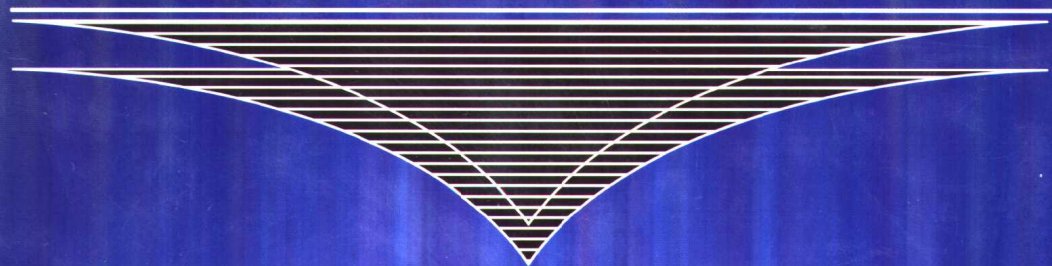


“十五”国家重点图书



塑料工业手册

HANDBOOK OF PLASTIC INDUSTRY

聚酰胺

彭治汉 施祖培 主编

化学工业出版社

“十五”国家重点图书

塑料工业手册

聚 酰 胺

彭治汉 施祖培 主编

江苏工业学院图书馆
藏书章

化学工业出版社
·北 京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

聚酰胺/彭治汉,施祖培主编. —北京:化学工业出版社, 2001.12
(塑料工业手册)
ISBN 7-5025-3375-3

I. 聚… II. ①彭…②施… III. 聚酰胺-基础理论 IV. TQ323.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 044880 号

“十五”国家重点图书

塑料工业手册

聚 酰 胺

彭治汉 施祖培 主编

责任编辑: 龚浏澄 丁尚林

责任校对: 陶艳华

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新甲 3 号 邮政编码 100029)

发行电话 (010)64918013

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 787×1092 毫米 1/16 印张 45½ 字数 1130 千字

2001 年 11 月第 1 版 2001 年 11 月北京第 1 次印刷

印 数 1—1000

ISBN 7-5025-3375-3/TQ·1393

定 价: 98.00 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

本分册编写人员

- 第一章 彭治汉
第二章 施祖培
第三章 王建华 贺谷辉
第四章 熊远凡
第五章 彭治汉 张德明
第六章 冯美平
第七章 郭德凡
第八章 郭德凡
第九章 彭小平 彭治汉
第十章 邓如生 陈百军
第十一章 熊远凡 彭治汉
第十二章 陈百军

序

材料是现代科学技术和社会发展的支柱，高分子材料在尖端技术、国防建设和国民经济各个领域已成为不可缺少的重要材料。合成树脂和塑料世界年产量目前已高达 1.4 亿吨以上，占三大合成材料产量 80% 以上。我国国民经济和高科技已进入高速发展时期，对高性能、廉价的高分子材料的需求日益增加。据报道，近年来我国五大合成树脂（PE，PP，PVC，PS，ABS）年需求量为 1300 万吨左右，塑料制品总产量居世界第二位（1600 万吨以上），农地膜产量居世界首位，地膜和棚膜覆盖面积分别突破 1 亿亩和 1000 万亩，均居世界首位。我国是世界人口大国，需求量大，与先进国家对比，国产树脂在产品品种、质量、技术水平、生产成本等方面还有较大差距，每年还需要从国外进口大量高档次树脂，大量废弃塑料制品的回收处理和再生利用等问题亦有待解决，希望发展能与环境协调、高效益的高分子材料制备技术。

科学技术进步日新月异，合成树脂及塑料的性能不断得到提高。有关实现通用高分子材料的工程化和工程高分子材料的高性能化方面的新技术、新措施的报道不断出现。纳米材料在高新技术领域有极为广阔的应用前景，被称为“21 世纪最有前途的材料”。金属、无机非金属和聚合物的纳米微粒、纳米丝、纳米薄膜、纳米块体以及由不同组元和联结型构成的纳米复合材料将构成丰富多彩的纳米材料世界。塑料制品的质量取决于原料的选择和加工条件，塑料的成型加工是控制制品结构和性能的中心环节，其任务是：了解原料的加工特性，确定最适宜的加工条件，制备最佳性能的产品。它是一门学科交叉，科学与工程紧密结合的学科，内容涉及化学、物理、力学、机械、数理逻辑、计算机等多学科，对它早已不再停留在“来料加工”的概念。这些皆是我们在近期需要赶超的。

本手册执笔人皆是在科研、生产、信息或高教战线有多年工作经验的知名专家学者。本手册对塑料的制备、加工工艺、成型机械、制品与模具设计、质量控制和使用的基本知识、世界合成树脂的发展概况等作了比较详尽的介绍和综合评述；对合成树脂的聚合机理和结构与性能作了充分论述，并重点阐述了塑料的改性、成型加工工艺。目的在于使从事合成树脂及塑料科技工作者、高校师生和使用部门对这一学科和行业领域的现状、水平、存在问题以及发展趋势有所了解，在运用这一领域的成就的同时，共同努力，力求在基础性研究的某些领域有所创新，达到国际先进水平，开发新产品，使我国合成树脂和塑料，跃上一个新台阶。

徐倬

1999 年 1 月 20 日，成都

前 言

聚酰胺家族的第一位成员诞生以来, 历经 60 多年, 形成了一个非常重要的工业部门, 全世界的产量已接近 600 万 t。在聚酰胺工业化之初, 主要开发纤维用途, 如今在服装、装饰和产业用等领域获得广泛应用。由于各种相互竞争的纤维的开发, 聚酰胺纤维的年产量虽已超过 400 万 t, 但近年来发展缓慢, 预计今后将以较低的速度增长。与此相反, 发展较晚的塑料, 由于具有高强韧度、耐磨、自润滑、耐油和耐化学腐蚀等优良的综合性能, 以及较佳的性能价格比, 在世界主要工程塑料的生产应用数量中一直雄居榜首, 年生产能力已超过 170 万 t, 今后还将以较高的速度增长。

我国早在 20 世纪 50 年代就已开始研究和开发聚酰胺树脂, 到目前为止, 涉及的品种有尼龙 6、尼龙 66、尼龙 11、尼龙 1010、尼龙 610、尼龙 9、尼龙 4、尼龙 12、MXD-6、铸型尼龙、RIM 尼龙、芳香族聚酰胺、石油发酵尼龙和纳米尼龙等, 其中有些形成了生产能力。随着国家经济建设的蓬勃发展, 聚酰胺工程塑料在我国各种机械、交通运输、电子电器、日用工业零部件以及涂料、薄膜等领域得到广泛应用, 在取代金属、节约能源、劳动保护和提高工效等方面, 日益显示出聚酰胺工程塑料的优越性, 取得了显著的效果。但迄今为止, 我国工程塑料用聚酰胺树脂的产量还不小, 品种、数量和质量不能完全满足要求, 有的尚需依赖进口, 技术水平也有待进一步提高, 就整体而言, 尚处于发展的初级阶段, 预计今后将处于快速发展阶段。

本书是《塑料工业手册》中的一员, 编写时力求全面准确地充分反映当代世界聚酰胺的最新研究成果和技术发展水平, 内容包括原料单体的合成、聚合、聚酰胺的表征和剖析、结构、熔融加工基础理论、加工技术、性能测试和标准、增强增韧阻燃等改性技术、聚酰胺塑料及其用途、回收利用和再生技术, 以及聚酰胺酰亚胺和聚酰亚胺等, 要求既有一定的理论深度, 又紧密结合实际, 为我国聚酰胺工程塑料的发展, 为相关的教学和科研人员、从事实际生产和应用的工程技术、管理、营销人员, 提供系统、实用、内容丰富的参考书。

本书由彭治汉、施祖培主编, 各章撰稿人为: 第一章彭治汉; 第二章施祖培; 第三章王建华、贺谷辉; 第四章熊远凡; 第五章彭治汉、张德明; 第六章冯美平; 第七章和第八章郭德凡; 第九章彭小平、彭治汉; 第十章邓如生、陈百军; 第十一章熊远凡、彭治汉; 第十二章陈百军。全书由彭治汉、施祖培审核、校对, 彭治汉终审定稿。在编写过程中, 承蒙化学工业出版社以及作者所在单位中国石油化工集团公司聚酰胺技术开发中心和岳阳石油化工总厂研究院的大力支持、关心和帮助, 在此表示衷心的感谢。

限于编著者的水平, 不妥和错误之处在所难免, 敬请读者指正。

编著者于岳阳石化

2001 年 6 月

目 录

第一章 绪论	1
1.1 概述	1
1.1.1 发展简史	1
1.1.2 定义和命名法	3
1.1.3 种类和基本特征	6
1.1.4 基本特性	11
1.2 聚酰胺树脂与工程塑料	14
1.3 国内外生产厂家和产能	16
1.4 国内外生产和需求结构	17
1.4.1 生产量和产业现状	17
1.4.2 需求分析	18
1.5 聚酰胺在社会各产业中的应用	20
1.6 国内外聚酰胺工业技术现状与展望	22
1.6.1 不断改进原料生产工艺, 扩展原料来源, 减少环境污染	22
1.6.2 聚合技术现状和发展动向	23
1.6.3 聚酰胺树脂的改性	24
参考文献	26
第二章 聚酰胺化反应和化学	28
2.1 概述	28
2.2 中间体	28
2.2.1 己二酸	28
2.2.2 己二胺	32
2.2.3 己内酰胺	33
2.2.4 其他中间体	35
2.3 水解聚合	38
2.3.1 AABB型尼龙	38
2.3.2 AB型尼龙	44
2.4 离子聚合	47
2.4.1 阳离子聚合	47
2.4.2 阴离子聚合	47
2.5 固相聚合	51
2.6 其他聚合技术	52
2.7 缩聚和平衡	53
2.8 反应动力学	56
2.9 分子量, 反应程度和不平衡	57
2.10 分子量分布	61
2.11 共混合交换反应	63
2.12 尼龙的降解	64

2.12.1 水解	64
2.12.2 热降解	65
2.12.3 氧化降解	70
2.13 化学侵蚀	73
2.13.1 溶解度和溶剂效应	73
2.13.2 无机金属盐溶液的作用	74
参考文献	75
第三章 聚酰胺的表征和剖析	78
3.1 概述	78
3.1.1 聚酰胺的鉴定方法	78
3.1.2 组分分析	81
3.1.3 水分含量分析	81
3.2 分离技术	82
3.2.1 聚酰胺的鉴定	82
3.2.2 单体和低聚物的定量	86
3.2.3 添加剂的测定	89
3.3 分子量和分子量分布	89
3.3.1 分子量的概念及测定方法	89
3.3.2 端基分析法	89
3.3.3 气相渗透压法	91
3.3.4 光散射法	91
3.3.5 粘度法	92
3.3.6 尺寸排阻色谱法	94
3.3.7 分子量分布	97
3.4 红外光谱和拉曼光谱	98
3.4.1 仪器与制样技术	99
3.4.2 聚酰胺的鉴定	100
3.4.3 结晶度	101
3.4.4 取向度	102
3.5 核磁共振	103
3.5.1 均聚物	103
3.5.2 多元共聚物	106
3.5.3 共混物	107
3.5.4 结晶形态	107
3.6 X射线衍射	108
3.6.1 仪器与材料	108
3.6.2 结晶度	109
3.6.3 相组成	110
3.6.4 晶粒尺寸与完整性	110
3.6.5 取向度	111
3.6.6 片晶和原纤结构	112
参考文献	113
第四章 聚酰胺的物理结构、转变和弛豫	117
4.1 晶体结构	118

4.1.1	α 结构	120
4.1.2	γ 结构	122
4.1.3	晶型转变	122
4.1.4	几种主要聚酰胺的结晶结构	123
4.2	结晶动力学	126
4.2.1	聚酰胺的结晶能力及结晶形成过程	126
4.2.2	结晶速度及其影响因素	127
4.2.3	聚酰胺的结晶动力学参数	129
4.2.4	聚酰胺的共混物和共聚物的结晶行为	132
4.3	形态学	135
4.3.1	结晶形态学	135
4.3.2	取向态结构	140
4.4	结晶度	141
4.4.1	聚酰胺的结晶度及其影响因素	141
4.4.2	结晶度对聚酰胺物理力学性能的影响	143
4.5	转变和弛豫	145
4.5.1	熔融转变	145
4.5.2	Brill 转变	148
4.5.3	弛豫	149
	参考文献	154
	第五章 聚酰胺熔融加工基础理论	156
5.1	概述	156
5.2	聚酰胺分子的热运动特征	156
5.2.1	聚酰胺分子热运动的主要特点	156
5.2.2	聚酰胺的力学状态和热转变	158
5.3	聚酰胺的玻璃化转变现象	159
5.3.1	玻璃化转变温度的测定	160
5.3.2	影响玻璃化转变的因素	161
5.4	聚酰胺的粘性流动	163
5.4.1	聚酰胺粘性流动的特点	163
5.4.2	影响聚酰胺粘流温度的因素	164
5.4.3	聚酰胺熔体粘度的测定	165
5.4.4	聚酰胺熔体的剪切流动	169
5.5	PVT 方程	176
5.5.1	实验	177
5.5.2	结果	177
5.6	聚酰胺的溶混性	183
5.6.1	聚酰胺与填料的溶混性	183
5.6.2	聚酰胺与其他高聚物的溶混性	186
	参考文献	187
	第六章 加工技术	189
6.1	概述	189
6.2	物料处理和干燥	189
6.2.1	物料处理	189

6.2.2 聚酰胺切片干燥	190
6.3 注塑	194
6.3.1 注塑设备	194
6.3.2 模具设计	197
6.3.3 注塑工艺及操作	201
6.3.4 注塑的不正常现象及解决办法	205
6.3.5 小结	207
6.4 挤塑	207
6.4.1 挤塑设备	208
6.4.2 挤塑机的操作	213
6.4.3 工艺控制	214
6.4.4 挤塑品种	215
6.5 吹塑	226
6.5.1 简介	226
6.5.2 聚酰胺品种对吹塑工艺的影响	227
6.5.3 吹塑工艺	229
6.5.4 应用	230
6.6 铸塑和反应注塑	230
6.6.1 铸塑	230
6.6.2 反应注塑	241
6.7 粉末涂装	245
6.7.1 概述	245
6.7.2 粉末涂装用聚酰胺树脂	246
6.7.3 粉末熔融涂装法	249
6.7.4 静电粉末涂装法	250
6.7.5 粉末电泳涂装法	251
6.7.6 尼龙粉末涂料的应用	251
6.7.7 卫生、安全与环保	252
6.8 共混	252
6.8.1 概述	252
6.8.2 聚合物共混的热力学	253
6.8.3 聚酰胺共混物相容性的判断	254
6.8.4 聚酰胺共混物	257
6.9 溶液浇铸	269
6.9.1 概述	269
6.9.2 用于粘合的聚酰胺	269
6.9.3 商品化的粘合用聚酰胺	271
6.9.4 纱线粘合	272
6.10 其他加工方法	274
6.10.1 旋转模塑	274
6.10.2 反应挤出	279
参考文献	284
第七章 聚酰胺的性能	287
7.1 概述	287

7.2 影响聚酰胺性能的因素	289
7.3 力学性能	290
7.3.1 拉伸性能	290
7.3.2 弯曲性能	293
7.3.3 压缩性能	295
7.3.4 剪切性能	296
7.3.5 冲击性能	296
7.3.6 硬度	300
7.4 机械耐久性能	301
7.4.1 蠕变	301
7.4.2 载荷形变	303
7.4.3 耐疲劳性能	304
7.4.4 耐磨性、摩擦及磨耗	305
7.5 聚酰胺的吸湿性能、密度及尺寸稳定性	306
7.5.1 聚酰胺的吸湿性能	306
7.5.2 尺寸稳定性	311
7.5.3 密度	314
7.6 耐环境性能	316
7.6.1 耐化学性能	316
7.6.2 在空气中抗高温性能	319
7.6.3 抗热水和蒸汽性能	320
7.6.4 耐候性	321
7.6.5 抗辐射性能	322
7.7 热性质	322
7.7.1 比热容、热变形温度	323
7.7.2 熔点	324
7.7.3 玻璃化转变温度	327
7.7.4 分散温度	329
7.7.5 导热系数和燃烧热	329
7.8 电性能	330
7.9 光学性能	332
7.10 聚酰胺树脂对环境的影响	332
7.10.1 引言	332
7.10.2 生产	332
7.10.3 废物处理	333
7.11 燃烧性	334
参考文献	334
第八章 性能测试与标准	335
8.1 试样的制备	335
8.1.1 模压试样的制备	335
8.1.2 注塑试样的制备	336
8.1.3 试样的裁切	336
8.2 力学性能	336
8.2.1 拉伸性能测定	336

8.2.2	弯曲性能测定	338
8.2.3	冲击性能	339
8.2.4	剪切性能	343
8.2.5	压缩性能	344
8.3	热性能	345
8.3.1	负荷热变形温度	345
8.3.2	熔体流动速率	346
8.3.3	脆化温度	347
8.3.4	熔点的测定	348
8.3.5	线性收缩率的测定	349
8.4	电性能	350
8.4.1	介电常数和介质损耗角正切的测定	350
8.4.2	电阻率的测定	351
8.4.3	介电强度的测定	351
8.5	光学性能	352
8.6	物理性能	353
8.6.1	聚酰胺含水量测定	353
8.6.2	粘数的测定	354
8.7	燃烧性能	354
8.7.1	方法要点	355
8.7.2	试验设备	355
8.7.3	试样	355
8.7.4	试验步骤	355
8.7.5	结果表示	355
8.7.6	影响因素	356
8.8	其他性能	356
8.8.1	聚酰胺树脂中胺值的测定	356
8.8.2	甲醇可提取物测定	356
8.9	标准	357
8.9.1	塑料树脂国内外标准情况	357
8.9.2	测试标准	357
8.10	标准化管理体系与质检中心	359
8.10.1	标准化技术委员会	359
8.10.2	我国塑料标准化技术委员会	360
8.10.3	产品质量监督与质检中心	361
	参考文献	362
	第九章 聚酰胺改性	364
9.1	前言	364
9.1.1	概述	364
9.1.2	改性的基本方法	364
9.1.3	改性用助剂分类	365
9.1.4	聚酰胺改性的发展趋势	366
9.2	共聚合改性	366
9.2.1	概述	366

9.2.2	基本性质	366
9.2.3	同晶型置换共聚合尼龙	370
9.2.4	柔软、透明共聚合尼龙	371
9.2.5	醇溶性尼龙	373
9.2.6	热熔胶粘剂用共聚合尼龙	374
9.2.7	聚酰胺弹性体	375
9.2.8	含6T的尼龙共聚物	375
9.2.9	交替共聚尼龙	376
9.3	透明尼龙	378
9.3.1	概述	378
9.3.2	制备	379
9.3.3	改善尼龙透明度的原理	380
9.3.4	性质	381
9.3.5	成型加工	383
9.3.6	透明尼龙的用途	385
9.4	尼龙的填充与增强改性	386
9.4.1	概述	386
9.4.2	纤维与填料种类	386
9.4.3	增强机理	394
9.4.4	生产方法与加工成型	396
9.4.5	分析测试	399
9.4.6	填充/增强树脂性能	399
9.4.7	其他	407
9.5	阻燃尼龙	409
9.5.1	聚酰胺的热氧降解和燃烧性	409
9.5.2	聚酰胺的阻燃技术概论、阻燃剂的品种与选择原则	410
9.5.3	聚酰胺的实用阻燃技术	413
9.5.4	聚酰胺阻燃体系综合性能评价	422
9.5.5	阻燃聚酰胺的应用	426
9.6	增韧聚酰胺	426
9.6.1	引言	426
9.6.2	历史背景	427
9.6.3	尼龙增韧方法	428
9.7	增塑和润滑改性尼龙	439
9.7.1	增塑尼龙	439
9.7.2	润滑改性尼龙	441
9.8	尼龙改性用加工助剂	441
9.8.1	热稳定剂	441
9.8.2	润滑剂	443
9.8.3	成核剂	443
9.8.4	着色剂	444
	参考文献	445
	第十章 聚酰胺塑料及其应用	452
10.1	概述	452

10.1.1	尼龙工业的发展与特征	452
10.1.2	尼龙的性能与用途	452
10.1.3	尼龙工业发展趋势	453
10.2	尼龙 6	453
10.2.1	己内酰胺的制造	454
10.2.2	尼龙 6 生产过程与工艺	466
10.2.3	基本性质	473
10.2.4	材料性能	476
10.2.5	尼龙 6 牌号与性能	481
10.2.6	尼龙 6 的应用	492
10.3	尼龙 66	495
10.3.1	原料及其生产工艺	495
10.3.2	聚合过程与工艺	515
10.3.3	尼龙 66 的基本性质	520
10.3.4	材料性能	521
10.3.5	尼龙 66 的主要牌号与性能	524
10.3.6	尼龙 66 的应用	532
10.4	尼龙 1010	535
10.4.1	概述	535
10.4.2	尼龙 1010 原料的生产	535
10.4.3	尼龙 1010 的生产过程	539
10.4.4	尼龙 1010 的性能	540
10.4.5	尼龙 1010 的应用与加工	540
10.5	尼龙 11	542
10.5.1	概述	542
10.5.2	原料的制备	542
10.5.3	尼龙 11 的生产	543
10.5.4	尼龙 11 的基本性质与材料性能	543
10.5.5	尼龙 11 的加工	546
10.5.6	尼龙 11 的应用	546
10.6	尼龙 12	548
10.6.1	概述	548
10.6.2	尼龙 12 的生产	548
10.6.3	尼龙 12 的基本特性与材料性能	552
10.6.4	尼龙 12 的加工与应用	554
10.7	尼龙 612	554
10.7.1	概述	554
10.7.2	尼龙 612 的生产过程与工艺	555
10.7.3	基本特性与材料性能	555
10.7.4	尼龙 612 的加工与应用	556
10.8	尼龙 610	557
10.8.1	原料制备	557
10.8.2	尼龙 610 的制备	558
10.8.3	基本性质和材料物性	558

10.8.4 应用	559
10.8.5 国内外尼龙 610 产品的技术指标	560
10.9 尼龙 46	565
10.9.1 概述	565
10.9.2 原料的生产	565
10.9.3 聚合过程与工艺	566
10.9.4 一般物性与材料性质	567
10.9.5 尼龙 46 的应用	574
10.9.6 尼龙 46 的成型加工	575
10.10 尼龙 MXD6	575
10.10.1 聚合过程与工艺	575
10.10.2 尼龙 MXD6 的性能	577
10.10.3 尼龙 MXD6 的加工	584
10.10.4 尼龙 MXD6 的应用	585
10.10.5 MGC 公司尼龙 MXD6 产品介绍	587
10.11 尼龙 1212	592
10.11.1 尼龙 1212 生产工艺	592
10.11.2 尼龙 1212 树脂的性能	595
10.11.3 尼龙 1212 树脂的应用	595
10.12 芳香族聚酰胺	595
10.12.1 概述	595
10.12.2 半芳香族尼龙	596
10.12.3 全芳香族尼龙	603
10.13 聚酰胺系热塑性弹性体	610
10.13.1 合成	611
10.13.2 结构与性能	613
10.13.3 加工与应用	617
10.14 其他聚酰胺	618
10.14.1 透明聚酰胺	618
10.14.2 共聚聚酰胺	624
参考文献	628
第十一章 聚酰胺酰亚胺和聚酰亚胺	635
11.1 聚酰胺酰亚胺	635
11.1.1 概述	635
11.1.2 热塑性聚酰胺酰亚胺	636
11.1.3 其他聚酰胺酰亚胺	649
11.1.4 应用	651
11.2 聚酰亚胺	652
11.2.1 概述	652
11.2.2 聚酰亚胺的主要生产厂家和生产能力	654
11.2.3 聚酰亚胺的主要应用领域及分布状态	655
11.2.4 种类和主要特征	655
11.2.5 全芳香族聚酰亚胺	657
11.2.6 聚醚酰亚胺	669

11.2.7 马来酰亚胺类树脂	671
11.2.8 降冰片烯二酸改性聚酰亚胺	674
11.2.9 端乙炔基聚酰亚胺	675
11.2.10 其他聚酰亚胺	675
参考文献	679
第十二章 聚酰胺的循环利用	681
12.1 概论	681
12.1.1 国内外聚酰胺工程塑料的应用与市场状况	681
12.1.2 循环利用的基本概念	682
12.1.3 聚酰胺循环利用的发展历史和现状	683
12.2 回收料的预处理	683
12.2.1 废聚酰胺收集	684
12.2.2 鉴别	684
12.2.3 分离	689
12.2.4 粉碎	692
12.2.5 干燥	693
12.3 循环利用途径	694
12.3.1 概述	694
12.3.2 物理循环	694
12.3.3 化学循环	695
12.3.4 能量回收	695
12.4 聚酰胺循环利用实例	696
12.4.1 尼龙 6 生产中己内酰胺低聚物残渣的直接利用	696
12.4.2 尼龙 66 废丝再纺工业用丝	698
12.4.3 制备多孔尼龙粉末	699
12.4.4 用废尼龙解聚出的单体生产浇铸尼龙	700
12.4.5 树脂组合物的回用方法	701
12.4.6 尼龙 66 废料水解回收己二胺、己二酸或尼龙 66 盐	701
12.4.7 尼龙 6 废料回收己内酰胺	702
12.4.8 DSM 公司的尼龙 6 废地毯丝回收技术	704
参考文献	706

第一章 绪 论

1.1 概述

聚酰胺俗称尼龙，在中国用作纤维时称为锦纶。聚酰胺是指高分子链上具有酰胺基(—CONH—)重复结构单元的聚合物，由杜邦公司首先实现工业化生产，尽管其最初开发的应用领域是纤维，但由于聚对苯二甲酸乙二醇酯纤维(涤纶)等后来开发的合成纤维的强烈竞争，聚酰胺纤维市场已趋成熟，使用量增长缓慢，自20世纪90年代以来的使用量仅以约1.5%/a的速率增长。而开发较晚的工程塑料用途，因其优异的综合性能以及20世纪80年代以来汽车和电子电器产业的快速增长，使得聚酰胺树脂的产能产量急剧增加，成为用量最大、应用领域最广的工程塑料，自20世纪90年代以来仍然保持快速增长的势头^[1]。

聚酰胺树脂的多样性和应用填料、弹性体及添加剂等改性的可能性使得其在改性结构用塑料中所用的吨位位居第三位，仅次于ABS和聚丙烯工程用聚合物，而从使用价值看则占第二位，在五大工程塑料中位居第一。近年来，除尼龙6和尼龙66等主要品种稳步增长外，由于汽车和电子电器等行业的发展，尼龙11、尼龙12、尼龙46和一些芳香族聚酰胺作为特殊应用其重要性也正在增加。特别是以航空航天和高容量高精细化电子计算机和通讯及其相关领域为标志的尖端技术产业，推动了高耐热性、高抗蚀性的芳香族聚酰胺和聚酰亚胺等特殊聚酰胺产品的开发，其应用市场逐渐增大。

聚酰胺诞生至今已有60多年的历史了，它经历了开发期、技术成熟期、高速发展期，现已进入稳步发展期。聚酰胺是最早工业化的合成纤维，也是最早广泛应用的工程塑料之一，它的发明和发展推动了整个聚合物科学与工程的发展。本书将较全面地论述聚酰胺的基本理论和品种，但重点叙述尼龙塑料。

1.1.1 发展简史

聚酰胺的发现开创了人类运用有机合成方法合成实用高分子的新篇章。在此之前，烯炔类聚合物已为人们所熟悉，但合成材料的发展并没有获得大的突破，研究的困惑呼唤新理论的指导，1920年德国化学家H. Staudinger提出链型高分子的概念(链型高分子是指由很多小的化学单元通过化学键作用相互连接而成的长链大分子)^[2]，这一理论的提出大大开阔了人们的眼界，有力地推动了高分子学科的研究和发展。1928年加入杜邦公司的W. H. Carothers为了用事实验证这一学说而进行了大量的合成实验，他从一系列缩聚反应中找出了能冷延伸的聚酯和含酰胺基的高分子，并于1931年申请了聚酰胺专利，1937年公布了这项专利(美国专利号USP 2130948)^[3]。同时建设了用于生产单丝(棕丝)和片材的中试装置，1938年10月27日杜邦公司正式宣布开发了可用于纺织品的超级聚合物新家族，这种聚合物有类似于蛋白分子的某些特性，并贯以俗名尼龙(nylon)。杜邦公司从Carothers合成的一系列高分子中选择了认为在工业上最有可能成功的聚己二酰己二胺(由等摩尔量的己二酸和己二胺缩聚而得)，即尼龙66^[4]。由于尼龙66纤维的力学性能优于天然蚕丝，因此杜邦公司用其织成女性长筒袜并在1939年的纽约世界交易会 and 芝加哥交易会上展出，展出获得巨大成功，1940年5月尼龙袜在美国市场上正式出售，并迅即呈现供不