



宁波职业技术学院

NINGBO POLYTECHNIC

国家示范性高职院校建设项目成果

模具设计与制造专业

注射模具设计与制造

刘彦国 编著



高等教育出版社

Higher Education Press

国家示范性高职院校建设项目成果

注射模具设计与制造

刘彦国 编著

高等教育出版社

内容提要

本书通过综合分析注射模具设计与制造的整个工作过程,选择几套典型注射模具作为载体,训练从事注射模具设计与制造的能力。全书共分三部分 16 个任务。第一部分通过选择与分析塑料原料、确定塑料成型方式及工艺过程、编制塑件成型工艺参数、分析塑件结构工艺性及塑件三维建模 5 个任务的训练,培养分析塑料性能和确定塑料成型工艺性、塑件结构工艺性的能力;第二部分通过初步选择注射成型设备、分型面的确定与浇注系统的设计、注射模具结构类型及模架的选用、设计制造注射模具成型零件、设计注射模具调温系统、设计注射模推出机构、设计注射模侧向分型抽芯机构、模具工程图绘制及材料选择、注射模具三维设计、模具零件加工与仿真 10 个任务的训练,培养设计与制造注射模具的能力;第三部分通过注射模具装配与试模的训练,完成注射模具的设计与制造工作过程的完整训练。

本书可作为高等职业院校、高等专科学校、成人高校、民办高校及本科院校举办的二级职业技术学院模具设计与制造及相关专业的教学用书,也适用于五年制高职、中职相关专业,并可作为从事模具设计与制造工程技术人员的参考书及培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

注射模具设计与制造/刘彦国编著. —北京:高等教育出版社, 2008. 11
ISBN 978-7-04-025635-2

I. 注… II. 刘… III. ①塑料模具—设计—高等学校: 技术学校—教材 ②塑料模具—制造—高等学校: 技术学校—教材 IV. TQ320.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 173716 号

策划编辑 王 博 责任编辑 薛立华 封面设计 张雨微 责任绘图 朱 静
版式设计 马敬茹 责任校对 朱惠芳 责任印制 陈伟光

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100120	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
		网上订购	http://www.landaco.com
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司		http://www.landaco.com.cn
印 刷	涿州市星河印刷有限公司	畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787 × 1092 1/16	版 次	2008 年 11 月第 1 版
印 张	19.75	印 次	2008 年 11 月第 1 次印刷
字 数	480 000	定 价	30.80 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究
物料号 25635-00

前 言

本书是高职高专国家示范性模具设计与制造专业建设成果的基础上,通过综合分析注射模具设计与制造的整个工作过程,选择几套典型注射模具为载体,训练从事注射模具设计与制造的能力。

本书的编写以典型注射模具的设计与制造的工作过程为导向,通过案例引入、任务驱动完成单个任务的训练,工作项目统领整个教学内容。要求教师在“教中做”、学生在“做中学”。全书内容强化职业技能和综合技能的培养,与职业技能鉴定相融合,达到“学历与职业资格证书”相结合的目的。

本着“复杂问题简单化、抽象内容形象化、动态内容可视化”的编写思路,全书附有大量的模具结构图和来自于企业的模具工程图以及一些三维立体图,模具结构和模具动作过程以图形分解代替文字说明,用形象、直观、浅显易懂的图形语言来讲述复杂的理论和操作问题,从而降低学习难度,提高学生的学习兴趣和教学效果。

基于模具 CAD/CAM 在模具企业的广泛应用,本书在任务 5、任务 14 和任务 15 中针对具体实例对模具企业使用最广泛的 UG 软件的三维建模、模具三维设计、模具零件加工与仿真分别进行训练,与企业需求接轨。

在国家示范性模具设计与制造专业及合作院校教学改革成果的基础上,编著者凭借长期注塑模具生产和教学工作的经验,根据模具设计与制造的工作过程将全书共分三部分 16 个任务。第一部分通过选择与分析塑料原料、确定塑料成型方式及工艺过程、编制塑件成型工艺参数、分析塑件结构工艺性及塑件三维建模 5 个任务的训练,培养分析塑料性能和确定塑料成型工艺性、塑件结构工艺性的能力;第二部分通过初步选择注射成型设备、分型面的确定与浇注系统的设计、注射模具结构类型及模架的选用、设计制造注射模具成型零件、设计注射模具调温系统、设计注射模推出机构、设计注射模侧向分型抽芯机构、模具工程图绘制及材料选择、注射模具三维设计、模具零件加工与仿真 10 个任务的训练,培养设计与制造注射模具的能力;第三部分通过注射模具装配与试模的训练,完成注射模具的设计与制造的工作过程的完整训练。

宁波职业技术学院及浙江机电职业技术学院模具专业全体教师对本书的编写工作给予了大力支持;宁波康鑫机械有限公司、宁波北仑新生模具厂、宁波君灵模具技术有限公司、宁波勋辉电器有限公司等合作企业及其他众多同类合作院校的教师在工作过程分析中提供了宝贵建议,并为本书的编写提供了大量案例。在此一并表示感谢。

由于水平有限,书中不妥和错误之处在所难免,敬请读者不吝赐教,以便得以修正,使其日臻完善。

编著者

2008 年 10 月于宁波

目 录

第一部分 确定注射成型工艺

任务 1 选择与分析塑料原料	3
一、任务引入	3
二、相关知识	5
(一) 塑料的组成及性能	5
(二) 高聚物的结构	7
(三) 塑料的分类	9
(四) 聚合物的热力学性能和成型加工适应性	10
(五) 聚合物的粘性流动	11
(六) 塑料的工艺特性	17
三、任务实施	24
(一) 基本训练——选择与分析电池盖制品塑料原料	24
(二) 能力强化——灯座制品原料分析	27
四、经验交流	28
(一) 塑料材料的简易分辨法	28
(二) 根据塑料制品用途选材的基本原则	30
五、调研讨论题	31
任务 2 确定塑料成型方式及工艺过程	32
一、任务引入	32
二、相关知识	32
(一) 注射成型	32
(二) 压缩成型	36
(三) 压注成型	38
(四) 挤出成型	40
(五) 气动挤出成型	42
三、任务实施	43
(一) 电池盒盖塑件成型方式的选择	43
(二) 电池盒盖成型工艺规程	43
四、调研讨论题	43

II 目录

任务3 编制塑件成型工艺参数	45
一、任务引入	45
二、相关知识	45
(一) 温度	45
(二) 压力	46
(三) 时间(成型周期)	47
三、任务实施	50
(一) 基本训练——编制电池盒盖成型工艺卡	50
(二) 能力强化训练——编制灯座塑件成型工艺卡	50
四、知识链接——注射成型制品的常见缺陷及产生原因	54
五、调研讨论题	55
任务4 分析塑件结构工艺性	56
一、任务引入	56
二、相关知识	57
(一) 塑件设计基本原则	57
(二) 塑件局部结构设计	64
三、任务实施	72
(一) 基本训练——分析电池盖塑件结构工艺性	72
(二) 能力强化——分析电流线圈架结构工艺性	73
四、调研讨论题	74
任务5 塑件三维建模	76
一、任务引入	76
二、任务实施——鼠标上盖塑件三维建模	77
(一) 绘制截面曲线	77
(二) 绘制轨迹线	79
(三) 建立顺滑曲面特征	81
(四) 建立倒角特征	82
(五) 建立抽壳特征	82
(六) 实体修剪	82
三、调研讨论题	84

第二部分 注射模具设计与制造

任务6 初步选择注射成型设备	87
一、任务引入	87
二、专业知识	87
(一) 注射机的结构	87
(二) 注射机的分类	88

(三) 注射机规格及其技术参数	91
(四) 注射机有关工艺参数的校核	93
三、任务实施	98
(一) 依据最大注射量初选设备——电池盒盖塑件	98
(二) 依据最大锁模力初选设备——电池盒盖塑件	99
(三) 能力强化综合训练——灯座塑件成型工艺编制与设备的选择	100
四、调研讨论题	102
任务7 分型面的确定与浇注系统的设计	103
一、任务引入	103
二、相关知识	103
(一) 型腔数量的确定及布置	103
(二) 分型面	106
(三) 浇注系统	108
(四) 排气与引气系统设计	122
三、自主学习内容——热流道浇注系统	125
四、任务实施	129
(一) 基本训练——电池盒盖模具设计初步	129
(二) 能力强化训练——灯座模具设计初步	131
五、调研讨论题	134
任务8 注射模具结构类型及模架的选用	135
一、任务导入	135
二、相关知识	136
(一) 注射模具的分类及组成	136
(二) 典型注射模具结构	137
(三) 标准模架的选用	142
(四) 链接知识——模架结构零部件的设计	149
三、任务实施	154
(一) 基本训练——电池盒盖模架的选择	154
(二) 能力拓展——模架选择成功案例	156
四、调研讨论题	159
任务9 设计制造注射模具成型零件	160
一、任务导入	160
二、相关知识	160
(一) 成型零件结构设计	160
(二) 成型零件工作尺寸的计算	163
(三) 型腔和底板的计算	166

IV 目录

三、任务实施	169
(一) 基本训练——灯座模具成型零件设计与制造	169
(二) 能力强化训练——电流线圈架模具成型零件设计与制造	173
四、调研讨论题	176
任务 10 设计注射模具调温系统	178
一、任务导入	178
二、相关知识	178
(一) 模具温度调节系统的概念	178
(二) 冷却系统设计	180
(三) 加热系统设计	184
三、任务实施	186
四、调研讨论题	188
任务 11 设计注射模推出机构	189
一、任务导入	189
二、相关知识	189
(一) 推出机构的结构组成与分类	189
(二) 脱模力计算	190
(三) 推出机构设计原则	192
(四) 推出机构的导向与复位	192
(五) 简单推出机构	193
(六) 二次推出机构	198
(七) 顺序推出机构	198
(八) 带螺纹塑件的推出机构	200
(九) 点浇口流道的推出机构	201
三、任务实施	202
四、调研讨论题	203
任务 12 设计注射模侧向分型抽芯机构	205
一、任务导入	205
二、相关知识	206
(一) 侧向分型与抽芯的分类及工作原理	206
(二) 侧向分型与抽芯的相关计算	207
(三) 侧向分型与抽芯的结构设计	208
(四) 常见侧向分型与抽芯机构	211
三、任务实施	228
(一) 电流线圈架模具侧向抽芯机构类型选择	228
(二) 电流线圈架模具斜导柱侧向抽芯机构设计计算	229

(三) 电流线圈架模具侧向分型与抽芯的结构设计	229
四、调研讨论题	230
任务 13 模具工程图绘制及材料选择	231
一、任务导入	231
二、相关知识	231
(一) 模具工程图的绘制	231
(二) 模具材料选用	234
三、任务实施	241
(一) 灯座模具总装配图	241
(二) 灯座模具明细栏及模具材料	241
(三) 灯座模具零件图	242
(四) 绝缘胶架模具工程图范例	246
四、调研讨论题	246
任务 14 注射模具三维设计	247
一、任务导入	247
二、任务实施	247
(一) 载入塑件、项目初始化	248
(二) 建立模具坐标系	248
(三) 放收缩率及工作块	249
(四) 型腔布局	249
(五) 分型面设计与型芯和型腔生成	251
(六) 选用标准模架	259
(七) 标准件的选用	260
(八) 浇道设计	262
(九) 浇口设计	263
(十) 生成明细栏	264
三、调研讨论题	265
任务 15 模具零件加工与仿真	266
一、任务导入	266
二、任务实施	267
(一) 载入零件、项目初始化	267
(二) 建立几何体	267
(三) 建立刀具	270
(四) 建立程序表	270
(五) 建立加工操作	271
(六) 切削仿真	277

VI 目录

(七) 后置处理	277
三、调研讨论题	278

第三部分 注射模具装配与调试

任务 16 注射模具装配与试模	281
一、任务导入	281
二、相关知识	281
(一) 注射模具装配技术要求	281
(二) 注射模具装配	283
(三) 注射模具安装与调试	295
(四) 模具验收	296
三、任务实施	296
(一) 注射成型模具装配	296
(二) 注射成型模具安装与调试	299
(三) 试模后的模具验收	300
(四) 试模缺陷及原因	301
四、经验交流	302
(一) 试模	302
(二) 最佳工艺参数的确定	303
五、调研讨论题	303
参考文献	304

第一部分

确定注射成型工艺

任务 1

选择与分析塑料原料

能力目标

1. 会分析并选择塑料种类；
2. 会分析给定塑料的使用性能和工艺性能。

知识目标

1. 了解塑料热力学性能与成型加工方法之间的关系；
2. 掌握塑料的概念和常用塑料的基本性能；
3. 熟悉常用塑料代号、性能和用途。

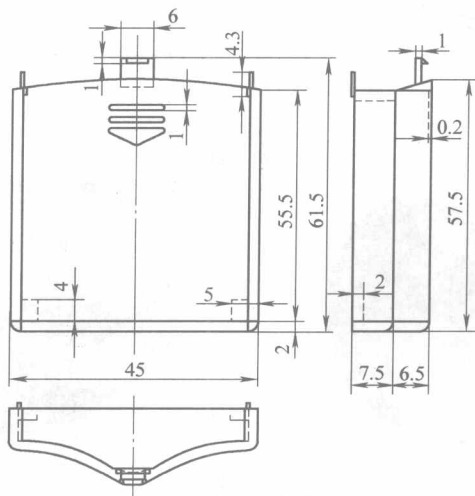
素质目标

培养学生综合运用专业理论知识分析问题、解决问题的能力 and 严谨、科学的工作态度、方法；能够与他人合作，进行交流；培养获得、整理、利用各类信息资源的能力。

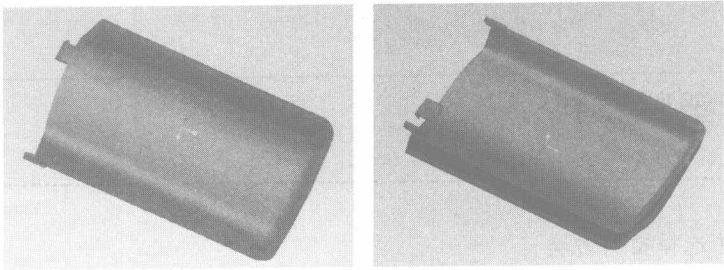
一、任务引入

通常将塑料制品称为塑料制件或塑件。塑料制品各式各样，由于使用要求的不同，对于塑料原料的要求也不同。不同的原料，其使用性能、成型工艺特性和应用范围亦不同。塑料成型原料的选取要综合考虑多方面的因素，但首先要了解塑料制品的用途、使用过程中的环境状况，如温度高低、是否有化学介质、是否要求有电性能等；还需要了解制品材料的性能（塑料的组成、类型和特点），以及塑料的成型工艺特性（收缩率、流动性、结晶性、热敏性和水敏性、应力开裂和熔融破裂等）；在满足使用性能和成型工艺性后，再考虑原材料的成本，如原材料的价格、成型加工难易程度、相应模具造价等。

本任务以成型制品电池盒盖（图 1.1）和灯座（图 1.2）为载体，训练学生合理选择与分



(a) 二维零件图



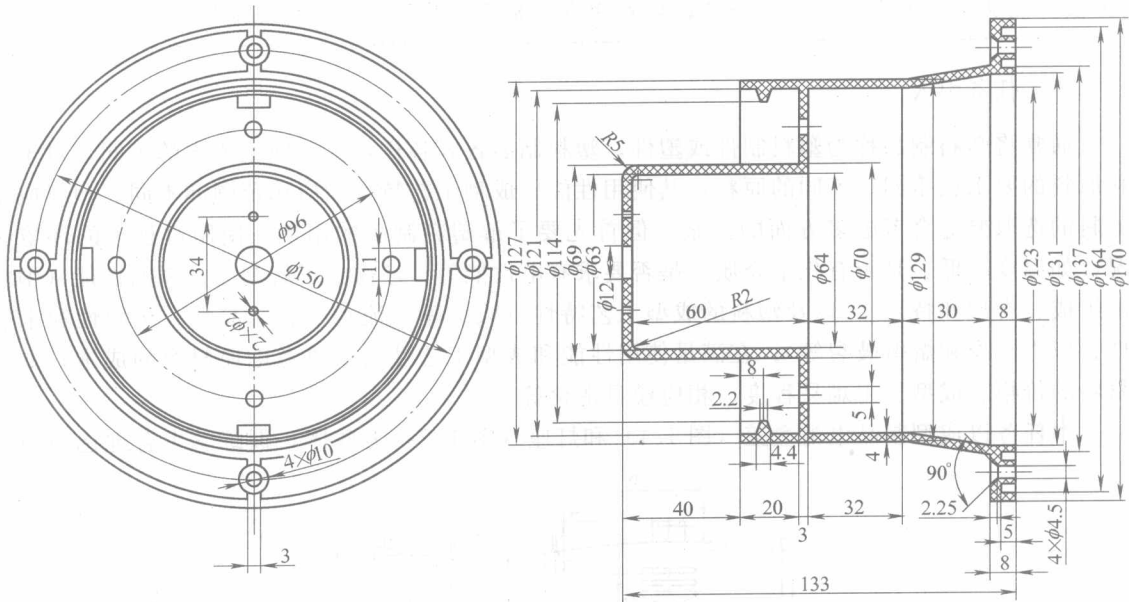
(b) 三维

图 1.1 电池盒盖

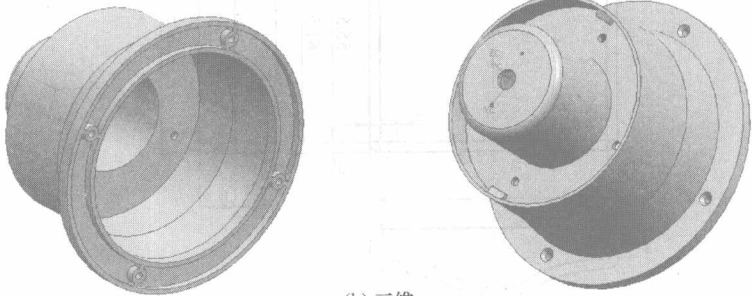
析塑料原料的能力。

载体 1: 某企业计划长期批量生产电池盒盖塑件，要求具有足够的强度和耐磨性能，中等精度，外表面无瑕疵，美观，性能可靠。设计、加工一套模具，并进行安装、调试，生产出合格的产品。本任务完成对塑件材料的选择及对材料使用性能和成型工艺的性能分析。

载体 2: 现有一塑料制品——灯座（图 1.2），要求材料为聚碳酸酯（PC），进行大批量生



(a) 二维



(b) 三维

图 1.2 灯座

产, 试分析材料的使用性能和成型工艺性能。

二、相关知识

(一) 塑料的组成及性能

1. 塑料的组成

塑料是以树脂(高分子聚合物)为主要成分, 加入各种能改善其加工性能和使用性能的添加剂(填充剂、增塑剂、稳定剂、润滑剂、着色剂等), 在一定温度、压力和溶剂等的作用下, 可以利用模具成型为一定几何形状和尺寸的塑料制品的材料。塑料制品的原料种类繁多、性能各异, 其原料现状主要呈粉状、粒状或纤维状, 如图 1.3 所示。

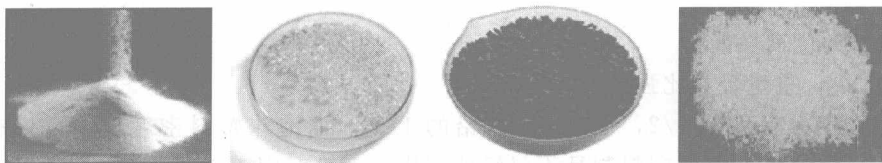


图 1.3 塑料原料

(1) 树脂

树脂实质上是高分子聚合物, 简称为高聚物, 对塑料的物理、化学性能起着决定作用。树脂可分为天然树脂和合成树脂。松香、虫胶等属于天然树脂, 而用人工方法合成的树脂称为合成树脂, 如聚乙烯、聚氯乙烯等。树脂常呈液体状、粉状或颗粒状, 通常不能直接应用, 需通过一定的加工工艺将它转化为塑料后才能使用, 而将塑料加工为塑料制品的过程称为模塑成型, 也就是塑料成型加工。

(2) 塑料添加剂

1) 增塑剂 添加到聚合物中能使聚合物的塑性、柔性、流动性增加的物质都可以称为增塑剂。增塑剂的主要作用是削弱聚合物分子间的作用力, 从而增加聚合物分子间的移动性, 降低聚合物分子链的结晶性。增塑剂的加入会降低塑料的稳定性、机械强度和介电性能, 因此大多数塑料一般不添加增塑剂, 唯有软质聚氯乙烯含有大量的增塑剂(邻苯二甲酸二丁酯)。

2) 填充剂 又称填料。填料在充填过程中一般显示两种功能: 一是增加容量, 降低塑料成本; 二是能够改善塑料性能, 提高塑料的物理性能、加工性能和塑件的质量等。例如, 把木粉加入酚醛树脂中, 既能起到降低成本的作用, 还能改善它的脆性; 把玻璃纤维加入塑料中, 可以大幅度提高塑料的机械强度; 在聚乙烯(PE)、聚氯乙烯(PVC)中加入钙质填料后, 可得到物美价廉的具有足够刚度和耐热性的钙塑料。此外, 有的填料还可使塑料具有树脂没有的性能, 如导电性、导磁性、导热性等。塑料中的填充剂含量一般为 20%~30%。

3) 稳定剂 为了提高树脂在热、光和霉菌等外界因素作用时的稳定性, 常在树脂中加入一些阻碍塑料变质的物质, 称为稳定剂。稳定剂的加入量很少, 一般仅为千分之几, 但作用却很大。选择稳定剂首先要求与树脂有良好的相容性, 对树脂的稳定效果佳, 其次还要求在成型过程中最好不分解, 挥发性小, 无色、耐油、耐化学药品及耐水等。常用的稳定剂有光稳定剂和热稳定剂等。稳定剂用量一般为塑料的 0.3%~0.5%。

4) 润滑剂 润滑剂是以改进高聚物的流动性、减少摩擦、降低界面粘附为目的而在树脂中使用的一种添加剂。聚合物熔体粘度高, 在加工过程中熔体的分子内摩擦及聚合物熔体与加工机械表面的外摩擦等易影响塑件的外观质量, 为此在树脂中加入润滑剂以改善其流动性, 同时润滑剂还可以起到加速熔融、防粘附和防静电、有利于脱模等作用。润滑剂的用量一般为 $0.5\% \sim 1\%$ 。

5) 着色剂 着色剂是能使塑件具有各种颜色的物质。着色剂一般有无机颜料、有机颜料及染料三大类。塑件的着色能够使塑件外观绚丽多彩、美艳夺目, 提高塑件的商品价格。着色剂与其他组分发生化学变化, 具有耐热、耐光的性能。着色剂用量一般为塑料的 $0.01\% \sim 0.02\%$ 。

2. 塑料的通用性能

塑料是目前使用的一种主要的工业材料, 与金属材料和其他非金属材料相比, 塑料有其鲜明的特点。

(1) 塑料的优良性能

1) 密度小, 重量轻, 比强度和比刚度高

塑料的密度只有铝的 $1/2$, 铜的 $1/5$, 铅的 $1/8$ 。而泡沫塑料密度更小, 只有水密度的 $1/30 \sim 1/50$ 。这种优点使塑料制品不仅轻便好用, 而且对用于制造车、船、航空等交通工具以及漂浮物品来说, 也是非常适合的。

2) 多种优良的力学性能

通常所用的硬质塑料都有较高的强度和硬度, 特别是用玻璃纤维增强的制品, 具有钢铁般的坚韧性能。有时用特定的塑料代替钢铁制成的机械零件(如轧钢机轴承), 比钢铁零件的使用寿命还长。高分子材料的性能还可用不同的方法加以改进, 以满足不同制品性能的需求。

3) 耐化学作用好

普通金属因易被腐蚀生锈而造成很大的经济损失, 而塑料一般都具有较好的抵抗弱酸和弱碱侵蚀的作用, 有的塑料, 如聚四氟乙烯, 甚至都不受“王水”的腐蚀。实际上, 大多数塑料在常温下对水和一般有机溶剂都很稳定。因此, 常用塑料制成一般的容器或容器的内衬, 有时还用作容器外表面的涂层。

4) 电绝缘、绝热、隔声性能好

塑料由于具有这些良好性能而大量用作电线包皮等绝缘材料。特别是泡沫塑料, 广泛用作隔热、保温及隔声材料。

5) 成型和着色能力强

许多塑料都容易着色, 易于加工成型, 可制成五颜六色的管、棒、条、带、丝和膜等型材, 并能制成各种式样的制品以满足人们不同的需要, 使人们的工作方便、生活丰富多彩。与其他材料相比, 一般塑料制品的价格便宜, 便于普及推广。

6) 加工性能好

塑料材料具有优异的加工性能, 塑料易加工成复杂形状制品, 也可加工出厚度十分薄的制品。在各种材料中, 塑料具有易加工的特点, 它可用各类方法加工, 如注射、挤出、压延、中空吹塑、真空吸塑、流延、粉末滚塑等。

7) 自润滑性好

很多塑料品种都具有优异的自润滑性, 如尼龙(PA)、聚甲醛(POM)等。在食品、纺

织、日用及医药机械的摩擦接触结构制品、运动型结构制品中禁止使用润滑剂，以防止污染，用自润滑性塑料材料制造，不仅可以满足这些功能需要，而且可避免污染。如日常生活用的拉链，常选用具有自润滑性的 PA 和 POM。

(2) 塑料的不足性能

1) 机械强度低

与传统的工程材料相比，塑料的机械强度低，即使用超强纤维增强的工程塑料虽强度会大幅度提高，并且比强度高于钢，但在大载荷应用场合，如拉伸强度超过 300 MPa 时，塑料材料就不能满足要求，此时只好用高强度金属材料或超级陶瓷材料。

2) 尺寸精度低

由于塑料材料的成型收缩率大且不稳定，塑料制品受外力作用时产生的变形（蠕变）大，热膨胀系数比金属大几倍。因此，塑料制品的尺寸精度不高，很难生产高精度产品。对于精度要求高的制品，建议尽可能不要选用塑料材料，而选用金属或陶瓷材料。

3) 耐热温度低

塑料的最高使用温度一般不超过 400 °C，而且大多数塑料的使用温度都在 100~260 °C 的范围内；只有不熔聚酰亚胺、液晶聚合物、聚苯酯等的热变形温度可大于 300 °C。因此，如果使用环境的温度长时间超过 400 °C，几乎没有塑料材料可供选用；如果使用环境的温度短期超过 400 °C，甚至达到 500 °C 以上，并且无较大的负荷，有些耐高温塑料可短时使用。不过以碳纤维、石墨或玻璃纤维增强的酚醛等热固性塑料很特别，虽然其长期耐热温度不到 200 °C，但其瞬时可耐上千度高温，可用作耐烧蚀材料，用于导弹外壳及宇宙飞船面层材料。

另外，塑料也具有以下缺点：高温下容易降解和老化；导热性能较差；吸湿性强，容易发生水解老化；使用寿命短。

(二) 高聚物的结构

1. 高聚物的结构特点

任何物质的性质都是由内部结构决定的，高分子材料也不例外。为了了解高分子材料的性能，首先从改变其结构入手。高分子材料结构与性能间的关系是确定其加工成型工艺的依据。深入了解高聚物的结构与物理性能的关系，就可以正确地选择和使用成型材料，改进成型材料性能，合成新的材料。

从相对分子质量来看，由于低分子所含原子数都很少，而一个高分子中含有几千个、几万个、甚至几百万个原子。如水的相对分子质量为 18、蔗糖为 324，这些低分子化合物的相对分子质量只有几十或几百，而高分子的相对分子质量比低分子高得多，一般可达几万至几十万、几百万甚至上千万。例如，尼龙分子的相对分子质量为 2.3 万左右，天然橡胶的相对分子质量为 40 万。

从分子长度来看，例如低分子乙烯的长度约为 0.000 5 μm ，而高分子聚乙烯的长度则为 6.8 μm ，后者是前者的 13 600 倍。

聚合物的分子结构是由一种或数种原子团按照一定方式重复排列而形成聚合物分子链结构的。按照聚合物分子链的结构形状可分为三种类型：线形、支链形和体形，如图 1.4 所示。

(1) 线形

如图 1.4 (a) 所示，聚合物是由一根根线状的分子链所组成的。其特点是分子密度大，