



GAOZHI GAOZHUAN JIXIE
XILIE JIAOCAI

高职高专机械系列教材

JIXIE

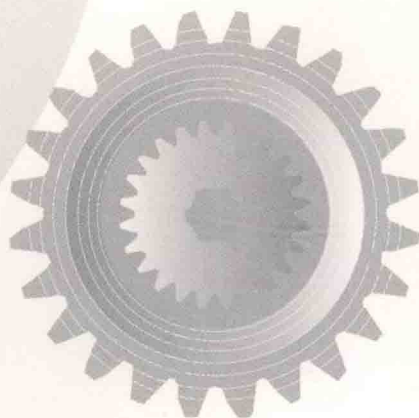
塑料成型工艺与模具设计

Suliao Chengxing Gongyi Yu Muju Sheji

◎主 编 朱朝光

◎副主编 林佳杰 顾吉仁

◎主 审 代 兵



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

内 容 提 要

本书系统介绍了塑料成型工艺的基础以及模具设计的理论知识,并为了提高读者解决工程实际问题的能力,以设计实例的形式提供技能训练和高级技术的学习与应用。全书共分5个部分:塑料注射、压缩和压注、挤出、气动成型工艺与模具设计、无流道模具设计;20个项目:制件材料的选择与分析,制件的设计,确定制件注射成型工艺,初步选择注射成型设备,注射模的结构类型选择,型腔数、分型面的确定与浇注系统的设计,注射模成型零件的设计,注射模导向机构的设计,注射模温度调节系统设计,注射模脱模机构的设计,注射模侧向分型抽芯机构的设计,注射模模架的选用,塑料模具材料的选用,注射模的设计方法及步骤,注射模的安装与调试,压缩成型工艺与模具设计,压注成型工艺与模具设计,挤出成型工艺与模具设计,气动成型工艺与模具设计,无流道模具的设计。

本书为高职高专模具设计与制造专业的规划教材,并可供相关专业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

塑料成型工艺与模具设计/朱朝光主编. —重庆:
重庆大学出版社,2011.6

高职高专模具制造与设计专业系列教材
ISBN 978-7-5624-5807-4

I. ①塑… II. ①朱… III. ①塑料成型—工艺—高等
学校:技术学校—教材②塑料模具—设计—高等学校:技
术学校—教材 IV. TQ320.66

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第228965号

塑料成型工艺与模具设计

主 编 朱朝光
副主编 林佳杰 顾吉仁
主 审 代 兵

策划编辑:周 立

责任编辑:李定群 高鸿宽 高曼琦 版式设计:周 立
责任校对:贾 梅 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

自贡新华印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:25.5 字数:636千

2011年6月第1版 2011年6月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-5807-4 定价:39.50元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换
版权所有,请勿擅自翻印和用本书
制作各类出版物及配套用书,违者必究

请按此裁下寄回我社或在网上下载此表格填好后 E-mail 发回

教师信息反馈表

为了更好地为教师服务,提高教学质量,我社将为您的教学提供电子和网络支持。请您填好以下表格并经系主任签字盖章后寄回,我社将免费向您提供相关的电子教案、网络交流平台或网络化课程资源。

书名:			版次	
书号:				
所需要的教学资料:				
您的姓名:				
您所在的校(院)、系:			校(院)	系
您所讲授的课程名称:				
学生人数:	_____人	_____年级	学时:	
您的联系地址:				
邮政编码:		联系电话	(家)	
			(手机)	
E-mail:(必填)				
您对本书的建议:			系主任签字	
			盖章	

请寄:重庆市沙坪坝正街 174 号重庆大学(A 区)
重庆大学出版社教材推广部

邮编:400030
电话:023-65112085 023-65112084
传真:023-65103686
网址:<http://www.cqup.com.cn>
E-mail:fxk@cqup.com.cn

前 言

我国作为制造业大国,模具在工业生产具有重要的地位。特别是塑料模具的应用极为广泛,但国内掌握塑料模具设计与制造的人才却严重短缺。为培养高技能应用型人才,配合模具设计与制造专业的教学,我们充分学习高等职业技术学院在培养高技能应用型人才方面取得的成功经验和教学成果,贯彻先进的教学理念,总结多年的模具教学及实践经验编写了这本《塑料成型工艺与模具设计》教材。

本教材的特点:

1. 依据国家高等职业教育标准,以技能训练为目的,相关理论知识为支撑,结合生产实践的要求,注重适用性、实用性和有针对性。

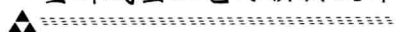
2. 以学生为主体,列出学习目标、能力目标及相关的技能训练、高级技能等,让学生在说明原理、制订解决方案的过程中学习知识,获得技能,培养能力。

3. 尽量多地编入了国内外的先进技术、设备、新型材料及工艺,更好地满足了企业对人才的需要。

4. 尽量采用以图代文、图表结合的编写形式,内容由浅入深,降低学习难度,提高学习兴趣。

本书共有 20 个项目,由江西技师学院朱朝光主编,南昌理工学院林佳杰、顾吉仁副主编,由重庆理工大学代兵主审。项目 1、项目 20 由南昌理工学院李玉满编写;项目 2、项目 3 由南昌理工学院顾吉仁编写;项目 4、项目 19 由南昌理工学院钟良伟编写;项目 5 至项目 15 由江西技师学院朱朝光编写;项目 16 由南昌理工学院郭韩仙编写;项目 17、项目 18 由南昌理工学院林佳杰编写。

本书编写时参阅了许多专家学者的研究成果,参考文献中未一一注明,同时也得到了许多模具同行、朋友及亲人的帮助,在此表示衷心的感谢。



由于水平有限,书中难免会有错误和不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者
2011 年 2 月

目 录

第 1 部分 塑料注射成型工艺与模具设计

项目 1 制件材料的选择与分析	3
任务 1 聚合物的分子结构及性能	3
任务 2 塑料的组成及特性	4
任务 3 塑料的分类及应用	6
任务 4 聚合物的可加工性能	19
任务 5 塑料的成型工艺性	21
任务 6 塑料成型过程中的物理和化学变化	27
任务 7 塑料熔体流动的形式及缺陷	29
技能训练	31
高级技能	36
项目小结	37
思考与练习	37
项目 2 制件的设计	39
任务 1 制件设计的内容及工艺性要求	39
任务 2 制件结构工艺性设计的内容	42
技能训练	60
高级技能	63
项目小结	65
思考与练习	66
项目 3 确定制件注射成型工艺	67
任务 1 注射成型原理及工艺过程	67
任务 2 编制注射成型工艺规程	80
技能训练	81
高级技能	83
项目小结	87
思考与练习	88
项目 4 初步选择注射成型设备	90
任务 1 注射机的选择和校核	90
任务 2 与注射机参数相关的模具型腔数量的确定方法	95



技能训练	96
项目小结	98
思考与练习	98
项目 5 注射模的结构类型选择	99
任务 1 注射模的结构组成	99
任务 2 注射模的典型结构	101
项目小结	109
思考与练习	111
项目 6 型腔数、分型面的确定与浇注系统的设计	112
任务 1 型腔数量的确定及型腔的布置	112
任务 2 分型面的设计	115
任务 3 浇注系统的设计	118
任务 4 排气与引气系统的设计	133
技能训练	135
项目小结	138
思考与练习	141
项目 7 注射模成型零件的设计	143
任务 1 成型零件结构设计	143
任务 2 成型零件工作尺寸计算	150
任务 3 凹模壁厚和底板厚度的计算	154
技能训练	157
项目小结	161
思考与练习	162
项目 8 注射模导向机构的设计	163
任务 1 合模导向机构的设计	163
高级技能	167
项目小结	168
思考与练习	168
项目 9 注射模温度调节系统设计	169
任务 1 温度调节系统概念	169
任务 2 冷却系统设计	173
任务 3 加热系统设计	177
技能训练	179
高级技能	181
项目小结	183
思考与练习	184

项目 10 注射模脱模机构的设计	186
任务 1 脱模机构的结构组成与分类	186
任务 2 一次推出脱模机构的设计	188
任务 3 二次推出脱模机构的设计	196
任务 4 动定模双向推出脱模机构的设计	200
任务 5 顺序脱模机构的设计	202
任务 6 带螺纹制件脱模机构的设计	204
技能训练	207
高级技能	210
项目小结	213
思考与练习	216
项目 11 注射模侧向分型抽芯机构的设计	217
任务 1 侧向分型与抽芯机构的设计概述	217
任务 2 侧抽芯机构的分类及工作原理	218
任务 3 机动侧抽芯机构的设计	220
技能训练	237
高级技能	238
项目小结	240
思考与练习	242
项目 12 注射模模架的选用	243
任务 1 标准模架的选择	243
项目小结	249
思考与练习	249
项目 13 塑料模具材料的选用	250
任务 1 塑料模具常用钢材及其选用	250
项目小结	257
思考与练习	257
项目 14 注射模的设计方法及步骤	258
任务 1 注射模的设计	258
技能训练	264
项目小结	277
项目 15 注射模的安装与调试	279
任务 1 注射模的安装	279
任务 2 试模	281
任务 3 模具的验收	282
技能训练	282



高级技能·····	284
项目小结·····	286
思考与练习·····	287

第2部分 塑料压缩和压注成型工艺与模具设计

项目 16 压缩成型工艺与模具设计 ·····	291
任务 1 压缩成型原理及工艺过程 ·····	291
任务 2 压缩模的结构与分类 ·····	296
任务 3 压机的选择和校核 ·····	299
任务 4 压缩模的结构设计 ·····	303
技能训练·····	314
项目小结·····	316
思考与练习·····	318
项目 17 压注成型工艺与模具设计 ·····	319
任务 1 压注成型原理及工艺过程 ·····	319
任务 2 压注模的结构与分类 ·····	320
技能训练·····	330
项目小结·····	331
思考与练习·····	332

第3部分 塑料挤出成型工艺与模具设计

项目 18 挤出成型工艺与模具设计 ·····	335
任务 1 挤出成型原理及工艺过程 ·····	335
任务 2 挤出模的结构与分类 ·····	340
任务 3 管材挤出模的设计 ·····	342
任务 4 异型材挤出模的设计 ·····	349
技能训练·····	355
项目小结·····	357
思考与练习·····	358

第4部分 塑料气动成型工艺与模具设计

项目 19 气动成型工艺与模具设计 ·····	361
任务 1 中空吹塑成型原理及工艺过程 ·····	361
任务 2 中空吹塑成型制件及模具的设计 ·····	364
任务 3 真空吸塑成型原理及成型方法 ·····	368
任务 4 真空成型制件及模具的设计 ·····	372
任务 5 压缩空气成型原理及工艺过程 ·····	374

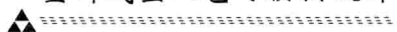
任务 6 压缩空气成型模具的设计	375
技能训练	376
项目小结	377
思考与练习	379

第 5 部分 无流道模具设计

项目 20 无流道模具的设计	383
任务 1 热流道模具的设计	384
任务 2 绝热流道模具的设计	387
技能训练	389
项目小结	390
思考与练习	391
附录 A 教材术语与工厂术语比较	392
附录 B 常用塑料的收缩率	394
参考文献	395

第 1 部分

塑料注射成型工艺与模具设计



【学习目的和要求】

通过该部分内容的学习,了解注射模设计的主要内容和方法,要求掌握中等及以下难度注射模的设计。

【学习内容】



项目1 制件材料的选择与分析

【学习目标】

1. 掌握塑料的组成及分类。
2. 掌握塑料的特性及应用。
3. 掌握塑料的成型工艺特性。
4. 了解塑料的可加工性能。
5. 了解塑料熔体流动的形式及缺陷。

【能力目标】

1. 能正确分析塑料制件材料的性能要求。
2. 能根据各塑料品种的特性来合理选材。

塑料的品种多,不同类型的塑料性能与成型工艺有差异。为了满足制件的使用性能、工艺性能等要求,需要了解制件材料的性能,并正确选择合格的塑料品种。

任务1 聚合物的分子结构及性能

塑料是以合成树脂为主要成分,以填充剂、增塑剂、增强剂、稳定剂等添加剂为辅助成分,在一定的温度和压力的作用下能流动成型的高分子有机材料。

合成树脂是指由简单有机化合物经加聚反应或缩聚反应合成的高分子有机化合物,又可分为聚合物。目前,石油是制取合成树脂的主要原料。合成树脂在现代工业生产中应用广泛。

聚合物的分子结构有线型、带支链线型及体型三种形式。线型的大分子链呈线状,如图1.1(a)所示。线型聚合物具有弹性,在常温下一般呈固态或是弹性体。高密度聚乙烯(HDPE)、聚苯乙烯(PS)等聚合物的分子结构就属于线型。

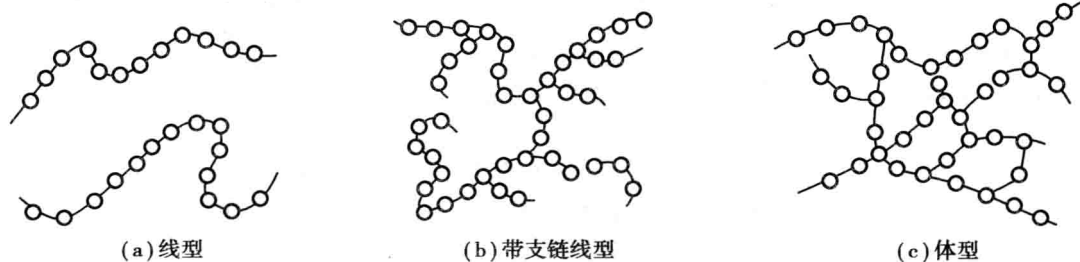


图1.1 聚合物分子链的结构示意图

有些聚合物的大分子链上还带有一些较长或短的小支链,支链间没有形成连接,称为带支链线型聚合物,如图 1.1(b)所示。因为有支链,结构不太紧密,因此聚合物的机械强度较低,但溶解能力强、塑性较好。低密度聚乙烯(LDPE)等聚合物的分子结构就属于带支链线型。

还有些聚合物在受热或其他条件下,每个大分子链之间还有一些短链以化学键相连接,形成立体网状结构,称为体型聚合物,如图 1.1(c)所示。体型聚合物,脆而硬,成型前是可溶与可熔的,一经成型就硬化成不溶与不溶性固体,不能再次成型。酚醛树脂、环氧树脂等聚合物的分子结构就属于体型。

任务2 塑料的组成及特性

2.1 塑料的组成

塑料中合成树脂所占比重(质量百分比)一般为 40% ~ 100%,它是塑料的主要成分,并决定了塑料的类型、使用性能和工艺性能。但是单纯的合成树脂往往不能满足实际的要求,因此需加入添加剂来改善其使用性能、工艺性能和降低成本。

添加剂的分类及作用如表 1.1 所示。

表 1.1 添加剂的分类及作用

添加剂的名称与种类		作用与特点及举例	
填充剂 (10% ~ 50%)	有机填料 无机填料	粉状 纤维状 层状(片状)	①减少树脂用量,降低塑料成本 ②改善塑料某些性能,扩大塑料的应用范围
增塑剂(大多不加或少加,但 SPVC 可加到 90% 以上)	能与树脂相溶的、不易挥发的高沸点有机化合物	甲酸酯类 磷酸酯类 氯化石蜡	①提高塑性、流动性和柔软性 ②降低刚性和脆性 ③改善塑料的工艺性能和使用性能
稳定剂 (2% ~ 5%)	热稳定剂 光稳定剂 抗氧化剂	常用稳定剂有硬脂酸盐类、铅的化合物、环氧化合物	抑制或防止树脂在受热、光照、氧的作用下降解、变质
着色剂 (0.01% ~ 0.02%)	颜料	有机颜料 (颜色钠猩红、原料蓝、炭黑)	起装饰美观的作用,特性介于无机颜料和染料之间
		无机颜料 (铬黄、氧化铬)	①着色能力、透明性、鲜艳性较差 ②耐光性、耐热性、化学稳定性较好 ③不易褪色
	染料	有机化合物(可在水、油或有机溶剂中溶解)	①色彩鲜艳,颜色齐全 ②着色能力、透明性好,性能与无机颜料相反

续表

添加剂的名称与种类		作用与特点及举例
润滑剂 (0.05% ~0.15%)	有烃类、酸类、金属皂类、脂肪酸类及脂肪酰胺类	①为防止塑料在成型过程中黏模,减少塑料对模具的摩擦 ②改善塑料的流动性,提高塑件表面的光泽度
固化剂(交联剂)	①在酚醛树脂中加六亚甲基四胺 ②在环氧树脂中加乙二胺、三乙醇胺等	用于热固性塑料成型

塑料添加剂除上述几种外,还有阻燃剂、发泡剂、防静电剂、导电剂、导磁剂等。应根据塑料的品种和性能要求有选择性地添加。

2.2 塑料的特性

(1) 密度小、质量轻

普通塑料的密度约在 $0.83 \sim 2.3 \text{ g/cm}^3$, 大约是钢材的 $1/6 \sim 1/5$ 。应用于飞机、船舶、建筑、宇航工业中可大大减轻自重;还特别适合制造轻巧的日用品和家用电器零件。

(2) 比强度、比刚度高

塑料的力学性能相对金属要差,但由于塑料的密度小,即比强度(σ/ρ)和比刚度(E/ρ)高,接近或超过普通的金属材料。有些工程塑料、碳纤维增强塑料的拉伸强度可高达 $170 \sim 400 \text{ MPa}$,比一般钢材(约为 160 MPa)还要高得多,甚至超过钛等金属。

(3) 电绝缘性能好

塑料具有优良的电气绝缘性能和耐电弧特性,故被广泛用于电机、电器、电子工业中,如插座、开关、手柄等。

目前,采用先进的工艺技术,可将塑料制造成半导体、导电和导磁的材料。它们对电子工业的发展具有特殊的意义。

(4) 化学稳定性好

一般塑料均具有一定的耐酸、碱、盐等化学溶剂的腐蚀能力。此外有些塑料还能在潮湿空气、蒸汽的环境中长期使用,在这些方面,它们的性能大大地超过了金属。因而常用在化工设备中,如各种管道、容器、密封件、换热器等。

(5) 减摩、耐磨性能好

塑料的摩擦系数小,具有良好的减摩耐磨性能。某些塑料可以在半干、干摩擦条件下工作,具有自润滑性能,而一般金属是不具有这一性能。因此,可用于制造塑料齿轮、轴承等。

(6) 减振、消音性能好

一般塑料的柔韧性比金属要好得多,当其受到频繁机械力冲击与振动时,因阻尼较大而具有良好的吸振与消声性能,这对高速运动的摩擦零部件以及受冲击载荷作用的零件具有重要意义。所以一些高速运转的仪表齿轮、滚动轴承的保持架、机构的导轨等可用塑料制造。

(7) 绝热性好、透光率高

塑料的导热系数只有金属的 $1/200 \sim 1/600$, 绝热性能好, 可用于制造保温材料。有些塑料具有良好的透明性, 透光率高达 90% 以上, 如有机玻璃、聚碳酸酯、聚苯乙烯等都具有良好的透明性, 它们可用于制造光学透镜、航空玻璃、透明灯罩以及光导纤维材料等。

(8) 成型性能好、经济效益高

塑料具有容易成型、成型周期短的特性。特别是与金属零件加工相比, 工序少, 专业设备投资少, 能耗低, 成型的废料大多可回收再用, 如果以单位体积计算, 生产制件的费用仅为有色金属的 $1/10$, 因此, 制件生产的总体经济效益显著。

此外, 塑料还具有良好焊接性、可电镀性和着色能力。

(9) 强度、刚度比金属低, 成型收缩率高, 不耐热, 易燃烧, 易老化, 会“蠕变”等

一般塑料制件的强度与木材相近, 刚度较差, 例如聚酰胺 (PA) 的弹性模量约为钢铁的 $1/100$; 塑料成型时收缩率较高, 有的高达 3% 以上, 并且影响因素很多, 这使得塑料制件要获得高精度的难度很大, 故制件精度普遍不如金属零件; 制件的使用温度范围较窄, 高温易分解, 低温易开裂, 塑料对温度的敏感性远比金属或其他非金属材料大; 塑料易燃烧, 作为建筑材料需要加阻燃剂; 塑料在光和热的作用下容易发生降解老化, 使制件性能变差; 制件若长期受载荷作用, 即使温度不高, 塑料也会渐渐产生塑性流动, 即产生“蠕变”, 使制件形状变化, 且这种变形是不可逆转的, 从而导致塑料制件尺寸精度不合要求。

此外, 塑料还不易自行降解, 会造成环境污染。这些缺陷, 使塑料的应用受到了一定限制。但是随着科学技术的发展, 塑料在将来定会有更广泛的应用。

任务 3 塑料的分类及应用

3.1 塑料的分类

目前, 塑料的品种已有 300 多种, 常用的也有 30 多种。为便于认识、掌握及应用, 可以按如下方法分类:

(1) 按塑料受热时的变化特点分

1) 热塑性塑料

固态的塑料在一定的温度内加热时软化并熔融, 成为可流动的黏稠液体, 可成型为一定形状的制件, 经冷却后变硬并保持已成型的形状 (定型), 并且该过程可反复进行。简而言之, 热塑性塑料是指能反复加热软化和冷却定型的塑料。因此, 生产的废料及废品可回收利用。这类塑料的合成树脂分子结构都是线型或带支链线型, 在加热软化、流动和冷却定型过程中分子链间无化学键产生, 故只发生物理变化。例如, 聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚甲醛、聚碳酸酯、聚酰胺等都属于热塑性塑料。

2) 热固性塑料

固态的塑料在第一次加热时可以软化流动充满型腔, 继续加热到一定温度则发生交联反应而固化变硬, 如再加热, 也不再软化, 这个变化过程是不可逆的。简而言之, 热固性塑料是指

只能一次加热软化和固化定型的塑料。因此,生产的废料及废品无回收利用价值。这类塑料的合成树脂分子结构由线型或带有支链线型变为体型。在加热软化和固化定型过程中分子链间有化学键产生,所以既发生物理变化也发生化学变化。例如,酚醛塑料(PF)、环氧塑料(EP)、氨基塑料、不饱和聚酯塑料等都是热固性塑料。

(2) 按塑料中树脂分子排列的状态分

1) 无定形塑料

树脂分子的排列是无序的。无定形塑料一般是透明的,但也有例外,例如,ABS为无定形塑料,但不透明。

2) 结晶型塑料

树脂分子的排列是三维的远程有序,形成一定的晶相组织。结晶结构只存在于热塑性塑料中。结晶型塑料一般是不透明或半透明的,但也有例外,例如,4-甲基戊烯为结晶型塑料,但有高度的透明性。

(3) 按塑料的用途分

通用塑料:一般指产量大、用途广、成型性好、价格低的塑料。但是一般通用塑料不具有突出的综合力学性能、耐热性,不宜用于承载要求高的结构件和在高温下工作的耐热件。例如,聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)、聚氯乙烯(PVC)、聚苯乙烯(PS)、酚醛塑料(PF)和氨基塑料等。

工程塑料:一般指具有突出的力学性能、耐热性和尺寸稳定性,在高、低温下仍能保持其优良性能,可以作为工程结构件的塑料。例如,ABS、聚碳酸酯(PC)、聚甲醛(POM)、聚苯醚(PPO)、聚酰胺(PA)、氟塑料、聚砜(PSF/PSU)、环氧塑料(EP)等。

特种塑料:一般指具有特种功能,适用于某种特殊用途的塑料,也称为“功能塑料”。例如,用于导电、导磁、防辐射、感光、耐热、自润滑、光导纤维、液晶等用途的塑料。特种塑料可专门合成,也可采用通用塑料或工程塑料经特殊处理或改性后获得。

3.2 常用塑料的性能与用途

塑料的性能:包括使用性能(体现塑料的使用价值如物理、化学等性能)和工艺性能(体现塑料的成型性能如流动性、收缩性等)。

下列表中补充说明成型该塑料的模具在设计时应注意的要点,为以后的模具设计提供帮助。

(1) 热塑性塑料

1) 聚乙烯(PE)

聚乙烯、聚丙烯、聚丁烯等统称为聚烯烃(PO)。它们是世界塑料工业中产量最大的品种。聚乙烯有一定的机械强度,但表面硬度差。其特征是白色或淡白色,无毒、无味、柔软、半透明,手感似蜡,因而又称其为高分子石蜡。聚乙烯按聚合时采用的压力不同,分为高压、中压和低压3种。低压聚乙烯高分子链上支链较少,相对分子质量、结晶度和密度较高,故又称为高密度聚乙烯(HDPE),高压聚乙烯高分子链上支链较多,相对分子质量较小、结晶度和密度较低,故又称为低密度聚乙烯(LDPE)。

HDPE和LDPE的性能、用途和模具设计注意事项如表1.2和表1.3所示。

2) 聚丙烯(PP)

PP具有极高的弯曲疲劳强度,可制作铰链,实验表明用PP成型的铰链可承受 10^7 次弯折