天然树脂与合成树脂。天然树脂来自植物与动物分泌物的有机物，如松香、虫胶、沥青等，产量有限且性能也不好。目前通常使用由人工制取的合成树脂，如聚乙烯、聚氯乙烯、酚醛树脂等。其含量为40%~100%。

常用塑料及树脂的缩写代号见附录A。

2. 填充剂

为了降低塑料成本或者为了改进塑料的性能（如硬度、刚度、电绝缘性等），往往在合成树脂中掺入一些廉价的填料。例如在酚醛树脂中加入木屑等填料，可以获得机械强度高的电胶木；加入云母、石英或石棉可以提高塑料的耐热性和绝缘性。常用的填充剂的形态有粉状、纤维状和片状三种。粉状的如木粉、石棉粉、滑石粉、陶土、云母粉及石墨粉等。纤维状的有石棉、玻璃纤维等。片状的通常有纸、棉布、玻璃布等。填充剂的常用量为塑料的40%以下。

3. 增塑剂

对于某些塑料（如氯乙烯、醋酸纤维、硝酸纤维等），为了提高其可塑性、流动性和柔

软性,降低其刚度和脆性并提高易加工性能,通常加入一些能与树脂相熔的不易挥发的高沸点有机化合物,即称为增塑剂。对增塑剂的要求是:与树脂互溶性好、化学稳定性好、挥发性小、无毒、无色、无味、不吸潮、价廉等。常用的增塑剂有樟脑或邻苯二甲酸二丁酯。但是增塑剂加入后也会降低塑料的硬度和抗拉强度,有时还会造成塑料的老化,所以在塑料中通常应少加或不加。惟有软质聚氯乙烯才含大量的增塑剂,其含量可高达 60% 或更多,聚氯乙烯糊含增塑剂在 80% 以上。

4. 稳定剂

塑料在受热及紫外线、氧气的作用下会逐渐分解、变质(即老化或降解),为减缓或阻止这种老化现象,通常在塑料中加入某种稳定剂。根据稳定剂所发挥的作用,它可分为以下三种:

(1) 热稳定剂:它的作用是抑制或防止树脂在加工过程中受热而降解。稳定剂的种类很多,常用的有:三盐基性硫酸铅、有机锡类、金属皂类、无毒液体稳定剂等。使用稳定剂的塑料主要是聚氯乙烯。

(2) 光稳定剂:其作用是阻止树脂在阳光作用下引起降解而变色并降低力学性能。常加入光稳定剂的塑料有聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯等。光稳定剂的种类较多,主要有紫外线吸收剂和光屏蔽剂。前者有羟基二苯酮类,后者是某些颜料,如炭黑、氧化锌、氧化钛和絮凝状的金属等。

(3) 抗氧化剂:许多树脂如聚烯烃类、聚苯乙烯、聚甲醛、ABS 等,在加工、储运和使用过程中易发生氧化而导致降解。所以通常在这些塑料中加入某些抗氧化剂如酚类、胺类有机物。稳定剂的用量一般为塑料的 0.3%~0.5%。

5. 润滑剂

其目的是对塑料的表面起润滑作用,防止塑料在成型加工时黏模。同时还可以改进塑料熔体的流动性,提高塑料制品表面光洁度。常用润滑剂的塑料有聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚酰胺、ABS 等。常用的润滑剂有硬脂酸及其盐类、石蜡等。使用量为塑料的 0.5%~1.0%。

6. 着色剂

一般合成树脂为白色半透明或无色透明状。为了增加制品的美观性常在塑料中添加着色剂。常用着色剂有以下三类:

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

有机颜料:如联苯胺黄、酞青蓝、酞青绿等,在塑料制品生产中应用广泛。

染料:它的性能刚好与前述无机颜料相反,常用的有分散红、士林黄、士林蓝等。

除了一般的色料外,若要使塑件具有特殊的光学性能,还可在其中添加珠光色料、磷光色料、荧光色料及金属絮片等。

塑料的添加剂除了上述几种常用的以外,根据塑料品种及使用要求,还可选择性地加入如发泡剂、阻燃剂、固化剂、防静电剂、导电剂和导磁剂等添加剂。

1.1.3 塑料的分类

塑料种类很多,大约有 300 多种,常用塑料为几十种。其分类方法很多,通常有以下两种分类方法:

1. 按塑料中树脂的分子结构和受热后呈现的基本行为分

(1) 热塑性塑料：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，是以聚合反应得到的树脂为基础制得的。它在加热时软化并熔融，不产生化学交联反应，成为可流动的黏稠液体（即熔体），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。如再次加热，又可软化熔融，可再次成型。生产中的边角料及废品可以回收。

属于这种热塑性的常用塑料有：聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、ABS、聚酰胺、聚甲醛、聚碳酸酯、有机玻璃、聚砜、氟塑料等。

(2) 热固性塑料：这类塑料在受热之初分子呈线型结构，故具有可塑性和可溶性，可塑制成一定形状的塑件。但在继续受热后这些链状或树枝状分子逐渐结合成网状结构（即交联），当温度达到一定值后，交联反应进一步发展，分子最终变为体型结构，树脂既不溶解也不熔化，塑件形状固定下来不再改变，这一过程称为固化。如再加热，塑料也不再软化，更不具有可塑性。生产中的边角料及废品不可回收利用。

属于该类型的常用塑料有：酚醛塑料、环氧塑料、氨基塑料、有机硅塑料、不饱和聚酯、硅酮塑料等。

2. 按塑料的性能及用途分

(1) 通用塑料：指产量大、用途广且价廉的塑料。全世界公认的有六大品种：聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、酚醛塑料和氨基塑料。它们的总产量占全世界塑料总量的80%左右。

(2) 工程塑料：这类塑料在工程技术中常作为结构材料来使用，它们的力学性能、耐磨性、耐腐蚀性及尺寸稳定性均较高，尤其具有某些金属特性，因而被逐步用来代替金属制作某些机械零部件。目前用得较多的工程塑料有聚酰胺、聚碳酸酯、聚甲醛、ABS、聚砜、聚苯醚、氯化聚醚、聚四氟乙烯等。

(3) 特殊功能塑料：这是一类具有特殊性能的塑料。如用于医药、光敏及液晶方面的氟塑料、聚酰亚胺塑料、有机硅树脂、环氧树脂、导电塑料、导磁塑料、导热塑料以及其他某些专门用途而改性得到的塑料。

1.1.4 塑料的性能与用途

和其他材料相比，塑料具有许多优点：

(1) 密度小、质量轻：塑料密度一般在 $0.8 \sim 2.2 \text{g/cm}^3$ 之间，只有钢的 $1/5$ 、铝的 $1/2$ ，更有些塑料比水还轻。泡沫塑料的密度更小，一般小于 0.1g/cm^3 。由于其密度小，对于力求减轻自重的机械设备如车辆、船舶、飞机、宇宙航天而言具有重要的意义。

(2) 比强度和比刚度高：虽然塑料的绝对强度不如金属高，但因其密度小，所以比强度（ b/ρ ）、比刚度（ E/ρ ）相当高。尤其是以各种高强度纤维状、片状及粉状的金属或非金属增强的塑料，其比强度和比刚度比一般钢材要高出2倍左右。由于这一特性，故在某些场合（如空间技术领域）更具有重要的意义。如碳纤维和硼纤维增强的塑料代替铝合金和钛合金用于制造飞机、人造卫星、火箭及导弹上的零部件。

(3) 化学稳定性好：绝大多数塑料都具有良好的耐酸、碱、盐、水和气体的性能，并在一般条件下不与其他物质发生化学反应。因此，塑料在化工设备及其防腐设备中广泛应用。最常见的硬质聚氯乙烯管道与容器被广泛用于防腐领域及建筑进水、排水工程中。

(4) 电气性能优良：几乎所有的塑料都具有优越的电气绝缘性能和极低的介质损耗性能，可与陶瓷和橡胶媲美。因此被广泛地用于电力、电机和电子工业中做绝缘材料和结构零件，如电线电缆、旋钮插座、电器外壳等。

(5) 减摩、耐磨和自润滑性好：大多数塑料的摩擦系数都很小、耐磨性好且有良好的自润滑性能，加上比强度高，传动噪声小，所以可以制成齿轮、凸轮和滑轮等机器零件。例如纺织机中的许多铸铁齿轮已被塑料齿轮取代。

(6) 成型和着色性能好：塑料在一定的条件下具有良好的可塑性，这为其成型加工创造了有利的条件。

塑料的着色比较容易，而且着色范围广，可根据需要染成各种颜色。此外，有些塑料如有机玻璃、聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚酯等有良好的光学透明性。

(7) 多种防护性能：除防腐外，塑料还具有防水、防潮、防透气、防振、防辐射等多种防护性能。尤其经改性后，优点更多，应用更为广泛。

塑料虽然优点多，但与金属材料相比，也还有一些不足之处。例如，耐热性比金属材料差，一般塑料仅能在 100°C 以下使用，只有少数工程塑料可在 200°C 左右使用；塑料的热膨胀系数要比金属大 $3\sim 10$ 倍，容易受温度变化而影响尺寸稳定性；在载荷作用下，塑料会缓慢地产生黏性流动或变形，即蠕变现象；此外，塑料在大气、阳光、长期压力或某些介质作用下会发生老化，使性能变坏等。这些不足使塑料在某些领域的应用受到限制。但是，随着新品种塑料的问世以及各种塑料复合材料的不断出现，必将克服上述的不足。

常用塑料的性能与用途见附录 B。

1.1.5 塑料的可加工性

在自然界对于一般低分子化合物而言，在常温下其聚集状态可呈三态，即气态、液态和固态。然而，对于非晶型线型高聚物（塑料）而言，由于其分子量巨大且分子结构的连续性，所以它们的聚集状态是在不同的热力条件下，以独特的三种形态存在。

1.1.5.1 热塑性塑料的温度、力学状态及成型加工的关系

(1) 玻璃态：如图 1-2 所示，当 $T < T_g$ 时，高聚物所有的分子链间的运动和链段的运动都被“冻结”，分子所具有的能量小于链段转动所需要的能量，且分子内聚力大，弹性模量高（一般可达 $10^{10}\sim 10^{11}\text{ Pa}$ ），整个物质表现为非结晶相的固体，像玻璃那样，即称为玻璃态。处于此状态的塑料，在外力作用下，只能通过高分子主链键长、键角的微小改变发生变形，故变形很小，断裂伸长率一般在 $0.01\%\sim 0.1\%$ 范围内。同时在极限应力范围内形变具有可逆性，当外力除去后立即恢复原状。

上述力学特点决定了在玻璃态下聚合物不能进行大变形的成型，只适于进行机械加工，如车削、铣削、制孔、切螺纹等。所以 T_g 是大多数塑料成型加工的最低温度，也是合理选用塑料的重要参数。

如果将温度降低到 T_g 以下某一温度 T_x 时，连分子振动均被冻结，材料的韧性会显著降低，在受到外力作用时极易脆断，故将 T_x 称为脆化温度。它是所有塑料性能的终止点，即塑料使用的下限温度。

(2) 高弹态：当塑料受热温度超过 T_g 时，由于分子动能逐渐增加，链段开始运动，此时在外力作用下会产生变形，当除去外力后又会缓慢地回复原状，类似橡胶状态的弹性体，即称为高弹态。在这种状态下，对于非结晶型塑料可进行压力（压延、冲压、弯曲等）成