

高 | 等 | 学 | 校 | 教 | 材

高聚物合成工艺学

第三版

赵 进 修订

赵德仁 张慰盛 编

GAOJUWU
HECHENG GONGYIXUE



化学工业出版社

高 | 等 | 学 | 校 | 教 | 材

高聚物合成工艺学

第三版

赵 进 修订

赵德仁 张慰盛 编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本教材分三篇 20 章。第 1 章为绪论,介绍了高分子材料的发展简史及应用。第一篇(第 2~8 章)为聚合方法与工艺过程,介绍了高分子化合物的生产过程、单体的原料路线、自由基聚合生产工艺、离子聚合与配位聚合生产工艺、缩合聚合生产工艺、逐步加成聚合物的生产工艺、高聚物的改性工艺。第二篇(第 9~18 章)为合成树脂与塑料,介绍了合成树脂与塑料概论、通用塑料、工程塑料、高性能聚合物与特种聚合物、生物基与生物降解高聚物、固态离子聚合物、水溶性聚合物、热塑性橡胶、高分子材料在控制释放技术中的应用、合成纤维。第三篇(第 19、20 章)为合成橡胶,介绍了合成橡胶概论以及通用橡胶、特种橡胶与胶乳等。本书以聚合方法(工艺)为主,既介绍了有关合成高聚物在生产工艺方面的共同知识,又兼顾了各主要品种的生产方法、结构、性能与特点,内容全面。使读者可以全面地了解高分子材料的有关知识。

本书可作为高分子化工技术、高分子材料应用技术和高聚物生产技术专业以及相关专业的教材,也可供从事高分子合成生产和应用的技术人员参阅。

图书在版编目(CIP)数据

高聚物合成工艺学/赵进修订;赵德仁,张慰盛编.
3 版.—北京:化学工业出版社,2013.5
高等学校教材
ISBN 978-7-122-16697-5

I. ①高… II. ①赵…②赵…③张… III. ①高聚物-
合成-生产工艺-高等学校-教材 IV. ①TQ316

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 048802 号

责任编辑:杨 菁
责任校对:战河红

文字编辑:刘莉珺
装帧设计:关 飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 刷:北京永鑫印刷有限责任公司
装 订:三河市字新装订厂
787mm×1092mm 1/16 印张 31¼ 字数 837 千字 2015 年 1 月北京第 3 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:56.00 元

版权所有 违者必究

前言

第一版《高聚物合成工艺学》出版至今已有 30 余年，当时的全国高分子专业教材编审组确定由原华东化工学院高分子材料系赵德仁教授主编，原河北工学院、原华南工学院和原华东化工学院有关专业教师参与编写。1997 年发行了第二版，第二版仍由赵德仁教授主编，并请张慰盛教授共同编著，对第一版部分内容进行了修改，分为“聚合方法与工艺过程”、“合成树脂与塑料”和“合成橡胶”三篇。第二版出版至今已近十五年，在此期间，高分子科学与工艺学得到很大发展，出现了大批新工艺和新材料，第二版中的有些内容已落后于现实，因此有必要对原书进行修订。为此，赵德仁教授制定了修订大纲，全书由赵进修订，最后经赵德仁教授审阅。修订后增加了四章新内容，包括生物基高聚物与生物降解高聚物、离子型聚合物、热塑性橡胶、高聚物在控制释放技术中的应用。此外，修订者对原有各章内容也做了更新，添加了部分高分子科学与工业的新技术、新理论和新工艺等内容。修订后的内容符合高分子材料理论与工业的发展新趋势。

本书除供高分子化工专业作教材外，也可供有关从事高分子材料工业的科技人员参考。本书修订时参考了国内外许多专业书籍和期刊等资料，在书末列出所参考的文献，限于时间，如有遗漏，敬请谅解。书中还存有一些疏漏之处，敬请读者批评指正。

赵德仁
2013 年 3 月

关于修订者赵进：

赵进，1989 年毕业于华东理工大学高分子材料系，获工学学士学位。后获美国克莱门森大学（Clemenslon University）硕士学位。毕业后担任美国 Phillips 石化公司最大的乙烯厂工程师。2004~2010 年担任中美合资金菲石化公司生产经理。现任雪佛莱菲利普斯石化公司（Chervon Phillips Chemical Co.）22 乙烯分厂负责人。

目 录

第1章 绪论	1
1.1 高分子合成材料	1
1.1.1 共聚物合成工业发展简史	1
1.1.2 高分子合成工业和成型加工工业	3
1.1.3 单体官能团数目与高分子合成材料的关系	4
1.2 高分子合成材料的应用	4
1.2.1 塑料	4
1.2.2 合成橡胶	5
1.2.3 合成纤维	5
1.3 高分子合成工业的工艺安全管理 (PSM) 以及对环境、健康和 安全 (EHS) 的影响	5
1.4 高分子合成材料的回收利用	6

第一篇 聚合方法与工艺过程

第2章 高分子化合物的生产过程	7
2.1 原料准备与精制过程	7
2.2 催化剂 (或引发剂) 的准备	8
2.3 聚合过程及设备	8
2.3.1 聚合过程	8
2.3.2 聚合反应机理	9
2.3.3 聚合反应方式	10
2.3.4 聚合反应器	10
2.3.5 聚合反应的终止	11
2.4 分离过程	11
2.5 聚合物后处理过程	12
2.5.1 合成树脂的后处理过程	12
2.5.2 合成橡胶的后处理过程	13
2.6 回收过程	13
第3章 聚合物单体的原料路线	14
3.1 概述	14
3.2 石油原料路线	16
3.2.1 裂解法生产烯烃	16

3.2.2	石油裂解生产芳烃	17
3.2.3	由 C ₄ 馏分制取丁二烯	18
3.3	煤炭及其他原料路线	18
3.3.1	煤炭原料路线	18
3.3.2	其他原料路线	18
3.4	世界资源情况展望	19
第4章	自由基聚合生产工艺	20
4.1	自由基聚合工艺基础	20
4.1.1	自由基聚合引发剂	21
4.1.2	分子量控制与分子量调节剂	28
4.2	本体聚合生产工艺	30
4.2.1	本体聚合工艺特点	32
4.2.2	聚合反应器	32
4.2.3	后处理	33
4.3	悬浮聚合生产工艺	33
4.3.1	悬浮聚合法生产合成树脂	34
4.3.2	成粒机理	34
4.3.3	分散剂及其作用原理	36
4.3.4	生产工艺	37
4.3.5	反相悬浮聚合与微悬浮聚合	38
4.4	溶液聚合生产工艺	39
4.4.1	溶剂的选择与作用	39
4.4.2	聚合工艺	41
4.4.3	后处理	42
4.5	乳液聚合生产工艺	43
4.5.1	表面现象、表面活性剂与乳化剂	44
4.5.2	乳化现象、乳状液的稳定性和乳状液的变型与破乳	47
4.5.3	乳液聚合机理和动力学	50
4.5.4	乳液聚合生产工艺	54
4.5.5	种子乳液聚合、核-壳乳液聚合与反相乳液聚合	63
4.5.6	细乳液聚合与微乳液聚合	64
4.6	分散聚合	67
4.6.1	分散聚合配方	68
4.6.2	聚合过程	68
4.6.3	分散聚合用途	68
4.7	可控/活性自由基聚合反应	69
4.7.1	基本原理	69
4.7.2	一般自由基聚合反应与可控/活性自由基聚合反应的比较	70
4.7.3	可控/活性自由基聚合反应	70
4.7.4	可控/活性自由基聚合反应的应用	72
第5章	离子聚合与配位聚合生产工艺	74
5.1	离子聚合反应及其工业应用	74
5.1.1	阴离子聚合反应及其工业应用	75

5.1.2	阳离子聚合反应及其工业应用	77
5.2	配位聚合反应及其工业应用	79
5.2.1	乙烯和 α -烯烃的配位聚合反应	79
5.2.2	1,3-二烯烃配位聚合反应	85
5.2.3	配位聚合的工业应用	89
5.3	离子聚合与配位聚合生产工艺	89
5.3.1	离子聚合与配位聚合生产工艺特点	89
5.3.2	离子聚合与配位聚合生产工艺	92
第6章	缩合聚合生产工艺	98
6.1	概述	98
6.2	线型高分子量缩聚物的生产工艺	99
6.2.1	线型缩聚物的主要类别及其合成反应	99
6.2.2	线型缩聚物生产工艺特点及理论基础	101
6.2.3	线型缩聚物生产工艺	103
6.3	具有反应活性的低分子量缩聚物生产工艺	115
6.3.1	概述	115
6.3.2	具有反应活性低聚物的种类	115
6.3.3	具有反应活性的合成树脂生产工艺	116
第7章	逐步加成聚合物的生产工艺	120
7.1	概述	120
7.2	逐步加成聚合反应	121
7.2.1	异氰酸酯基团与含活泼氢化合物间的反应	121
7.2.2	异氰酸酯基团的自聚反应	121
7.2.3	异氰酸酯基团的其他重要反应	122
7.3	逐步加成聚合物——聚氨酯	122
7.3.1	聚氨酯原料	123
7.3.2	异氰酸酯预聚、改性与扩链	128
7.3.3	聚氨酯合成工艺	130
第8章	高聚物改性工艺	135
8.1	共聚改性工艺	135
8.1.1	共聚物体系	135
8.1.2	合成工艺	136
8.2	嵌段共聚物	139
8.2.1	嵌段共聚物的合成	139
8.2.2	重要的嵌段共聚物及其应用	142
8.3	共混聚合物	143
8.3.1	共混聚合物的制备方法	144
8.3.2	共混聚合物的性能与类型	145
8.4	互穿网络聚合物 (IPN)	147
8.4.1	合成工艺	148
8.4.2	IPN 体系性能	149
8.4.3	IPN 的应用	150
8.5	共聚物化学改性	151

第二篇 合成树脂与塑料

第 9 章 合成树脂与塑料概论	153
9.1 合成树脂分类与用途	154
9.1.1 根据合成反应方法进行分类	154
9.1.2 根据受热后的变化行为进行分类	154
9.1.3 按聚合物主链结构和聚合物化学结构进行分类	155
9.2 塑料	156
9.2.1 塑料的性能	156
9.2.2 塑料的分类、缩写代号与命名	163
9.3 纤维	163
9.3.1 概述	163
9.3.2 合成纤维的性能	164
9.4 黏合剂	165
9.4.1 黏合剂分类	166
9.4.2 黏合剂主要品种与用途	166
9.4.3 黏结机理	169
9.5 涂料	170
9.5.1 涂料的组成及其作用	170
9.5.2 涂料的分类	173
9.5.3 涂料性能与涂料成膜后漆膜的性能	173
9.6 离子交换树脂	175
9.6.1 离子交换树脂的分类	175
9.6.2 离子交换树脂的合成	175
9.6.3 离子交换树脂性能	177
9.6.4 离子交换树脂的选择性及其应用	178
第 10 章 通用塑料	180
10.1 热塑性通用塑料	180
10.1.1 聚乙烯	180
10.1.2 聚丙烯	192
10.1.3 聚苯乙烯及苯乙烯共聚物	200
10.1.4 ABS 及苯乙烯多元共聚物	212
10.1.5 聚氯乙烯	222
10.1.6 其他热塑性塑料	239
10.2 热固性通用塑料	243
10.2.1 酚醛树脂与塑料	244
10.2.2 氨基树脂与塑料	248
10.2.3 环氧树脂与塑料	251
10.2.4 不饱和聚酯树脂与塑料	257
第 11 章 工程塑料	261
11.1 概述	261
11.1.1 工程塑料与高性能塑料的重要类别	261

11.1.2	工程塑料与高性能塑料的主要性能	262
11.2	含碳聚合物	265
11.2.1	环烯烃共聚物 (COC 或 COP)	265
11.2.2	间规聚苯乙烯 (sPS)	267
11.3	含氧聚合物	267
11.3.1	聚甲醛	267
11.3.2	聚苯醚 (PPE 或 PPO)	269
11.3.3	聚对苯二甲酸乙二酯 (PET) 与聚对苯二甲酸丁二酯 (PBT)	272
11.3.4	聚萘酸乙二酯 (PEN)	274
11.3.5	聚芳酯 (PAR)	276
11.3.6	聚碳酸酯 (PC)	277
11.3.7	脂肪族聚酮 (PK)	281
11.3.8	聚甲基丙烯酸甲酯	284
11.4	含氮聚合物	284
11.4.1	聚酰胺系列聚合物概述	284
11.4.2	合成化学反应	285
11.4.3	合成工艺	286
11.4.4	聚酰胺工程塑料成型前的预处理	286
11.4.5	聚酰胺的性能	287
11.4.6	重要的聚酰胺类工程塑料介绍	289
11.4.7	聚酰胺类工程塑料用途	290
第 12 章	高性能聚合物与特种聚合物	291
12.1	重要的高性能聚合物	291
12.1.1	聚对二甲苯 (PPX)	291
12.1.2	聚芳醚酮 (PAEK)	292
12.1.3	液晶聚合物	293
12.1.4	聚苯硫醚	298
12.1.5	聚砜类	299
12.1.6	聚芳酰胺	302
12.1.7	聚苯二甲酸酰胺 (PPA)	303
12.1.8	聚酰亚胺 (PI)	305
12.1.9	聚酰胺-酰亚胺 (PAI) 与聚醚-酰亚胺 (PEI)	308
12.2	特种聚合物	309
12.2.1	氟塑料	309
12.2.2	有机硅聚合物	316
12.2.3	有机氟硅聚合物	319
12.2.4	有机硅氮 (氨) 聚合物	320
第 13 章	生物基高聚物与生物降解高聚物	321
13.1	生物基高聚物	321
13.1.1	生物产品的加工	321
13.1.2	生物基原料	322
13.2	生物降解聚合物	330
13.2.1	生物降解定义	330

13.2.2	生物降解聚合物种类	331
13.2.3	工业生产的生物降解聚合物	332
第14章	固态离子(型)聚合物	342
14.1	概述	342
14.2	含离子键聚合物	342
14.2.1	含离子键聚合物的类型	342
14.2.2	含离子键聚合物的合成工艺	343
14.2.3	含离子键聚合物的性能与应用	345
14.3	玻璃粉-含离子键聚合物凝胶物	347
14.3.1	概述	347
14.3.2	化学组成	347
14.3.3	化学类别	347
14.3.4	固化反应	348
14.3.5	商品组成	349
第15章	水溶性聚合物	350
15.1	概述	350
15.1.1	水溶性聚合物分子结构与溶液性能	350
15.1.2	水溶性聚合物的合成方法	355
15.2	重要的水溶性聚合物	357
15.2.1	半合成水溶性聚合物	357
15.2.2	非离子型水溶性聚合物	359
15.2.3	阴离子型水溶性聚合物	367
15.2.4	阳离子型水溶性聚合物	370
15.2.5	两性水溶性聚合物	374
15.2.6	憎水缔合聚合物	375
15.2.7	吸水性树脂	376
第16章	热塑性橡胶	378
16.1	概述	378
16.2	热塑性橡胶的相形态与类别	378
16.2.1	热塑性橡胶的相形态	378
16.2.2	热塑性橡胶的类别	378
16.3	热塑性橡胶的合成反应	380
16.3.1	嵌段共聚合成热塑性橡胶	380
16.3.2	利用缩合反应合成热塑性橡胶	382
16.4	热塑性橡胶性能和应用	383
16.4.1	热塑性橡胶性能和应用	383
16.4.2	热塑性橡胶主要商品类别	383
第17章	高分子材料在控制释放技术中的应用	384
17.1	概述	384
17.2	控制释放技术在医药上的应用	384
17.2.1	药物控制释放技术的功效	384
17.2.2	缓释药选用聚合物原则	385
17.2.3	缓释药的剂型和制造方法	386

17.2.4 缓释药的药物释放原理·····	388
17.3 控制释放技术在肥料上的应用·····	389
17.3.1 生产控释肥料所用的高分子材料·····	389
17.3.2 聚合物涂布工艺·····	390
17.3.3 释放原理·····	391
第 18 章 合成纤维 ·····	392
18.1 概述·····	392
18.1.1 合成纤维的分类·····	392
18.1.2 合成纤维的用途·····	392
18.1.3 成纤聚合物的结构与特性·····	393
18.2 聚酯纤维·····	393
18.2.1 PET 的结构与性能 ·····	393
18.2.2 PET 的合成原理 ·····	394
18.2.3 PET 生产工艺流程及其控制 ·····	397
18.2.4 PET 纤维的性能与应用 ·····	400
18.2.5 PET 纤维的改性与新型聚酯纤维 ·····	400
18.3 聚酰胺纤维·····	402
18.3.1 聚酰胺的结构与成纤性能·····	402
18.3.2 尼龙 6 的合成·····	403
18.3.3 尼龙 66 的合成 ·····	405
18.3.4 聚酰胺纤维的性能与应用·····	407
18.3.5 聚酰胺纤维的改性·····	408
18.4 聚丙烯腈纤维·····	408
18.4.1 聚丙烯腈的结构与特性·····	408
18.4.2 聚丙烯腈合成工艺·····	409
18.4.3 聚丙烯腈纤维的性能和应用·····	413
18.4.4 聚丙烯腈纤维的改性·····	413
18.5 聚乙烯醇缩甲醛纤维·····	414
18.5.1 聚乙烯醇 (PVA) 的合成、结构和性质 ·····	414
18.5.2 聚乙烯醇缩甲醛纤维的生产工艺·····	417
18.5.3 维纶纤维的性能和应用·····	418
18.5.4 聚乙烯醇的改性与新品种·····	418
18.6 其他合成纤维·····	420
18.6.1 民用合成纤维·····	420
18.6.2 弹性纤维·····	421
18.6.3 特种合成纤维·····	422

第三篇 合成橡胶

第 19 章 合成橡胶概论 ·····	434
19.1 合成橡胶与天然橡胶概况·····	434
19.1.1 全球天然橡胶与合成橡胶供需现状·····	434
19.1.2 合成橡胶的命名与分类·····	435

19.1.3	合成橡胶的主要品种	436
19.2	合成橡胶生产工艺特点	437
19.2.1	合成橡胶生产简述	437
19.2.2	单体及其他原料的准备与精制	438
19.2.3	合成橡胶聚合过程特点	438
19.2.4	合成橡胶生产的后处理	440
19.3	合成橡胶的加工	441
19.3.1	橡胶的硫化	442
19.3.2	橡胶配合剂	444
19.3.3	橡胶的加工工艺	446
19.4	合成橡胶的性能与应用	449
19.4.1	橡胶的基本性能	449
19.4.2	合成橡胶的性能与应用	450
第 20 章	通用橡胶、特种橡胶与胶乳	452
20.1	概述	452
20.2	通用橡胶	452
20.2.1	丁苯橡胶	452
20.2.2	聚丁二烯橡胶	456
20.2.3	异戊橡胶	459
20.2.4	乙丙橡胶	461
20.2.5	丁基橡胶	464
20.2.6	丁腈橡胶	468
20.2.7	氯丁橡胶	470
20.3	特种橡胶	472
20.3.1	硅橡胶	472
20.3.2	氟橡胶	476
20.3.3	其他特种橡胶	478
20.4	合成胶乳与液体橡胶	482
20.4.1	合成胶乳	483
20.4.2	液体橡胶	485
参考文献		487

第1章

绪 论

1.1 高分子合成材料

在日常生活中,我们接触到蚕丝、羊毛、皮革、棉花、木材以及天然橡胶等在内的很多天然有机材料,它们的化学结构有很多的共同点,都是由天然高分子化合物所组成,因此它们统称为天然高分子物或天然高聚物材料。

随着生产的发展和科学技术的进步,天然高聚物材料已经远远不能满足人们的需要。科技的发展帮助人们合成了大量品种繁多、性能优良的高分子化合物。合成的高分子化合物可以是黏稠的流体、坚韧的固体(如合成树脂),也可像合成橡胶一样为弹性体。

通过适当方法可将高分子化合物制成合成纤维、塑料制品、橡胶制品等;也可用作涂料、黏合剂、离子交换树脂等材料。以合成的高分子化合物或合成的高聚物为基础制造的有机材料统称为合成材料;其中以塑料、合成纤维、合成橡胶的产量最大、应用最广,称之为三大合成材料。

随着科技的突飞猛进,塑料已经可以代替钢材、有色金属和木材出现在我们的日常生活中;合成纤维比天然纤维棉花、羊毛、蚕丝等更为牢固耐久,而且不被虫蛀蚀;合成橡胶不仅是工业和生活用料,也是战略物资。

1.1.1 共聚物合成工业发展简史

在古代,人们利用天然桐油和天然漆经过适当方法处理制成油漆,经涂布、固化后制成坚韧皮膜,该过程实质上就是低分子化合物经聚合反应转变为高分子化合物的过程。现代合成材料工业的发展,起源于天然高聚物的化学加工工业。天然高聚物和合成高聚物的主要用途见图 1-1。

19 世纪 40 年代发明了由天然橡胶经过硫化制成橡胶制品的工艺;随后又以天然高聚物为原料生产了自然界前所未有的人造材料;19 世纪 60 年代末期以纤维素为原料制得了赛璐珞塑料;19 世纪 80 年代末期用蛋白质-乳酪素为原料制得了乳酪素塑料,这些材料也称做半合成材料。

20 世纪初,由于电机、电器及仪器设备制造工业的发展,对绝缘材料提出了更高的要求,化学工业市场开始出现纯粹合成的第一种合成树脂——酚醛树脂,由于合成树脂的性能在有些方面超过了天然有机材料,合成树脂与塑料的发展得到了人们的重视与发展。

1925~1935 年期间逐渐明确了有关高分子化合物及其分子量的概念;人们对聚合同系物以及化合物的缩聚反应和聚合反应等概念和原理有了进一步的理解,在此基础上诞生了“高分子化学”这一新兴学科,它的产生,有力地促进了高分子化合物的工业生产。

20 世纪 30 年代以后,聚合机理得到了进一步的阐明,工业生产中掌握了分子量控制方

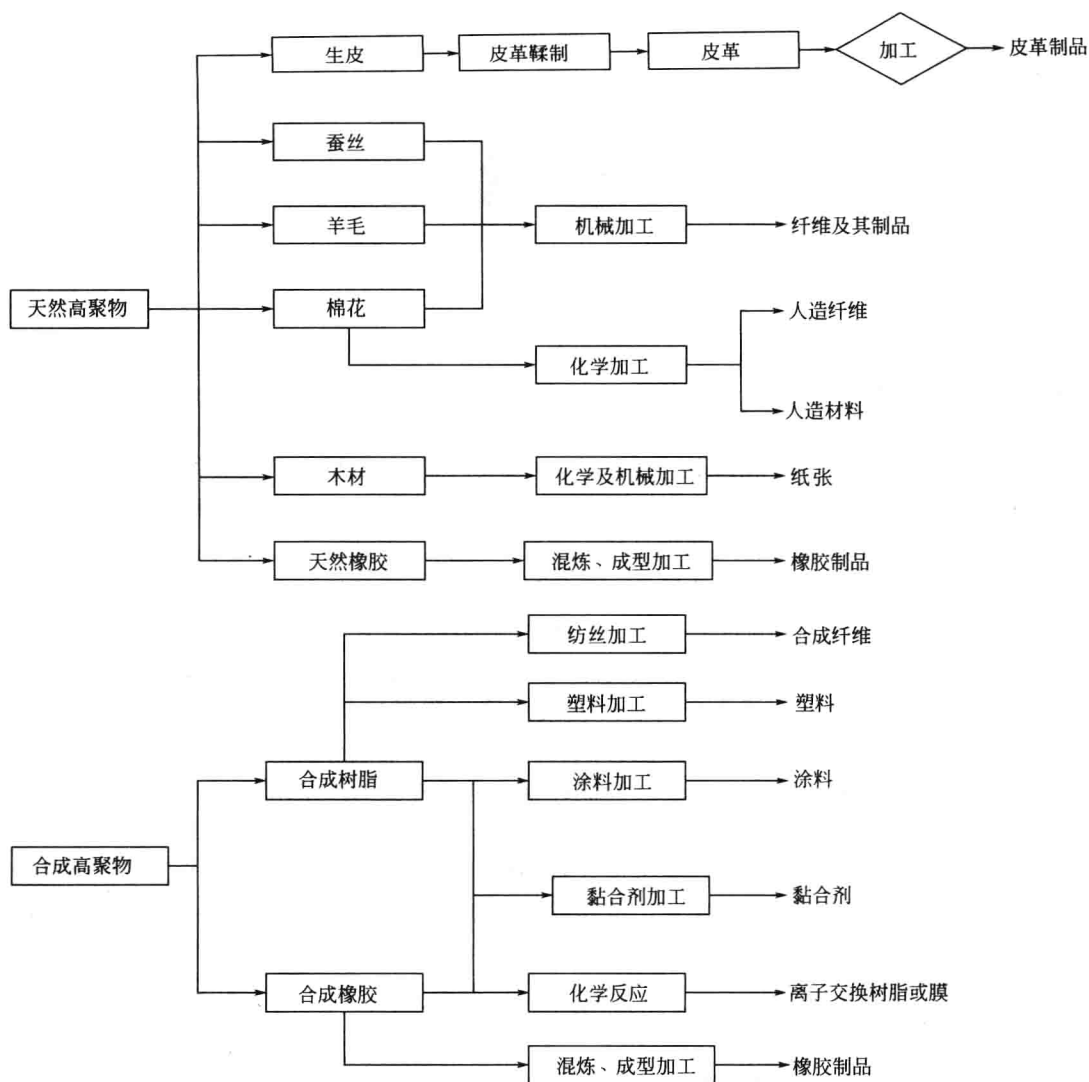


图 1-1 天然高聚物和合成高聚物的主要用途

法，高分子合成材料在产量和品种上都得到了迅速发展，制造出了聚酰胺（尼龙 6）、丁苯橡胶、氯丁橡胶、聚氯乙烯塑料等，大批新型聚合物不断投入工业生产。

20 世纪 40 年代初由于第二次世界大战需要大量橡胶作为战略性物资，合成橡胶工业得到大力发展，发达国家开始着眼于石油化学工业来解决原料资源问题，由此发展了用石油裂解生产丁二烯、乙烯与苯乙烯的生产方法，奠定了石油化学工业的基础。

20 世纪 50 年代以后，新型的催化剂体系使烯烃、二烯烃聚合为性能优良的高聚物，因而对原料烯烃、二烯烃的需求量急剧增加，石油化学工业迅速扩大增长。许多以煤和粮食为原料的化工产品纷纷转用石油路线进行生产，例如氯乙烯单体原来用煤产品乙炔为原料，后来逐渐转向石油路线用乙烯为原料。原料路线转向石油和天然气以后，高分子合成材料的产量激增，生产技术和产品性能都达到了新的高度。

20 世纪 60 年代，出现了现在广泛使用的 ABS（丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物）工程塑料、聚醚醚酮（PEEK）、离子聚合物、聚丁烯、聚硫砜等；到了 20 世纪 80 年代，出现了液晶高聚物，由于其极为优异的强度和高温性质而用于尖端的工程项目。

进入 21 世纪后，高分子化合物在人类生活中的作用越来越大，不但有作为期货流通的聚乙烯和聚丙烯等通用塑料，也出现了很多具有特殊作用、价格昂贵的功能性特殊高聚物。很多特殊功能的高聚物已经广泛地用于航空航天和军事工业中。全世界合成树脂及塑料、合成橡胶、合成纤维三大合成材料的年产量已超过有色金属的年产量，按体积计算甚至超过钢铁的生产。

目前，石油化工原料路线仍是高分子合成工业最主要的原料来源，但面对石油与天然气资源的减少，可持续发展的原料来源得到越来越多的重视，以生物产品作为高分子合成工业原料的生物原料路线得到了发展。

近年来全世界与我国三大合成材料产量见表 1-1，我国大陆合成橡胶与合成纤维的年产量已居各国的首位。

表 1-1 世界与我国三大合成材料产量 单位：万吨

合成材料	2000 年		2005 年		2010 年	
	世界产量	中国产量	世界产量	中国产量	世界产量	中国产量
合成树脂	17800	1097	23600	2009	24500(2008)	5830
合成橡胶	1057	69	1196	151	1478	310
合成纤维	3199	630	3171	1446	3777(2009)	2853
合 计	22556	1796	27967	3606	>30000	8993

1.1.2 高分子合成工业和成型加工工业

从基本的石油、天然气、煤炭等原料制造高分子合成材料的过程见图 1-2。



图 1-2 由天然气和石油为原料到制成高分子合成材料制品

高分子合成工业的任务是将基本有机合成工业生产的单体（小分子化合物），经过聚合反应（包括加聚反应、缩聚反应等）合成高分子化合物。能够发生聚合反应的单体分子应当含有两个或两个以上的能够发生聚合反应的活性官能团或原子，总称为官能度。根据单体分子结构和官能度的不同，合成的产品分子量与用途也有所不同。含有两个聚合活性官能度（包括双键）的单体可以生产线型结构高分子化合物；分子中含有两个以上聚合反应活性官能团的单体则生产分子量较低、具有反应活性的低聚物，作为高分子合成材料成型加工业的基本原料。高分子合成工业生产的产品按其形态分为合成树脂和合成橡胶两类，合成树脂为坚韧或脆性的固态高聚物；合成橡胶为弹性体，它们不仅用作塑料，合成纤维，合成橡胶三大合成材料的原料，而且还可以用来生产涂料、黏合剂、离子交换树脂等。

高分子合成工业生产的合成树脂或合成橡胶必须经过成型加工才能够制成有用的产品，合成树脂或合成橡胶通常需要添加适当添加剂，经过混合或混炼后才能成型为经久耐用的高分子材料产品。

成型加工后得到的塑料产品中，如果高聚物的分子结构是线型的，产品为热塑性塑料；如果是体型（交联）的，产品则为热固性塑料。合成纤维基本上都是由线型高聚物所构成的。橡胶制品中的高聚物结构则是松散的交联高聚物。

为使塑料制品经久耐用，塑料树脂中加入添加剂包括稳定剂、润滑剂、着色剂、增塑剂、填料以及根据不同用途而加入的防静电剂、防霉剂、紫外线吸收剂等。为解决塑料难以自然降解的问题，生产一次性塑料制品时需添加降解催化剂如光降解催化剂等以促进老化和降解。

多种合成橡胶的大分子中含有不饱和双键，易被空气中的氧化或老化而失去弹性，所以合成橡胶的添加剂种类较合成树脂复杂，将在“合成橡胶”一章内阐述。

1.1.3 单体官能团数目与高分子合成材料的关系

各种高分子合成材料都是以单体为基本原料，通过聚合反应转变成合成树脂或合成橡胶，最后经成型加工得到热塑性塑料、热固性塑料或橡胶制品；还可制成涂料、黏合剂、离子交换树脂等。高分子合成材料的用途取决于单体的化学性质，产品的类别与单体活性官能团的数目和性质有关。单体官能团数目与高分子合成材料的关系以及高聚物合成与成型加工介绍见图 1-3。

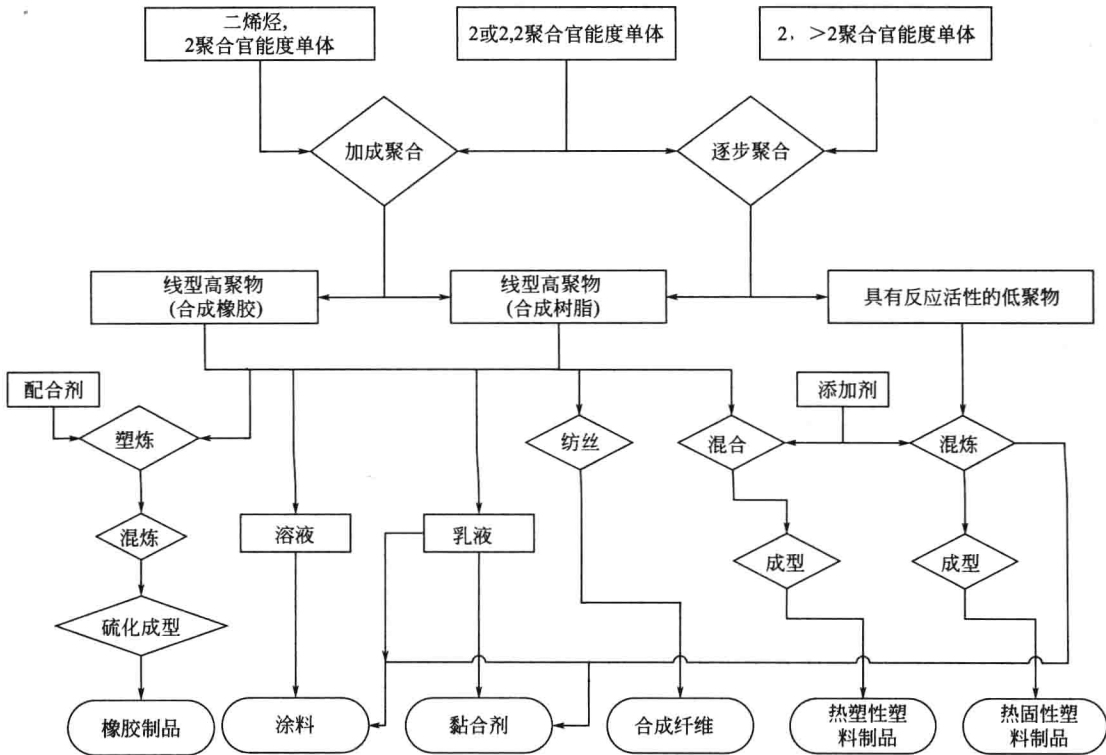


图 1-3 单体的官能团数目与合成材料的关系

1.2 高分子合成材料的应用

塑料、合成橡胶、合成纤维是重要的三大合成材料。合成材料的主要特点是原料来源丰富；用化学合成方法进行生产得到的品种繁多、性能多样；某些性能远优于天然材料；可适应现代科学技术、工农业生产以及国防和军事工业的特殊要求。因此，合成材料已成为各领域不可缺少的材料。

1.2.1 塑料

合成树脂经过成型加工可制成形状保持不变的塑料产品，它具有质轻、绝缘、耐腐蚀、美观、产品形式多样化等特点。

塑料可分为热塑性塑料和热固性塑料两大类。热塑性塑料可反复受热软化或熔化；热固性塑料固化成型后受热不能熔化，受强热则分解。

塑料品种繁多, 根据产量与使用情况可以分为量大面广的通用塑料和作为工程材料使用的工程塑料。通用塑料产量大, 生产成本低, 性能多样化, 主要用来生产日用品或一般工农业产品, 例如聚氯乙烯塑料可制成人造革、塑料薄膜、泡沫塑料、耐化学腐蚀用板材、电缆绝缘层等。工程塑料成本较高, 但具有优良的机械强度和耐摩擦、耐热、耐化学腐蚀等特性, 可作为工程材料制成轴承、齿轮等机械零件以代替金属、陶瓷等。

此外, 近年来还发展了具有优异性能的耐高温塑料和液晶塑料等。

塑料是有机材料, 其主要缺点是绝大多数产品都可燃烧, 在长期使用过程中受光线、氧、环境及热的影响会使其制品的性能逐渐变差甚至损坏, 即发生老化现象。

1.2.2 合成橡胶

合成橡胶是用化学合成方法生产的高弹性体, 经硫化加工后可制成各种橡胶制品, 通常与天然橡胶混合使用。某些种类的合成橡胶具有比天然橡胶更为优良的耐热、耐磨、耐老化、耐腐蚀或耐油等性能。

根据产量和使用情况, 合成橡胶可分为通用合成橡胶与特种合成橡胶两大类。

通用合成橡胶主要代替部分天然橡胶生产轮胎、胶鞋、橡皮管、胶带等橡胶制品。通用合成橡胶包括丁苯橡胶、顺丁橡胶(顺式聚丁二烯橡胶)、乙丙橡胶、异戊橡胶、丁基橡胶、丁腈橡胶、氯丁橡胶等品种。

特种合成橡胶主要制造耐热、耐老化、耐油或耐腐蚀等特殊用途的橡胶制品, 包括氟橡胶、有机硅橡胶、聚氨酯橡胶、氯醇橡胶等。

合成橡胶用来生产橡胶制品时需要添加多种助剂, 也称为配合剂, 具体内容将在合成橡胶一章阐述。

1.2.3 合成纤维

线型结构的高分子量合成树脂经过纺丝得到的纤维称为合成纤维。理论上生产热塑性塑料的各种线型高分子合成树脂都可制成合成纤维, 但有些品种的合成纤维因强度和软化温度太低, 或者由于分子量范围不适于加工成纤维而不具备实用价值。因此工业生产的合成纤维品种远少于热塑性塑料品种。

工业生产的合成纤维品种有聚酯纤维(涤纶纤维)、聚丙烯腈纤维(腈纶纤维)、聚酰胺纤维(锦纶纤维或尼龙纤维)、聚氨酯纤维(氨纶纤维)、聚乙烯醇缩甲醛纤维(维纶纤维)、聚丙烯纤维(丙纶纤维)、聚氯乙烯纤维(氯纶纤维)等。全世界范围以前面三种合成纤维产量最大。

此外, 尚有耐高温、耐腐蚀或耐辐射的合成纤维如聚芳酰胺纤维、聚酰亚胺纤维、碳纤维等。

合成纤维与天然纤维相比具有强度高、耐摩擦、不被虫蛀、耐化学腐蚀等优点; 缺点是不易着色, 未经处理时易产生静电, 多数合成纤维的吸湿性差等; 因此合成纤维制成的衣物易污染, 不吸汗, 夏天穿着时易感到闷热。近年来通过改进纺丝工艺, 发展了空芯纤维等新型合成纤维, 使其性能得到很大改善。

1.3 高分子合成工业的工艺安全管理 (PSM) 以及对环境、健康和安全 (EHS) 的影响

高分子合成工业所用的单体和有机溶剂多为易燃、易爆、有毒甚至是剧毒物质; 很多生产设备也往往是在压力条件下进行操作的, 因此生产过程中存在着爆炸、燃烧和泄漏的风险;