



21世纪全国高等教育应用型精品课规划教材

塑料成型与模具设计

suliao chengxing yu muju sheji

■ 主 编 涂序斌 朱三武 李 奇



 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

21 世纪全国高等教育应用型精品课规划教材

塑料成型与模具设计

主 编 涂序斌 朱三武 李 奇
副主编 朱祖武 熊 坚 宛 强
参 编 陈慧珍 刘晓飞

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书共 10 章, 主要论述注射模塑、压缩模塑、挤出模塑以及中空吹塑等塑料模塑工艺过程及工艺条件的确定, 分析各类塑料模具的基本结构及其零部件的设计与计算方法, 介绍了塑料及其特性, 常用塑料的性能及用途, 并增加了多种塑料模具设计实例与设计过程, 增加了塑料模塑生产设备的介绍, 收集了常用塑料模塑工艺与模具设计的参考资料, 为学生及从事塑料模具设计与制造的工程技术人员提供了较好的参考。

本书的内容包括: 概述、塑料、塑料的模塑工艺、塑料模具的基本结构及零部件设计、塑料注射模的设计、塑料压缩模具、挤出成型、气动成型模具、典型塑料模具设计实例、塑料模具的使用寿命与塑料模具的材料、附表。

本书可作为高等院校模具专业教学用书, 也可作为模具设计与制造工程技术人员参考用书。

版权专用 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

塑料成型与模具设计/涂序斌, 朱三武, 李奇主编.

北京: 北京理工大学出版社, 2009. 8

ISBN 978-7-5640-2752-0

I. 塑… II. ①涂…②朱…③李… III. ①塑料成型—工艺②塑料模具—设计 IV. TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 150305 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (办公室) 68944990 (批销中心) 68911084 (读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京嘉业印刷厂

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 28

字 数 / 531 千字

版 次 / 2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 1500 册

定 价 / 46.00 元

责任校对/陈玉梅

责任印制/边心超

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

出版说明

21 世纪是科技全面创新和社会高速发展的时代, 面临这个难得的机遇和挑战, 本着“科教兴国”的基本战略, 我国已着力对高等学校进行了教学改革。为顺应国家对于培养应用型人才的要求, 满足社会对高校毕业生的技能需要, 北京理工大学出版社特邀一批知名专家、学者进行了本系列规划教材的编写, 以期能为广大读者提供良好的学习平台。

本系列规划教材面向机电类相关专业。作者在编写之际, 广泛考察了各校应用型学生的学习实际, 本着“实用、适用、先进”的编写原则和“通俗、精炼、可操作”的编写风格, 以学生就业所需的专业知识和操作技能为着眼点, 力求提高学生的实际运用能力, 使学生更好地适应社会需求。

一、教材定位

-  以就业为导向, 培养学生的实际运用能力, 以达到学以致用目的。
-  以科学性、实用性、通用性为原则, 以使教材符合机电类课程体系设置。
-  以提高学生综合素质为基础, 充分考虑对学生个人能力的提高。
-  以内容为核心, 注重形式的灵活性, 以便学生易于接受。

二、编写原则

-  定位明确。本系列教材所列案例均贴合工作实际, 以满足广大企业对于机电类专业应用型人才实际操作能力的需求, 增强学生在就业过程中的竞争力。
-  注重培养学生职业能力。根据机电类专业实践性要求, 在完成基础课的前提下, 使学生掌握先进的机电类相关操作软件, 培养学生的实际动手能力。

三、丛书特色

-  系统性强。丛书各教材之间联系密切, 符合各个学校的课程体系设置, 为学生构建牢固的知识体系。
-  层次性强。各教材的编写严格按照由浅及深, 循序渐进的原则, 重点、难点突出, 以提高学生的学习效率。

- ✚ 先进性强。吸收最新的研究成果和企业的实际案例，使学生对当前专业发展方向有明确的了解，并提高创新能力。
- ✚ 操作性强。教材重点培养学生的实际操作能力，以使理论来源于实践，并最大限度运用于实践。

北京理工大学出版社

前 言

“塑料成型与模具设计”是机械类专业一门综合性、实用性都很强的专业技术课，尤其是模具设计与制造专业的主干核心专业课程。该课程将塑料、标准化、塑料成型工艺、塑料模具设计等相关知识结合在一起，涉及塑料制品的设计、塑料的选择与使用、模塑工艺、模具设计及塑料制品的质量控制与生产管理等多方面技术问题。

本书根据国家最新标准编写，参考了许多已出版的同类教材，融入编者多年来在企业工作与教学实践中积累的经验，具有以下特点：①紧扣教学大纲要求，注重基础内容，尽量做到少而精，以便于自学；②适用面广，70~120学时均可使用，使用者可以根据需要进行取舍；③理论联系实际，结合实际生产中常用塑料性能对模塑工艺及模具设计等方面的难点问题理清思路，分析透彻；④为了给学生以后进行课程设计、毕业设计提供必要的参考资料和解题方便，本书收入了大量的附表；⑤为了满足学生掌握技能的要求，本书增加了塑料模具设计实例及设计过程，为学生提高操作技能与实际生产中应用能力提供方便；⑥为了方便各种层次学生需要，书中增加了部分主要模塑设备知识内容，并对不同塑料模塑工艺参数进行分析与选用；⑦本书每章都注明了学习重点并附加了习题练习，以锻炼学生的动手能力。

本书知识内容包括概述、塑料、塑料的模塑工艺、塑料模基本结构零部件设计、塑料注射模的设计、塑料压缩模具、挤出成型、气动成型模具、典型塑料模具设计实例、塑料模具的使用寿命与塑料模材料、附表。

本书由涂序斌、朱三武、李奇担任主编。由朱祖武、熊坚、宛强担任副主编。陈慧珍和刘晓飞也参与了编写。全书由涂序斌统稿和定稿。

由于编者的水平所限，书中难免存在错误和不当之处，恳请广大读者批评指正。

编者

目 录

第 1 章 概述	1
第 2 章 塑料	5
2.1 塑料的成分与特性	5
2.2 塑料的分类	11
2.3 塑料的性能	12
2.4 常用塑料的性能及应用	21
2.5 塑料的改性	34
2.6 习题	37
第 3 章 塑料的模塑工艺	38
3.1 注射模塑工艺	38
3.2 压缩模塑工艺	54
3.3 挤出工艺	63
3.4 其他模塑工艺简介	75
3.5 塑料制品的工艺性	80
3.6 塑料模塑工艺规程的制定	103
3.7 习题	108
第 4 章 塑料模基本结构零部件设计	109
4.1 塑料模的分类及基本结构	109
4.2 成型零件的设计	112
4.3 结构零件的设计	136
4.4 加热和冷却装置的设计	143
4.5 习题	150
第 5 章 塑料注射模的设计	151
5.1 概述	151
5.2 模具与注塑机的关系	156
5.3 普通浇注系统的设计	164
5.4 侧向分型与抽芯机构的设计	183

5.5 推出机构的设计	210
5.6 无流道凝料注射模	234
5.7 热固性塑料注射成型模具	244
5.8 气体辅助注射成型	250
5.9 精密注射成型与模具	256
5.10 习题	260
第6章 塑料压缩模具	262
6.1 概述	262
6.2 压缩模与压机的关系	268
6.3 压缩模的设计	276
6.4 习题	294
第7章 挤出成型	295
7.1 挤出机头的结构组成与分类	295
7.2 管材挤出机头	299
7.3 吹塑薄膜机头的设计	306
7.4 其他挤出机头	309
7.5 习题	320
第8章 气动成型模具	321
8.1 中空吹塑制品的结构设计与工艺性	321
8.2 中空吹塑成型工艺及模具	325
8.3 真空成型模具	334
8.4 压缩空气成型模具	338
8.5 习题	341
第9章 典型塑料模具设计实例	342
9.1 注射模具设计实例	342
9.2 直通式管材挤出机头设计实例	351
9.3 塑料模具的设计程序	371
9.4 习题	374
第10章 塑料模具的使用寿命与材料	378
10.1 塑料模具的使用寿命	378
10.2 塑料模具的材料及选用	380

10.3 习题	391
附录1 常用表	392
附录2 常用注塑模架结构形式	437
参考文献	438

第1章 概 述

1. 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 1-1 (a) 和 (b) 两部分属于塑料生产部门；(c) 部分属于塑料制品生产部门。但在大型的塑料制品生产企业，为了方便生产，往往也将 (b) 部分归入企业的生产范围，以满足对塑料配制的多样性要求。

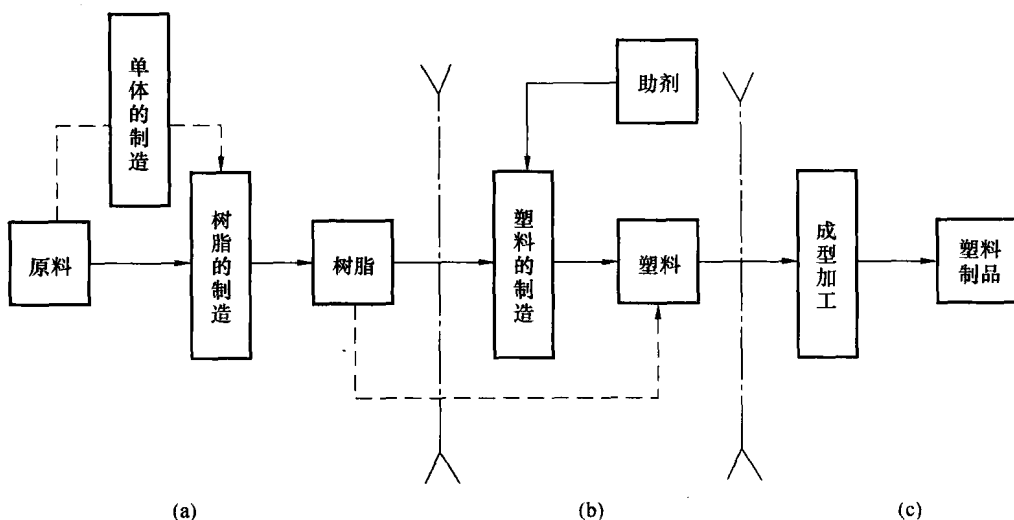


图 1-1 从原料到塑料制品的生产过程

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。塑料生产和塑料制品生产之间是一种密切的、相互依存的关系。

2) 塑料制品生产及塑料成型的重要性

塑料制品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组成，如图 1-2。有些塑料在成型前需要经过预处理（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、修饰以及装配。这个生产顺序不能颠倒，否则会影响塑料制品的质量。

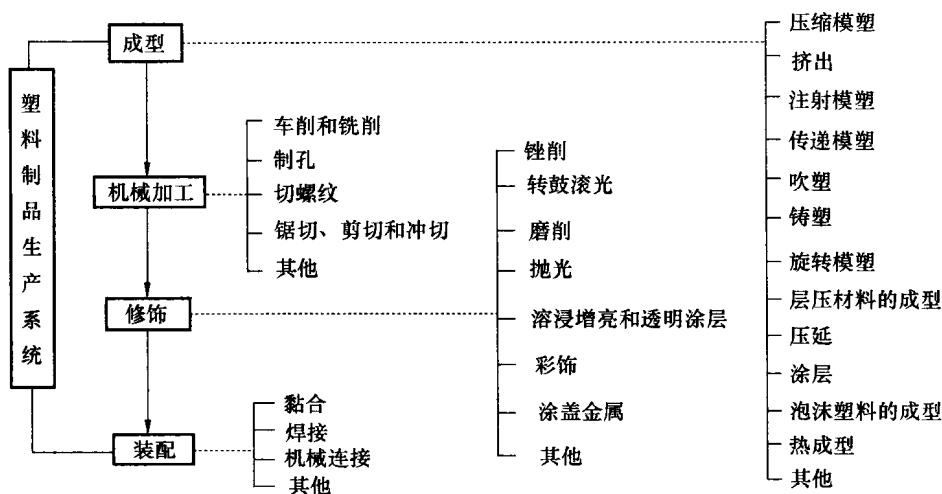


图 1-2 塑料制品生产系统的组成

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。其他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。

2. 塑料模塑成型及塑料成型模具

从图 1-2 中可以看出，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。这些塑料成型种类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。

3. 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有 90 余年的历史。塑料工业发展的历史虽然很短，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9896.4万t, 1998年达到14000万t。预计今后塑料工业将以每8年翻一番的增长速度持续高速发展。

目前, 已合成的上千种高分子材料中具有工业价值的仅有百余种。已工业化的合成树脂有50种左右, 如把改性塑料都计算在内有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, 热塑性塑料发展得最迅速, 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、聚碳酸酯、聚苯醚、聚酯等工程塑料, 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, 塑料的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。我国树脂产量1985年已达到123.2万t, 1990年达226.8万t, 1998年达694.3万t, 居世界第六位。至今, 我国塑料工业已形成了相当规模的完整体系, 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。但就其总体水平来说, 与世界的差距是明显的。尤其是工程塑料, 主要表现在生产规模小, 工艺落后, 品种少, 物耗高。

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, 研究塑料加工的新技术。

塑料模塑成型的发展动向如下。

(1) 加深理论研究。加深塑料模塑成型理论基础和工艺原理的研究, 借以改进塑料成型工艺的方法、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效率的有效方法。如排气式注射机和排气式挤出机的出现, 为吸水性强的塑料的加工省去了原料的预干燥工序, 缩短了生产周期, 提高了生产效率。

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, 提高生产效率的有效方法。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、自动推出塑料制品和流道凝料的脱模机构、多层多腔注射模, 气体辅助注射成型及其自动控制系统等。

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先进设备。

(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, 既有适应一次注射量达 96kg 的大型注射机, 也有适应制造手表零件时一次注射量仅为 0.02g 的超小型精密注射机。

(4) 长使用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的使用寿命。

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, 使塑料模的精度和使用寿命大大提高。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、自动化模具加工设备的发展很快, 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, 其他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, 并制订了塑料模的国家标准。

(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2章 塑 料

学习完本章内容，应该掌握如下内容：

- 掌握塑料的组成。
- 掌握塑料的分类与性能。
- 掌握常用塑料的性能与应用。

2.1 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、润滑剂以及稳定剂等，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，以获得具有一定性能的塑料。

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、润滑剂和增塑剂。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、着色剂以及润滑剂等。属于这类塑料的有聚氯乙烯、酚醛塑料等。

2.1.1 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。树脂决定了塑料的类型，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；胶黏着塑料中的其他成分，使塑料具有塑性或流动性，从而具有成型性能。简单组分塑料中树脂含量为90%~100%；复杂组分塑料中树脂含量为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、酚醛树脂以及氨基树脂等。因为天然树脂的产量有限，性能较差，远远不能满足目前工业生产的需要，所以在工业生产中，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

填充剂（又称填料）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：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填充剂（如碳酸钙），此时填充剂起增量作用；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的成本大为降低，而且使塑料的性能得到显著改善，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，便成为十分廉价却又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提高；石棉作塑料的填充剂，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、导磁性以及导热性等。

填充剂有无机填充剂和有机填充剂两种。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。

填充剂与其他成分机械混合，之间不起化学作用，但具有与树脂牢固胶黏的能力。

3. 增塑剂

为了增加塑料的塑性、流动性和韧性，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，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。但必须指出的是，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、拉伸强度等降低的一面。

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、癸二酸二丁酯以及癸二酸二辛酯等。

4. 着色剂（色料）

着色剂主要是起装饰、美观的作用，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、镉红和群青等，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，有强烈的着色能力，且色泽鲜艳，但耐光、耐热性和化学稳定性较差，如分散红、士林黄和士林蓝等。

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黏模,同时还能改善塑料的流动性以及提高塑料的表面光泽。常用的润滑剂有硬脂酸、石蜡和金属皂类(硬脂酸钙、硬脂酸锌)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 塑料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。热稳定剂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°C 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;硬酯酸钡是聚氯乙烯的稳定剂兼润滑剂。

(2) 光稳定剂。光稳定剂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、储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高分子材料中是有效的抗氧化剂。

塑料除了含有上述几种主要成分外,还有阻燃剂、发泡剂以及抗静电剂等。

2.1.2 塑料的特性及用途

塑料有许多优良特性,应用十分广泛。

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

塑料密度小,对于减轻机械质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，车身质量只有 186kg。同时，在日用工业中所用的传统材料，如金属、陶瓷、玻璃和木材等正逐步被塑料所代替。

(2) 比强度和比刚度高。塑料的强度不如金属，但塑料的密度小，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还高。塑料的比刚度 (又称比弹性模量，用 E/ρ 表示) 也较高。如图 2-1 所示为几种金属和增强塑料的比强度和比刚度的比较。由图 2-1 可以看出，碳纤维和碳纤维增强塑料不仅比强度高，而且比刚度也很高。

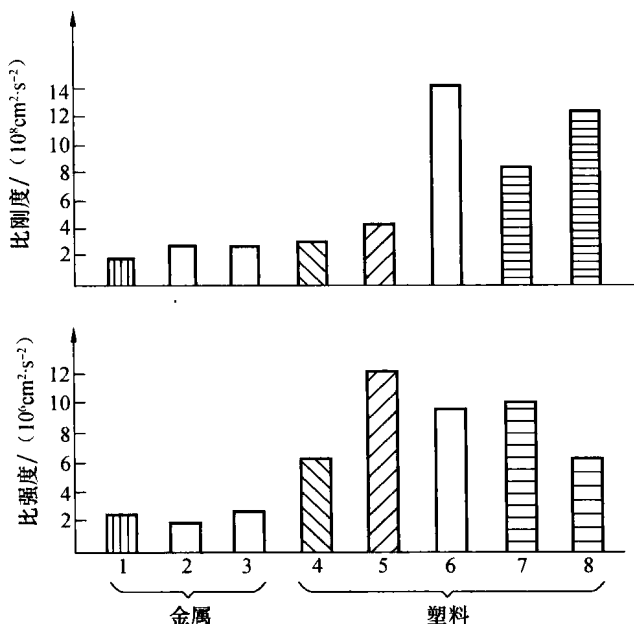


图 2-1 塑料和金属的比强度和比刚度

- 1—钛合金；2—铝合金；3—高强度钢；4—质量分数为 70% 玻璃纤维环氧塑料；
5—质量分数为 75% 高强度玻璃纤维环氧塑料；6—质量分数为 70% 碳纤维环氧塑料；
7—质量分数为 60% 高强度碳纤维环氧塑料；8—质量分数为 60% 高弹性模量碳纤维环氧塑料

比强度和比刚度高，在某些场合（如空间技术领域）具有重要的意义。例如碳纤维和碳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，除了熔融外，其他化学药品，包括能溶解黄金的沸腾王水都不能腐蚀它。

因此，塑料在化工设备和其他腐蚀条件下工作的设备以及日用工业中应用广