



教育部高职高专规划教材

高分子材料 基本加工工艺

● 王加龙 主编

Chemical Industry Press

66



化学工业出版社
教材出版中心

教育部高职高专规划教材

高分子材料基本加工工艺

王加龙 主编



化学工业出版社
教材出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

高分子材料基本加工工艺/王加龙主编. —北京: 化学工业出版社, 2004

(教育部高职高专规划教材)

ISBN 7-5025-5640-0

I. 高… II. 王… III. 高分子材料-加工-高等学校: 技术学院-教材 IV. TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 047921 号

**教育部高职高专规划教材
高分子材料基本加工工艺**

王加龙 主编

责任编辑: 于 卉

文字编辑: 谢蓉蓉

责任校对: 顾淑云 于志岩

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

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

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 18¼ 字数 451 千字

2004 年 7 月第 1 版 2004 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5640-0/G · 1469

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分吸取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

前 言

本书是教育部高职高专规划教材,是按照教育部对高职高专人才培养的指导思想,广泛吸取近几年来高职高专教育工作经验的基础上编写的。本书的内容体现了石油、化工、轻工和建材四大行业几十年来在教育 and 生产方面改革的经验和成果,是高分子材料加工专业的必备专业教材。

本书共分十一章,分上下两篇:上篇是“基础理论”,下篇是“基本工艺”。基础理论包括“高分子材料加工与流变学概论”、“高分子材料加工中的热行为”和“常用高分子材料”共三章;基本工艺包括“成型用物料的配制”、“塑料与橡胶挤出成型”、“塑料与橡胶注射成型”、“塑料与橡胶压延成型”、“泡沫塑料成型工艺”、“塑料与橡胶模压成型工艺”、“橡胶硫化与塑料交联”和“其他工艺方法”共八章。

在编写过程中既注意从本专业学生掌握基础理论的需要出发,又注意到培养学生的综合素质和应用专业知识的能力,在全面阐述成熟的基础理论和基本工艺前提下力求介绍高分子材料工业中的新材料、新设备、新工艺和新技术。书中的内容与生产实践结合紧密,使学生读完本书后对高分子材料的基本加工工艺有一定了解。

本书由常州轻工职业技术学院王加龙主编,并编写第一章第五节和第六节、第三章第二节和第三节、第五章第一节、第七章第二节、第八章、第十章第二节和第十一章。广东轻工职业技术学院吴清鹤主审。江苏技术师范学院周健编写第一章第一节至第四节和第二章。广东轻工职业技术学院王玫瑰编写第三章第一节和第六章第一节。湖南科技职业学院李跃文编写第四章第一节至第三节和第九章第一节。徐州工业职业技术学院王艳秋编写第四章第四节、第五章第二节、第六章第二节、第七章第一节和第三节、第九章第二节和第十章第一节。在编写过程中,得到了陶国良、戚亚光等同志的支持,在此表示衷心的感谢!

编 者

2004 年 4 月

内 容 提 要

本书详细阐述了高分子材料的基本理论和基本加工工艺，是高分子材料加工专业的一门专业课程必备的教材。

全书分为上、下两篇。上篇详细阐述了高分子材料加工的基础理论，如高分子材料在加工中的流变行为、热行为及常用的高分子材料；下篇详细阐述了物料的配制原理与工艺，挤出成型、注射成型、压延成型、泡沫塑料的成型、模压成型和其他成型方法，较为详细地阐述了橡胶在成型过程中的硫化工艺和塑料的交联工艺，本书的内容密切联系生产实际。适用于高职高专高分子材料加工专业师生，也可供相关技术人员参考。

目 录

绪论	1
一、高分子材料及其成型加工	1
二、高分子材料成型加工特性	2
三、《基本工艺》在 高分子材料成型加工中的作用	3
四、高分子材料加工工业的发展概况	3
习题	5

上篇 基础理论

第一章 高分子材料加工流变学概论	9
第一节 高分子流体的剪切流动	9
一、牛顿液体的流动	9
二、柏努利方程及其应用	11
三、高分子流体剪切流动状态的判别	12
四、非牛顿液体的流动	13
第二节 高分子材料流体的拉伸流动	14
一、拉伸流动与拉伸黏度	14
二、拉伸流动与剪切流动的关系	16
第三节 高分子熔体的黏性流动与弹性	16
一、高分子黏性流动的特点	16
二、影响高分子熔体黏度的因素	18
三、高分子熔体的弹性及影响因素	21
四、橡胶的弹性	24
第四节 高分子熔体在简单截面导管中的流动	27
一、高分子熔体在长圆管中的流动	27
二、高分子流体在狭缝形导管内的流动	31
三、高分子流体在环隙形导管内的流动	32
第五节 高分子材料加工中的聚集状态	34
一、加工过程中的结晶	34
二、成型-结晶-性能之间的关系	37
三、加工中的取向	40
第六节 流道中的计算	43
一、吹塑薄膜口模中定型段长度的计算	43
二、挤管机头中技术参数的计算	45

三、异型机头中技术参数的计算	46
四、流道中压力降的计算	46
习题	49
第二章 高分子材料加工中的热行为	51
第一节 高分子材料的热物理特性	51
一、热膨胀	51
二、热容	52
第二节 高分子材料在加工业中的热传导	53
一、传热基本概念	53
二、加工中的热传导	55
三、热扩散系数	60
第三节 高分子材料加工过程中的生成热	63
一、高分子熔体因摩擦而生成的热量	63
二、在周期应力作用下由内耗所引起的温升	64
三、高分子材料在成型加工中的化学反应热	66
习题	66
第三章 常用高分子材料	67
第一节 常用树脂	67
一、热固性树脂	67
二、通用热塑性树脂	73
三、热塑性工程塑料	78
第二节 常用生胶	83
一、天然橡胶	83
二、合成橡胶	85
三、其他橡胶品种	89
四、再生胶	90
第三节 热塑性弹性体	91
一、TPE 及其分类	91
二、TPE 的结构特征和性能	92
三、TPE 的配方、加工和应用	93
四、新型弹性体——茂金属聚合物	94
习题	98

下篇 基本工艺

第四章 成型用物料的配制	103
第一节 物料的初加工	103
一、物料的预处理	103
二、物料的输送与计量	106
三、塑料分散体及其制备	107
第二节 塑炼和混炼设备及工作原理	112

一、开炼机·····	112
二、密炼机·····	115
三、连续式塑炼设备·····	117
第三节 塑料的混合与塑化工艺·····	119
一、塑料的初混合·····	119
二、塑料的塑炼和混炼·····	122
三、橡胶的塑炼机理·····	125
第四节 橡胶的塑炼和混炼工艺·····	128
一、橡胶的塑炼工艺·····	128
二、橡胶的混炼工艺·····	135
习题·····	139
第五章 塑料与橡胶挤出成型 ·····	141
第一节 挤出成型概论·····	141
一、概述·····	141
二、塑料工业中的单螺杆挤出机·····	142
三、塑料在挤出机中的状态及流动·····	144
四、双螺杆挤出机·····	147
五、普通塑料制品挤出加工工艺简介·····	149
第二节 橡胶挤出工艺·····	163
一、橡胶在挤出机中的变化·····	163
二、橡胶挤出工艺方法及工艺条件·····	165
习题·····	168
第六章 塑料与橡胶注射成型 ·····	170
第一节 塑料注射成型原理·····	170
一、塑料注射成型机的主要技术参数·····	170
二、塑料注射工艺过程·····	172
第二节 橡胶注射成型·····	176
一、橡胶在注射成型机中的变化·····	177
二、橡胶注射成型工艺原理·····	179
习题·····	185
第七章 塑料与橡胶压延成型 ·····	186
第一节 压延成型概论·····	186
一、压延机主要技术参数·····	187
二、高分子材料在压延机辊筒间的流动状态·····	188
第二节 塑料压延成型·····	191
一、SPVC 塑料薄膜的压延工艺·····	191
二、硬 PVC 片材的压延成型·····	196
第三节 橡胶压延成型·····	197
一、橡胶压延前的准备·····	197
二、橡胶压延工艺方法及工艺参数·····	199

三、橡胶压延工艺参数及其分析·····	202
四、压延机的调试、操作、维护和保养·····	205
习题·····	206
第八章 泡沫塑料成型工艺 ·····	207
第一节 气泡形成原理和发泡方法·····	207
一、概述·····	207
二、泡沫塑料气泡形成原理·····	208
三、泡沫塑料的发泡方法·····	208
四、发泡助剂·····	210
第二节 物理发泡法·····	210
一、PS 泡沫塑料·····	210
二、溶解惰性气体发泡法成型 SPVC 泡沫塑料·····	213
三、PE 的低沸点液体物理发泡法的挤出成型·····	213
第三节 化学发泡法·····	214
一、化学发泡剂的特性与选择·····	214
二、化学发泡法模压成型 SPVC 泡沫拖鞋·····	215
三、化学发泡法注射成型 SPVC 泡沫塑料拖鞋·····	215
四、化学发泡法低发泡挤出 RPVC 型材·····	215
五、PE 塑料的交联·····	216
六、化学发泡法模压 PE 泡沫塑料·····	217
七、化学发泡法 PE 泡沫塑料的挤出成型·····	217
八、化学发泡法 PE 泡沫塑料注射工艺·····	218
九、聚氨酯泡沫塑料及其成型·····	218
习题·····	222
第九章 塑料与橡胶模压成型 ·····	224
第一节 塑料模压成型·····	224
一、模压成型原理·····	225
二、热固性塑料模压成型工艺·····	225
第二节 橡胶模压成型·····	232
一、橡胶模压成型原理·····	232
二、橡胶模压成型工艺·····	234
习题·····	235
第十章 橡胶硫化与塑料交联 ·····	237
第一节 橡胶硫化·····	237
一、硫化历程及胶料性能的变化·····	237
二、正硫化及其测定方法·····	239
三、硫化介质与硫化工艺方法·····	243
四、硫化时间的计算·····	248
第二节 塑料交联·····	251
一、热固性塑料的交联作用·····	251

二、热塑性塑料的交联.....	254
习题.....	255
第十一章 其他工艺方法	256
第一节 塑料的热成型与冷成型.....	256
一、热成型的基本方法及其特点.....	256
二、热成型的设备及工艺要求.....	257
三、热成型工艺实例.....	259
四、冷成型.....	261
第二节 浇铸成型.....	261
一、概述.....	261
二、MC 尼龙静态浇铸.....	262
三、PMMA 的浇铸.....	263
四、搪塑成型.....	265
五、其他几种浇铸工艺.....	266
第三节 其他成型方法.....	266
一、中空吹塑.....	266
二、人造革的涂覆成型.....	269
三、涂层工艺.....	271
第四节 废旧塑料的回收与再生利用.....	271
一、废旧塑料中杂质的清除.....	272
二、塑料的鉴别与分类.....	272
三、塑料的再生和利用.....	272
习题.....	273
附录 计量单位与换算关系	274
参考文献	280

绪 论

学习目的与要求

1. 掌握高分子材料的基本概念和基本特性；
2. 掌握高分子材料原料生产和制品生产的关系；
3. 了解高分子材料发展历程。

现代文明和未来的进步由“能源工程”、“信息工程”、“生物工程”和“材料工程”四大支柱支撑着。材料的发展直接影响到人类生活和科学技术的状况。人们通常将材料分为“金属材料”、“无机非金属材料”和“有机高分子材料”（简称“高分子材料”）。高分子材料原料丰富、性能优良，在材料领域中所占的位置日益重要。

高分子材料从来源来分，可分为“天然高分子材料”和“合成高分子材料”。天然高分子材料种类也很多，如蛋白质、纤维素、天然橡胶等。本课程基本上不讨论其他天然高分子材料，只涉及到天然橡胶。合成高分子材料主要是三大合成材料，即塑料、合成橡胶和合成纤维。严格地讲，高分子材料还包括涂料、黏合剂与其他材料，但人们已习惯将高分子材料称为三大合成材料。这三大合成材料比传统材料将有更大的发展前景。

什么叫高分子？通常认为相对分子质量超过1万的材料称为高分子化合物。但有时相对分子质量不到1万的也称为高分子化合物。应当注意，“高分子化合物”和“高分子材料”的主要区别是：高分子化合物是一种物质，将高分子化合物经过工程技术处理后才能成为高分子材料；高分子材料再经过成型加工，才能进入实用领域，成为高分子制品或成品。研究高分子化合物、高分子材料及高分子制品的学科叫做高分子学科。

在高分子领域里，有几个词比较含混：高分子又有人称为大分子，也有将高分子称为高聚物或聚合物。作者认为：高分子或称大分子应该包括“天然的较高相对分子质量的物质”（如天然橡胶、蛋白质等）和“人工合成的较高相对分子质量物质”。聚合物只是人工合成的较高相对分子质量物质的一部分，只指人工合成的由许多重复单元连接而成的较高相对分子质量物质 [如聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP）等]，而不包括人工合成胰岛素等有机高分子化合物，也不包括人造水晶等无机高分子。

一、高分子材料及其成型加工

塑料是以树脂（有时用单体在加工过程中直接聚合）为主要成分，一般含有添加剂、在加工过程中能流动成型的材料。（注：目前塑料一词尚无确切定义，一般不包括弹性体、纤维、涂料、黏合剂。）如果说塑料还能以其组成和加工过程中的流动成型来阐述，那么，橡胶和纤维却无法这样清楚表达其定义，只能以这些材料在使用过程中的某些特性来阐述。例

如，橡胶是具有高弹性，能在外力作用下变形，除去外力后又恢复原来形状的材料，橡胶是具有独特的高弹性、优异的疲劳强度、极好的电绝缘性与耐磨性的材料。纤维在工业上则是指柔韧、纤细的丝状物，有相当的长度、强度和弹性。

高分子材料加工是将高分子材料转变成所需形状和性质的实用材料或制品的工程技术。例如，塑料成型加工是一门工程技术专业的总称。培养工程技术人员，就应该让学生尽早地接触工程、认识工程、具有工程意识，具有工程师的思维模式。所涉及的内容是将塑料材料转变为塑料制品的各种工艺和工程。将塑料材料转变为塑料制品也就是增添其使用价值。在转变的工艺过程中常会发生以下一种或几种情况：化学变化、流动以及物理性能的改变。当然，橡胶的成型加工也有类似情形。

《高分子材料基本加工工艺》（简称《基本工艺》）的内容分为两大部分：第一部分是“基础理论”，主要有这几方面：①高分子材料的流变行为及其基本特性。②在成型加工过程中能量的交换及其变化规律。如热量的传递与定量计算，机械能、电能与热能之间的相互转化与定量计算。③常用高分子材料及其基本特性。第二部分为“基本工艺”。①成型用物料的配制原理及工艺流程。②高分子材料的挤出成型的基本原理和工艺过程。③高分子材料的注射成型的基本原理和工艺过程。④高分子材料的压延成型的基本原理和工艺过程。⑤泡沫塑料的工艺原理及工艺参数。⑥高分子材料的模压工艺原理和工艺参数。⑦橡胶的硫化和塑料的交联的基本原理和工艺参数。⑧其他工艺方法的基本原理和工艺参数。

通过本课程的学习，使学生对高分子材料加工概况有个总体的了解。如果我们将高分子材料加工行业看成一个“公园”，而《基本工艺》这门课程就是这个公园的一张“导游图”。当你毕业后工作时，你必然在这个公园的某个“景点”（即某一个高分子材料加工工种）进行深入细致的研究；这时你就可能发现：用同一材料加工成同一产品时，有时会有两种或两种以上的工艺路线；这时，工业生产中就有最优化的问题需要解决。用何种工艺路线能达到产品质量好，生产效率高，设备投资少，制品成本低。当你走到这一层次时，你就深深地感受到《基本工艺》对你成才的早期影响和贡献。

形状转变往往是为满足使材料转化为制品这一过程而进行的。大多数情况下是使高分子材料流动或变形来实现形状的转变。要使高分子材料流动，往往采用加热，而使流动状态的材料定型又必须将热量散发出来。高分子材料结构的转变包括高分子材料的组成、组成方式、微观和宏观结构的变化等，也包括高分子材料结晶和取向所引起材料聚集态的变化。这种转变主要是为满足对成品内在质量的要求而进行的，一般通过配方设计（即材料按适当的比例混合），采用先进的工艺流程和适宜工艺参数来实现。成型加工过程中高分子材料结构的转变有些是材料本身所固有的，亦或是有意进行的，有些则是不正常的加工方法或工艺参数所引起的。如何才能使高分子材料在成型加工过程中，使这些转变向着我们所期望的方向进行呢？首先要深刻理解和熟悉这些转变过程中的基本原理和基本工艺，而这正是这门课程的主要任务。当然，实际生产经验也是不可少的。

二、高分子材料成型加工特性

高分子材料具有许多优良性能，如质轻、电气绝缘性好、隔热性能好等（当然，高分子材料也有其本身的不足，如力学强度低、耐老化性能差、易燃烧等）。然而，在这许多优良性能中，一个突出优点就有可能使这些高分子材料的发展前景十分乐观。这个突出的优点就是其优异的加工性能，即能便易而廉价地加工，采用简单操作就能生产出几何形状相当复杂

的制品，加工成本很少超过材料的成本。

高分子材料在加工过程中常受到挤压作用，例如物料在挤出机和注射机料筒中、压延机辊筒间以及在模具中都受到挤压作用。**可挤压性**是指聚合物通过挤压作用形变时获得形状和保持形状的能力。只有深入研究高分子材料的可挤压性，才能对材料和工艺方面作出正确的选择和控制。通常条件下处于固体状态的物料不能通过挤压而成型，只有当高分子材料处于黏流态时才能通过挤压获得宏观而有用的变形。在挤压过程中，熔体主要受到剪切作用，因此可挤压性主要取决于熔体的剪切黏度，有时也涉及到拉伸黏度。

可模塑性是指材料在温度和压力作用下形变和在模具中模塑成型的能力。具有可模塑性的材料可通过注射、模压和挤出等成型方法制成各种形状的模塑制品。可模塑性主要取决于材料的流变性、热性能和其他物理力学性能等。对于热固性高分子材料，可模塑性还与其化学反应性性能有关。模塑条件不仅影响高分子材料的可模塑性，而且对制品的力学性能、外观、收缩以及制品中的结晶和取向等都有广泛影响。还有，模具的结构、尺寸等也影响高分子材料的加工和产品的性能。

可延性表示无定形或半结晶固体聚合物在一个方向或两个方向上受到压延或拉伸应力时变形的能力。材料的这种性质为生产长径比（有时是长度对厚度的比）很大的制品提供了可能。利用高分子材料的可延性，可通过压延或拉伸工艺生产薄膜、片材和纤维。高分子材料的可延性取决于材料产生塑性变形的能力和应变硬化作用。可延性也使高分子材料能产生高倍的拉伸变形，使其形成高度的分子取向材料。

其他工艺性（如可纺性）有时也不可少，热固性塑料的固化速率也属于工艺性的一部分，本书将不阐述。

三、《基本工艺》在高分子材料成型加工中的作用

高分子材料工业共包含“原材料生产”（即包括树脂、生胶和半成品的生产）和“制品生产”两个系统。这两个系统相辅相成。若没有原材料的生产（或原材料生产滞后），则制品的生产就成了无源之水；当然，没有制品生产（即加工工业），那么再多再好的原材料也不能进入使用领域，不会成为生产或生活资料。而《基本工艺》就是制品生产系统中的“灵魂”（即理论依据）。

原材料生产系统是指将单体聚合成高分子材料，这在《高分子化学》课程中已做详细论述。制品生产系统是指将高分子材料成型加工为制品的过程。对于某些制品，采用何种原辅材料、什么样的成型方法，工艺和工程问题如何解决，这些问题将在《塑料成型工艺学》和《橡胶工艺学》等课程中系统阐述。本课程的注意力应集中到这些工艺、工程的原理和基本工艺上。若不熟悉基础理论，则成型工艺和工程就带有盲目性，就有可能陷入“经验主义”的泥潭。如果熟悉这些原理，那就有助于发展创造性的工程构思，引导新的改进设计，在成型加工的领域就有较大的“自由度”。

《基本工艺》主要有“挤出成型”、“注射成型”、“压延成型”、“模压成型”“橡胶的硫化工艺”及“其他工艺”。这些基本工艺几乎覆盖了高分子材料加工领域的全部。

四、高分子材料加工工业的发展概况

高分子材料的加工应用经历了一个曲折的发展过程。在人类原始社会时期，人们绝大多

数使用天然高分子材料（如植物的纤维、动物的皮毛）作为维持生存的最低生活资料，偶尔也用石块这些无机材料。在这种情况下，高分子材料的利用率较高。随后，随着生产力和科学技术的进步，大量的金属材料被利用，在这段时期内，高分子材料的利用率相当小。进入20世纪以来，尤其是第一、第二次世界大战以来，高分子合成材料的问世和发展，高分子材料的应用比例又在不断地上升，到目前为止，金属材料、无机非金属材料和高分子材料已成鼎足之势。

高分子材料工业的发展经历了大约有100年的时间。第一时期为萌芽期，1872年，A. Bayer 合成了酚醛（PF）树脂，1907年，Baekeland 分别在酸性催化剂和碱性催化剂下合成了线性 PF 和体型 PF。1909年，酚醛塑料用作电气绝缘材料（俗称“电木粉”），1932年，PF 塑料电话机问世。这段时期的特点是：品种少，成型设备原始且粗糙，工艺不成熟。第二个阶段为发展期，这个时期的特点是塑料品种增加很快，成型设备有很大的改进，工艺逐渐成熟。1930年合成了聚苯乙烯（PS）。1927~1931年，美国和德国先后生产了有机玻璃（PMMA），1938年合成了聚四氟乙烯（PTFE）。聚氯乙烯（PVC）在第二次世界大战中合成了。1938年，英国人合成了 8gPE 粉末，1939年，英国建立了世界上第一个高压 PE 厂。1953年，Ziegler（齐格勒）用三乙基铝/ TiCl_4 在常压下使乙烯聚合。1954年，G. Natta（纳塔）改进了催化剂，合成了等规聚丙烯。第三个时期为变革期，在这段时期，虽然品种增加得不多，但产量有很大的提高，质量有很大改善，成型设备逐渐成熟且定型，工艺控制精确。高分子材料的工程化和功能化方面得到长足的进展，人们致力于研究高分子材料的接枝、共聚、补强、共混及合金化，以提高物理力学性能，或得到透光、抗冲、耐寒、耐热、阻燃、耐候等性能，以提高材料的性能-价格比（即性价比）。

从总体来说，塑料工业是一个新兴的工业，尤其是我国，塑料工业方兴未艾。

橡胶工业则既古老又富有朝气。早在1735年，人们就学会从橡胶树上割取胶乳制造胶鞋、容器等橡胶制品。1823年，英国建立了世界上第一个橡胶工厂，用溶解法生产防水胶布。1826年，Hancock 发明了橡胶塑炼机。橡胶经过塑炼后弹性下降，可塑度提高。这一发明奠定了现代橡胶加工方法的基础。1839年，Goodyear 发现了橡胶与硫磺一起加热可以消除橡胶制品“冷则变硬、热则发黏”的缺陷，而且可以大大提高橡胶的弹性和强度。硫化过程的发现，开辟了橡胶制品广泛应用的前景，有力地推动了橡胶工业的发展。直到今天，橡胶工业中基本上依然采用硫磺硫化的方法。因此，可以毫不夸张地说，硫化过程的发现是橡胶工业发展史上的一个里程碑。1900年以来，对天然橡胶的结构的研究得到突破性的进展，合成橡胶登上了历史舞台。在第一次世界大战期间，德国人用二甲基丁二烯合成了橡胶。1916年，用炭黑作橡胶补强剂，这不仅降低了橡胶制品的成本，而且大大改善了橡胶制品的性能，如汽车轮胎的强度、磨损等物理力学性能。炭黑的应用是橡胶工业史上又一里程碑。1937年，丁腈橡胶人工合成。自人工合成橡胶以来，无论是品种还是产量，均已远远超过天然橡胶。近年来，液体橡胶、热塑性橡胶及粉末橡胶的研制与应用，为橡胶工业的发展开辟了崭新的远景。

天然纤维的应用与人类社会的发展同步，而合成纤维的应用与塑料材料相似，是一个极年轻的工业。1927年，聚酯和聚酰胺合成并纺丝成功。1934年氯化聚氯乙烯（CPVC）纤维投入市场。1935年 PA66 纤维投产，1939年 PA6 纤维投产，1950年聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）纤维和聚丙烯腈纤维（人造羊毛）投产。现在，合成纤维的产量大大超过了天然纤维的产量。

习 题

1. 名词术语

高分子 高分子化合物 高分子材料 塑料 橡胶 纤维 成型加工

2. 高分子材料加工性能基本特性是什么？

3. 高分子材料基本加工工艺所研究的内容主要有哪些？

4. 基本工艺在高分子材料工业的作用如何？

