

高等学校专业教材
上海普通高校“九五”重点教材

高分子材料成型加工 (第二版)

上海市教育委员会 组编
周达飞 唐颂超 主编

图书在版编目 (CIP) 数据

高分子材料成型加工 达飞, 唐颂超主编 鄂·圆版 鄂

北京: 中国轻工业出版社, 2000.12

高等学校专业教材 上海普通高校“九五”重点教材

陈景范 陈景范 陈景范

I ④高 ④鄂 II ④周 ④鄂②唐 ④鄂 III ④高分子材料 ④成
型 ④工艺 ④高等学校 ④教材 IV ④鄂④陈

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 123456 号

责任编辑: 赵红玉 责任终审: 滕炎福 封面设计: 刘 鹏
版式设计: 马金路 责任校对: 燕 杰 责任监印: 胡 兵

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 25 号, 邮编: 100020)

印 刷: 印刷厂

经 销: 各地新华书店

版 次: 2000 年 1 月第 1 版 2000 年 1 月第 1 次印刷

开 本: 787mm×1092mm 1/32 印张: 12.5

字 数: 320 千字

书 号: 陈景范 陈景范 陈景范 定价: 12.00 元

读者服务部邮购热线电话: 010-63901558 010-63901559 传真: 010-63901558

发行电话: 010-63901558 010-63901559

网 址: 陈景范 陈景范 陈景范

陈景范 陈景范 陈景范

如发现图书残缺请直接与我社读者服务部联系调换

陈景范 陈景范 陈景范

再版说明

1994年 缘月中国轻工业出版社出版了我们编写的《高分子材料成型加工》。编写该书基于两方面的考虑：一是高分子材料成型加工涉及原材料（树脂和添加剂）及其配方、成型设备、成型模具、工艺条件及其控制、环境和成本等诸因素，只有让学生建立大工程的整体观，才能把握其精髓；二是随着我国经济发展，高等教育已进入大众化教育阶段，与专才教育不同，其更重视人才培养和课程体系的基础性。于是，专业拓宽了（高分子材料与工程专业已涵盖塑料、橡胶、化学纤维等），而用于专业教学的学时数却减少了。因此，用较少的时间，给学生必要的专业基本知识，为其今后工作或继续深造打下基础，必须有整合的与之相适应的课程教学内容和教材。

该书的出版，受到多方面的关注和欢迎，几年来本书已三次重印。一些兄弟院校将此书选作教科书或教学参考书，高分子材料领域中的同行们把它视作工作中的参考读物。我们自己所担任的相关课程也始终以本书为教材。经过几年教学实践，听取了教师和学生等各方面的意见和建议，感到有必要对初版进行修订。

修订版主要对初版中的一些错误进行了修正，对有些内容的编排进行了调整，增加了部分内容。修订版中的第 源章改由唐颂超撰写，其余各章、节均为原作者修订。并望广大读者对本书不足之处批评指出。

本书供高等学校相关专业教学使用，也可供相关工程技术人员参考。

编 者

1994年 员月

前 言

高分子材料成型加工是获取高分子材料制品、体现材料特性和开发新材料的重要手段。以最低的成本、最省的能量消耗、最少产生废料和环境污染,实现最高的劳动生产率,获得最优质量的高分子材料制品,是人们孜孜以求的目标。然而,高分子材料制品的性能受到多方面因素制约。

高分子材料制品的使用性能主要是由组成此材料的主要成分——高分子化合物决定的。因此,高分子化合物的化学组成和结构(如主链、支链、侧基、端基、结构缺陷、是否交联、相对分子质量及其分布、结晶性能、颗粒形态等等)和聚合方式等都将对高分子材料的内在性质产生影响。

作为次要成分的各种添加剂及其配比,以及组成高分子材料各组分的混合程度都将对加工性能和使用性能产生不可忽略的影响。因此,熟练地掌握各种添加剂的作用和选用原则,对高分子材料的配方设计和制品设计十分重要。

成型加工工艺、工艺条件及其控制、成型加工设备都将对高分子材料的混合程度、取向程度、流变性能、结晶性能等产生影响,进而影响高分子材料的使用性能和应用。因此,成型加工工艺和成型加工设备的选择亦很重要。

高分子材料制品的性能还受到测试方法和测试条件、使用环境的影响。

除此之外,高分子材料制品的成本(经济性)及其对环境的影响也是人们关注的问题。

总之,高分子材料成型加工的研究必须从大工程的观点来考虑。

新的专业目录的实施,高分子材料专业范围已经拓宽,涉及塑料、橡胶、化学纤维等等。新的教材必须从这一大概念出发,有别于以往着重单一材料成型加工的课程内容。

基于上述,本书编写时作了下述考虑:

- 强调了合成与加工对制品性能的重要性,综合性地讨论了原材料的化学因素、物理因素、制备因素的影响,改变了以往单纯介绍高分子化合物品种为主的方法。
- 高分子材料的流变性能对其成型加工影响很大,本书对流变方程从物理意义上作了简要讨论,不作数学推导。更进一步的学习,放在研究生阶段进行。
- 从加工原理出发对成型加工方法进行讨论,这是本书的主要部分。
- 计算机技术已广泛应用于高分子材料的成型加工,这不仅表现在建立在结构与性能研究基础上的建模和数据库,也表现在对成型加工过程的整体优化和制品质量控制。本书对此作了粗浅的讨论。

• 高分子材料制品生产、使用过程中和废弃物回收、利用过程中不可避免地会污染环境,事关人类持续发展的头等大事,本书也有涉及。

本书主要供高分子材料专业及相关专业本科或专科使用的教材,也可供从事高分子材料研究、开发和应用的技术人员参考。

本书由华东理工大学周达飞、唐颂超主编,其中绪论、第一、二、三、十三章由周达飞编写,第五至十一章由唐颂超编写,第四章和第十二章分别由华东理工大学徐佩弦、李水强编写,华东理工大学董擎之编写了第七章的第九节、第十章的第六节和第十一章的第六节合

成纤维成型加工的部分内容。全书由上海交通大学张隐西教授主审。

本书主要根据文献资料，结合作者长期教学、科研的实践和理解进行编写，书末列出了主要参考文献，由于受篇幅限制，未能将所有参考文献一一列出，在此对所有作者致以衷心的感谢，并祈请未能列入的作者谅解。

本书得到上海市教育委员会的重点资助，并得到华东理工大学、中国轻工业出版社及有关兄弟院校和同仁的帮助和支持，谨此致谢。

限于我们的水平，本书难免有错误之处，敬请读者批评指正。

编 者

2005年 5月

目 录

绪论	员
一、高分子材料	员
二、添加剂	源
三、高分子材料的制造	远
四、高分子材料工业的历史与未来	缘
习题与思考题	缘
第一章 高分子材料学	远
第一节 影响高分子材料性能的化学因素	苑
一、构成的元素种类及其连接方式	苑
二、立体规整性	怨
三、共聚物组成	圆
四、交联	圆
五、端基	圆
六、结构缺陷	圆
七、支链	圆
第二节 影响高分子材料性能的物理因素	圆
一、相对分子质量及其分布	圆
二、结晶性	猿
三、粒径与粒度分布	猿
四、成型过程中的取向	猿
五、熔体黏度与成型性	源
第三节 制造方法及组成对高分子材料性能的影响	源
一、聚合方法的影响	源
二、高分子化合物反应性的影响	缘
三、高分子合金化的影响	缘
四、高分子化合物蠟充剂复合物的影响	远
五、低分子化合物的影响	远
习题与思考题	远
第二章 添加剂	远
第一节 稳定剂	远
一、热稳定剂	远
二、抗氧剂 (亦称防老剂)	猿
三、光稳定剂	苑
四、生物抑制剂 (亦称防霉剂、杀菌剂、抑菌剂)	愿
第二节 增塑剂	愿

一、增塑作用及增塑剂分类	愿园
二、增塑剂的性质	愿猿
三、增塑剂的主要品种	愿源
四、增塑剂的选用原则	愿缘
第三节 润滑剂	愿远
一、润滑剂的作用、分类	愿远
二、润滑剂的主要品种	愿愿
三、润滑剂的选用原则	愿愿
第四节 交联剂及相关添加剂	愿怨
一、交联作用及交联剂	愿怨
二、交联用其他添加剂	愿员
三、交联剂及其相关添加剂的选用原则	愿圆
第五节 填充剂	愿猿
一、填充剂的作用	愿猿
二、影响补强剂补强作用的因素	愿源
三、常用的填充剂	愿源
第六节 其他添加剂	愿缘
习题与思考题	愿怨
第三章 高分子材料的配方设计	愿园
第一节 高分子材料制品设计的一般原则和程序	愿园
第二节 高分子材料配方设计	愿园
一、制品对材料性能的要求	愿园
二、配方设计	愿猿
三、材料配方的表示方法	愿猿
第三节 高分子材料的配方设计方法	愿源
一、配方设计时考虑的因素	愿缘
二、配方设计方法	愿缘
第四节 高分子材料配方实例	愿苑
第五节 高分子材料性能的估算方法	愿园
一、密度	愿猿
二、玻璃化温度 (栽)	愿缘
三、熔点 (栽)	愿怨
四、内聚能密度和溶解度参数	愿园
习题与思考题	愿源
第四章 聚物流变学基础	愿缘
第一节 聚合物熔体的流动	愿缘
一、流动类型	愿缘
二、非牛顿型流动	愿远
第二节 聚合物熔体剪切黏度的影响因素	愿怨
一、剪切速率的影响	愿怨

二、温度的影响	员园
三、压力的影响	员员
四、分子结构的影响	员圆
五、添加剂的影响	员猿
第三节 流变测定	员猿
一、剪切应力及其分布	员源
二、牛顿流体的剪切速率	员源
三、非牛顿流体的真实剪切速率、表观黏度和真实黏度	员缘
四、幂律定律的特性参量	员远
第四节 聚合物熔体剪切流动中的弹性表现	员远
一、入口效应	员远
二、离模膨胀	员愿
三、熔体破裂	员园
第五节 聚合物熔体的拉伸黏度	员猿
一、拉伸流动	员猿
二、拉伸黏度	员源
三、影响拉伸黏度的因素	员缘
第六节 聚合物熔体在模腔内的流动分析	员远
一、聚合物熔体在圆管通道中的流动	员远
二、聚合物熔体在狭缝通道中的流动	员愿
习题与思考题	员怨
第五章 高分子材料混合与制备	员园
第一节 混合与分散	员园
一、混合机理	员园
二、混合的类型	员猿
三、混合状态的判定	员远
第二节 混合设备	员愿
一、混合设备的分类	员愿
二、间歇混合设备	员怨
三、连续混合设备	员圆
第三节 橡胶的塑炼与混炼	员缘
一、生胶的塑炼	员缘
二、胶料的混炼	员怨
第四节 塑料的混合与塑化	员猿
一、原料的准备	员源
二、混合	员源
三、塑化	员缘
四、粉碎和粒化	员远
第五节 聚合物溶液、分散体和胶乳的配制	员苑
一、塑料溶液的配制	员苑

二、溶胶塑料的配制	页源
三、胶乳的配制	页源
第六节 聚合物共混	页源
一、聚合物共混目的及方法	页源
二、共混物的形态结构	页源
三、共混物制备方法及相关设备	页源
习题与思考题	页源
第六章 压制成型	页源
第一节 热固性塑料的模压成型	页源
一、热固性模塑料的成型工艺性能	页源
二、模压成型的设备和模具	页源
三、模压成型工艺	页源
四、模压成型工艺条件及控制	页源
第二节 橡胶制品的模型硫化	页源
一、橡胶制品及生产工艺	页源
二、橡胶制品的硫化	页源
三、模型硫化工艺及硫化条件	页源
第三节 复合材料压制成型	页源
一、层压成型	页源
二、模压成型	页源
三、手糊成型	页源
第四节 传递模塑	页源
一、传递模塑形式及设备	页源
二、传递模塑工艺	页源
三、传递模塑工艺条件	页源
习题与思考题	页源
第七章 挤出成型	页源
第一节 单螺杆挤出机基本结构及作用	页源
一、加料装置	页源
二、料筒	页源
三、螺杆	页源
四、机头和口模	页源
第二节 挤出成型原理	页源
一、挤出过程和螺杆各段的职能	页源
二、挤出理论	页源
三、挤出机的生产率	页源
四、螺杆和机头（口模）的特性曲线	页源
五、影响挤出机生产率的因素	页源
第三节 挤出成型工艺	页源
一、挤出工艺流程	页源

二、典型挤出制品成型工艺	图苑
第四节 双螺杆挤出	图缘
一、双螺杆挤出机的结构与分类	图缘
二、双螺杆挤出机的工作原理	图元
三、双螺杆挤出机和单螺杆挤出机比较	图园
四、双螺杆挤出机的应用	图园
第五节 热固性塑料挤出	图园
一、热固性塑料挤出成型的基本原理	图园
二、与热塑性塑料挤出比较	图园
第六节 反应性挤出	图猿
一、反应性挤出的特点	图猿
二、反应性挤出加工的反应类型及制备聚合物类型	图猿
三、反应性挤出加工对设备的要求及工艺控制要点	图源
四、用于高分子改性的反应性挤出	图缘
五、用于聚合反应的反应性挤出	图元
第七节 橡胶的压出	图苑
一、压出机	图苑
二、压出工艺	图熙
三、压出成型的影响因素	图熙
第八节 合成纤维的螺杆挤出熔融纺丝	图员
一、合成纤维的纺丝	图员
二、涤纶纤维的熔融纺丝	图猿
三、螺杆挤出机纺丝	图猿
第九节 合成纤维的高速纺丝	图苑
一、高速纺丝与常规纺丝工艺路线的技术、经济比较	图苑
二、碳纤维生产的工艺过程	图愿
三、高速纺丝工艺条件	图熙
习题与思考题	图园
第八章 注射成型	图源
第一节 注射机的结构与作用	图源
一、注射机分类	图源
二、注射机的基本结构	图苑
三、注射机的工作过程	图员
第二节 注射过程原理	图猿
一、塑化过程	图猿
二、注射充模过程	图元
三、增密与保压过程	图员
四、倒流与冷却定型过程	图园
第三节 注射成型工艺及工艺条件	图源
一、注射成型工艺流程	图源

二、注射成型工艺条件的选择	目錄
第四节 橡胶注射成型	目錄
一、注射成型设备	猿園
二、注射过程及原理	猿猿
三、注射工艺条件	猿園
第五节 热固性塑料注射成型	猿远
一、热固性塑料注射成型原理	猿远
二、注射原料的要求	猿苑
三、热固性塑料注射机的结构特征	猿苑
四、注射工艺及成型条件	猿愿
第六节 反应注射成型	猿怨
一、反应注射成型工艺特点	猿园
二、反应成型设备	猿园
三、反应注射成型工艺流程和控制	猿园
第七节 气体辅助注射成型	猿源
一、气体辅助注射成型工艺过程	猿源
二、气体辅助注射成型设备	猿缘
三、气体辅助注射成型方法	猿缘
四、气体辅助注射成型特点	猿远
习题与思考题	猿愿
第九章 压延成型	猿怨
第一节 压延设备	猿怨
一、压延机的分类	猿怨
二、压延机的基本结构	猿员
第二节 压延成型原理	猿猿
一、物料在压延辊筒间隙的压力分布	猿猿
二、物料在压延过程中压缩和延伸变形	猿缘
三、物料在压延辊筒间隙的流速分布	猿远
第三节 压延成型工艺	猿愿
一、供料阶段	猿愿
二、压延阶段	猿怨
三、压延操作条件	猿园
第四节 影响压延制品质量的因素	猿园
一、压延效应	猿园
二、影响制品表面质量的因素	猿园
三、影响制品厚度的因素	猿猿
第五节 橡胶的压延	猿源
一、压延设备	猿源
二、压延前的准备工艺	猿源
三、压延工艺	猿缘

习题与思考题	猿愿
第十章 二次成型	猿怨
第一节 二次成型原理	猿怨
一、聚合物的物理状态	猿怨
二、聚合物的黏弹性形变	猿园
三、成型条件的影响	猿员
第二节 中空吹塑成型	猿圆
一、注射吹塑	猿圆
二、挤出吹塑	猿源
三、中空吹塑工艺过程的控制	猿远
第三节 拉幅薄膜成型	猿苑
一、平挤逐次双向拉伸薄膜的成型	猿愿
二、管膜双向拉伸薄膜的成型	猿园
第四节 热成型	猿员
一、热成型的基本方法	猿员
二、热成型设备和模具	猿远
三、热成型工艺及工艺条件	猿苑
第五节 合成纤维的拉伸	猿怨
一、拉伸的目的和作用	猿怨
二、拉伸过程进行的方式	猿园
三、合成纤维的后加工	猿园
第六节 合成纤维网络丝和空气变形丝的加工	猿猿
一、网络丝	猿猿
二、空气变形丝	猿缘
习题与思考题	猿愿
第十一章 其他成型工艺	猿怨
第一节 铸塑成型	猿怨
一、静态浇铸	猿怨
二、嵌铸	猿园
三、离心浇铸	猿员
四、流延铸塑	猿员
五、搪塑	猿圆
六、滚塑	猿猿
第二节 泡沫材料成型	猿源
一、泡沫材料成型原理	猿缘
二、泡沫材料成型方法	猿远
第三节 冷压烧结成型	猿怨
一、冷压制坯	猿怨
二、烧结	猿园
三、冷却	猿园

第四节	胶乳制品的加工	猿员
一、	胶乳工艺基本原理	猿员
二、	胶乳制品的制造工艺	猿猿
第五节	合成纤维的溶液纺丝	猿缘
一、	腈纶短纤维的生产工艺	猿缘
二、	腈纶长纤维的生产工艺	猿怨
第六节	合成纤维的冻胶纺丝法	猿园
一、	冻胶纺丝加工技术	猿园
二、	冻胶纺丝纤维的结构与性能	猿园
三、	超高强纤维的应用与开发	猿猿
	习题与思考题	猿猿
第十二章	计算机在聚合物加工过程中的应用	猿源
第一节	微型计算机控制系统概述	猿源
一、	计算机控制的一般概念	猿源
二、	微型计算机工业控制系统的组成及原理	猿苑
三、	计算机控制系统的基本功能和主要特点	猿愿
四、	输入输出过程通道	源园
第二节	可编程序控制器 (PLC)	源园
一、	可编程序逻辑控制器 (PLC) 的出现	源园
二、	可编程序控制器 (PLC) 的定义	源猿
三、	可编程序控制器 (PLC) 的特点和构成	源猿
四、	可编程序控制器 (PLC) 的应用和发展	源源
第三节	注射机的计算机控制	源缘
一、	注射机的程序控制	源远
二、	可编程序控制器对注射成型的顺序控制	源苑
三、	注射机的过程控制	源园
第四节	计算机在成型生产线上的应用	源源
一、	通用塑料挤塑生产线计算机控制	源源
二、	电力电缆生产线计算机控制	源源
三、	薄膜吹塑过程中的计算机控制	源缘
第五节	塑料加工中的计算机模拟	源苑
一、	塑料加工的模拟	源愿
二、	注射充模的流动分析	源怨
第十三章	高分子材料的环境问题	源园
第一节	高分子材料的环境问题	源猿
第二节	生产过程中的环境问题	源猿
一、	高分子化合物制备时的环境问题	源猿
二、	加工过程中的环境问题	源源
第三节	使用过程中的环境问题	源缘
一、	高分子材料燃烧引起的环境问题	源缘

二、废弃高分子材料引起的环境问题	源惠
第四节 与废弃高分子材料有关的环境法规	源园
第五节 对废弃高分子材料的对策	源员
一、节约使用量	源园
二、再生 (再循环)	源猿
附录 本书中英文代号的含义	源怨
主要参考文献	源愿

绪 论

一、高分子材料

材料是一个国家科学技术水平、经济发展水平和人民生活水平的重要标志，也是一个时代的重要标志。纵观人类社会，可以毫不夸张地说，人类社会的发展史也是一部材料的发展史，材料与人类的发展和进步息息相关，材料的每一次重大发现及其大量制造和使用，推动着人类社会向更新更高的阶段发展。几百万年来，人类已经经历了石器时代、青铜器时代、铁器时代，以水泥、玻璃、塑料、橡胶等为代表的非金属材料时代，~~图~~世纪将以复合材料和功能材料为特色。

习惯上，人们将材料分为金属材料、无机非金属材料 and 有机高分子材料（通常称为高分子材料）三大类。但从本质上看，无论哪一种材料都包含四个要素，即材料的制备（加工）、材料的结构、材料的性能和材料的使用性能。这四个要素是相互关联、相互制约的，如图 园员所示。可以说：

①材料的性质与现象是新材料创造、发展及生产过程中，人们最关注的中心问题；

②材料的结构与成分决定了它的性质和使用性能，而为了实现某种性质和使用性能，又提出了材料结构与成分的可设计性；

③材料的结构与成分受材料合成和加工所制约；

④为完成某一特定的使用目的制造的材料（制品），必须是最经济的，并符合社会的规范和具有可持续发展性。

而且，在材料的制备（加工）方法上、在材料的结构与性能关系的研究上、在材料的使用上，各种材料都是相互借鉴、相互渗透、相互补充的。作为材料，必须具备如下特点：

- ①一定的组成；
- ②可加工性；
- ③形状保持性；
- ④使用性能；
- ⑤经济性；
- ⑥再生性。

高分子材料是一门古老而年轻的学科。古老，指的是使用方面，从远古时期开始，人类就已经学会使用天然高分子材料，如存在于自然界的树脂、橡胶、皮毛、蚕丝、棉花、纤维素、木材等等；年轻，指的是从科学和工程的意义上研究高分子材料，从半合成和合成高分子材料出现之后，才不过一个半世纪。

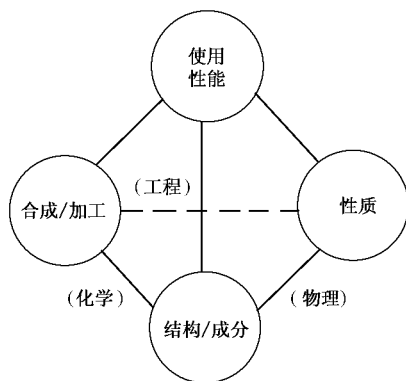


图 园员 材料四要素的关系

高分子材料^① 是一定配合的高分子化合物 (由主要成分树脂或橡胶和次要成分添加剂组成) 在成型设备中, 受一定温度和压力的作用熔融塑化, 然后通过模塑制成一定形状, 冷却后在常温下能保持既定形状的材料制品。因此, 适宜的材料组成、正确的成型加工方法和合理的成型机械及模具是制备性能良好的高分子材料的三个关键因素, 它们的关系如图 园园所示。

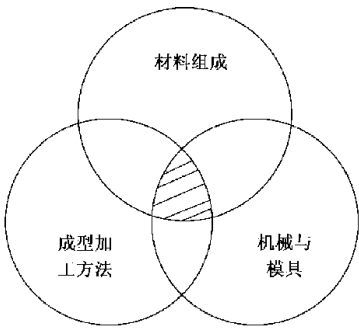


图 园园 制造高分子材料的三个关键因素

材料的组成及各成分之间的配比从根本上保证了制品的性能, 而作为主要成分的高分子化合物则对制品性能起主宰的作用。高分子材料通常指塑料、橡胶、化学纤维、涂料、黏合剂等。本书着重讨论塑料和橡胶制品, 兼及化学纤维。它们是分子很大、相对分子质量很高且具有多分散性的高分子化合物。由于天然高分子化合物生产周期较长、产量有限, 目前主要以人工合成为主。塑料和橡胶制品的差别主要在于它们的玻璃化温度。前者的玻璃化温度高于室温, 在室温下通常处于玻璃态, 呈现塑性; 后者的玻璃化温度低于室温, 在室温下通常处于高弹态, 呈现弹性。

高分子化合物的分类方法很多。如按来源分, 可将其分为改性天然材料和合成材料, 后者又可按聚合方法分为加聚物、缩聚物、逐步加成物; 按化学结构和是否具有多次重复加工性, 可以将塑料分为热塑性塑料和热固性塑料, 如图 园猿所示。

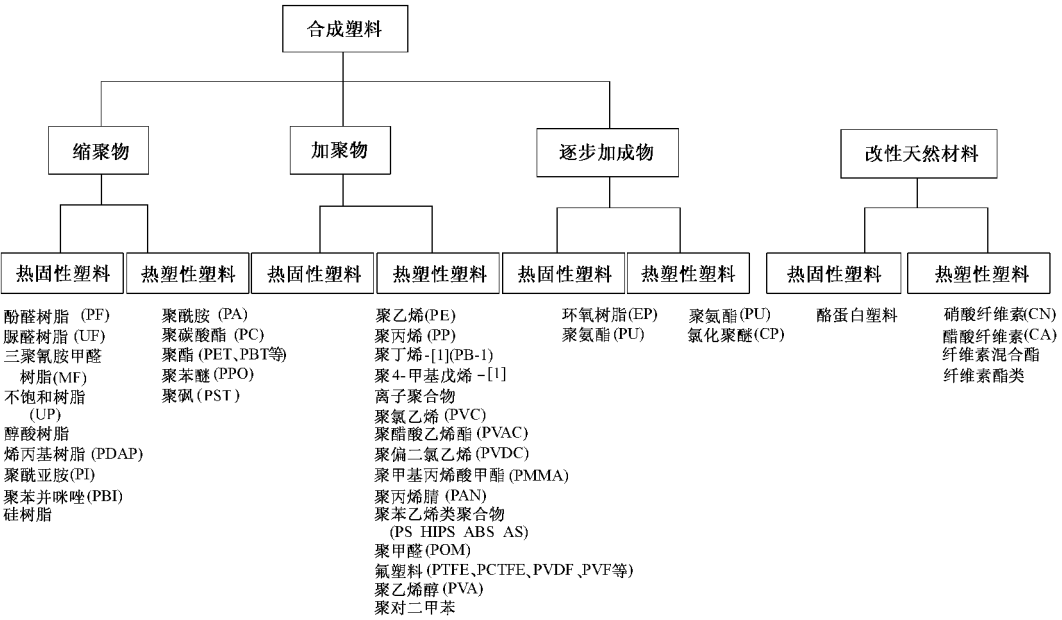


图 园猿 按生产方法、反应和结构对塑料的分类

必须指出: 热塑性塑料加工成型中产生的边角料、次品经过一定的处理后, 可返回掺入原料中重复使用, 其回收的废弃物也可再利用。而热固性塑料没有反复加工性, 不能重复塑

^① 在本书中, 高分子化合物、高聚物、聚合物、高分子树脂、橡胶 (生胶) 均指未加工前的原材料; 高分子材料、塑料 (制品)、橡胶制品均指加工后的制品。

