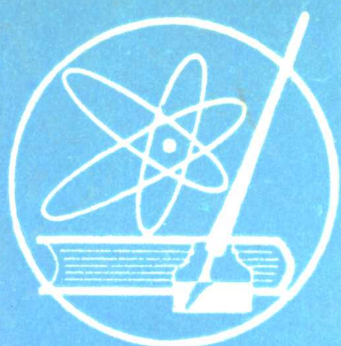




高等学校试用教材

高聚物合成工艺学

华东化工学院等合编 赵德仁 主编

化学工业出版社

高等学校试用教材

高聚物合成工艺学

华东化工学院等合编

赵德仁 主编

化学工业出版社

(京)新登字039号

图书在版编目(CIP)数据

高聚物合成工艺学/赵德仁主编。—北京:化学工业出版社, 1981.10 (1995.5重印)

高等学校试用教材

ISBN 7-5025-0418-4

I.高… II.赵… III.高聚物-人工合成-生产工艺-高等学校-教材 IV.TQ316

中国版本图书馆CIP数据核字(95)第03146号

出版者 化学工业出版社(北京市朝阳区惠新里3号)

社长 俸培宗 总编辑 蔡剑秋

发行 新华书店北京发行所

印刷 三河市科教印刷包装集团

装订 三河市前程装订厂

版次 1981年10月第1版

印次 1995年3月第8次印刷

开本 787×1092 1/16

印张 22 $\frac{1}{2}$

字数 567千字

印数 30 211—37 210

定价 12.80元

内 容 提 要

本书是根据1978年2月化工高校专业教材编写工作会议制定的《高聚物合成工艺学》教材编写大纲编写的,供高分子化工专业作试用教材,也可供有关高聚物合成工业的科技人员参考。

本书以高聚物合成工艺方法为主分章编写,避免了按高聚物品种分章而造成的生产方法重复烦琐的缺陷。内容计有:绪论,单体的原料路线,本体聚合、乳液聚合、悬浮聚合及溶液聚合的生产工艺,离子聚合与配位聚合的生产工艺,线型缩聚高聚物及逐步加成聚合物的生产工艺,缩聚型具有反应活性的低聚物的生产和固化,高聚物的改性工艺。这种安排,将有利于对学生进行生产工艺观点的培养。考虑到高分子化工专业人员还必须具有合成材料的生产知识,故在最后一章作了介绍,并将塑料与橡胶中的一些主要品种的重要性能数据列出,作为本章的附表。

本书第五、六两章由华南工学院何灵玉执笔,第八、十两章由河北工学院李佐邦执笔,第七、九两章由华东化工学院裘月倡执笔,其余各章均由华东化工学院赵德仁执笔并负责主编。

本书初稿经《高聚物合成工艺学》审稿会审查。主审人是成都工学院蔡兴贤。

性能主要性胶 附 表 2 橡 胶 主 要 性 能 表

性 能	天然橡胶	丁苯橡胶	异戊橡胶	丁腈橡胶	氯丁橡胶	丁基橡胶	聚丁二烯橡胶	聚硫橡胶	有机硅橡胶	聚醚橡胶	乙丙橡胶	氯醇橡胶	氟橡胶	热塑性橡胶
比重	0.93	0.94	0.93	0.93	0.98	1.25	0.90	0.91	1.35	1.1~1.6	1.25	0.86	1.32~1.49	0.94~1.15
抗张强度, 公斤/厘米 ²	175~245	14~21	175~245	35~63	210~280	175~210	14~70	14~70	18~28	42~91 (增强)	>350	<70	<140	49~315
纯橡胶	245~315	175~245	245~315	210~315	210~280	175~210	140~210	140~210	>70	—	—	140~210	105~210	—
补强橡胶	750~850	400~600	—	300~700	800~900	750~850	400~1000	400~1000	450~650	100~500	540~750	—	—	—
伸长率, %	550~650	500~600	300~700	300~650	500~600	350~850	450~600	450~600	150~450	—	—	320~350	100~450	350~1350
纯橡胶	A 30~80	A 40~90	A 40~80	A 40~95	A 20~95	A 40~90	A 40~90	A 40~90	A 40~85	A 30~90	A 35~100	A 30~90	A 65~90	A 35~90
硬度(邵氏)	优	良好	优	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好
回弹性	优	良好	优	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好
抗撕裂性	优	良好	优	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好
耐磨性	0.082	0.143	0.082	0.143	0.112	0.053	—	—	—	0.13	—	—	0.13	0.087
导热系数, BTU/hr·ft ² ·°F	37	37	—	39	34	32	37.5	37.5	—	45	—	—	8.8	7.5
热膨胀系数, 体积, 10 ⁻⁶ /°F	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
耐火性	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好
最低使用温度, °C	-51	-51	-51	-51	-40	-46	-101	-101	-51	-117	-83	-26~62	-23	-51~-62
最高使用温度, °C	82	82	82	145	116	145	93	93	121	315	116	145	<260	66
体积电阻, 欧姆·厘米	10 ¹⁵ ~10 ¹⁷	10 ¹⁵	10 ¹⁵ ~10 ¹⁷	10 ¹⁰	10 ¹¹	10 ¹⁷	—	—	10 ¹²	10 ¹¹ ~10 ¹⁷	10 ¹¹ ~10 ¹⁴	10 ¹⁵ ~10 ¹⁷	10 ¹³ ~10 ¹⁴	10 ¹³ ~10 ¹⁸
介电强度, 伏/毫米	—	—	—	—	5910~23640	23640	—	—	9850~23640	3940~23610	13790~20690	35400	9850~29550	16550~20490
介电常数, 1千赫	2.3~3.0	2.9	2.3~3.0	13.0	9.0	2.1~2.4	—	—	7.0~9.5	3.0~3.5	5~8	3.17~3.34	5.9	2.5~3.4
介电损耗, 1千赫	0.023~3.0	0.0032	0.0023~0.0030	0.055	0.030	0.0030	—	—	0.001~0.005	0.001~0.010	0.015~0.09	0.0066~0.0079	0.03~0.05	0.001~0.003
耐气候性	差	差	良好	差	良好	良好	差	差	良好	良好	良好(变色)	良好	良好	良好
耐氧化性	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好
耐热老化性	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好
耐水性	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好	良好
耐油性	差	差	差	差	良好至优	差	差	差	差	差	差	差	差	差

目 录

第一章 绪论	1
第一节 高分子合成工业概述.....	1
第二节 高分子合成材料的特性和在国民经济各部门中的应用.....	7
第三节 高分子化合物生产过程.....	9
第四节 高分子化合物生产流程评价和新工艺、新产品的开发.....	23
第五节 高分子合成工业的三废处理与安全.....	26
第二章 生产单体的原料路线	28
第一节 石油化工原料路线.....	29
第二节 煤炭及其他原料路线和我国资源情况展望.....	43
第三章 自由基聚合工艺基础和本体聚合生产工艺	46
第一节 自由基聚合工艺基础.....	46
第二节 本体聚合生产工艺.....	58
第四章 自由基型乳液聚合生产工艺	72
第一节 表面现象、表面活性剂与乳化剂.....	72
第二节 乳化现象、乳状液的稳定性和乳状液变型与破乳.....	78
第三节 乳液聚合机理和动力学.....	80
第四节 乳液聚合生产工艺——丁苯橡胶的生产.....	84
第五节 乳液种子聚合生产工艺——糊用聚氯乙烯树脂的生产.....	94
第六节 胶体分散液中固体颗粒粒径的测定方法.....	99
第五章 自由基型悬浮聚合工艺	101
第一节 自由基悬浮聚合机理.....	101
第二节 悬浮聚合的组分.....	106
第三节 悬浮聚合工艺控制因素.....	110
第四节 悬浮聚合工艺的后处理.....	116
第五节 悬浮聚合方法生产工艺.....	119
第六章 自由基型溶液聚合生产工艺	130
第一节 溶剂的作用和选择.....	130
第二节 链转移作用的应用.....	133
第三节 丙烯腈的溶液聚合.....	134
第四节 醋酸乙烯的溶液聚合及聚乙烯醇的生产.....	142
第七章 离子聚合与配位聚合生产工艺	149
第一节 离子聚合与配位聚合催化剂.....	149
第二节 离子聚合与配位聚合生产工艺.....	161
第八章 线型缩聚高聚物的生产工艺	183
第一节 概述.....	183

第二节	熔融缩聚生产工艺	187
第三节	溶液缩聚生产工艺	204
第四节	界面缩聚生产工艺	212
第五节	固相缩聚生产工艺	221
第九章	缩聚型具有反应活性的低聚物的生产和固化	226
第一节	多官能团单体的缩聚反应与固化反应、硫化反应	227
第二节	具有反应活性的低聚物的生产工艺——环氧树脂的生产工艺	243
第三节	压塑粉的生产工艺	246
第四节	玻璃钢及层压塑料的生产工艺	249
第十章	逐步加成聚合物的生产工艺	254
第一节	概述	254
第二节	聚氨酯的合成原理	255
第三节	聚氨酯生产中的主要原料	261
第四节	聚氨酯泡沫塑料的生产	265
第五节	聚氨酯橡胶的生产	268
第六节	聚氨酯涂料的生产	270
第七节	聚氨酯粘合剂	275
第十一章	高聚物改性工艺	278
第一节	共聚改性工艺	280
第二节	接枝共聚工艺	280
第三节	嵌段共聚工艺	286
第四节	交叉渗透交联工艺	291
第五节	机械共混聚合物	293
第十二章	高分子合成材料	295
第一节	三大合成材料	295
第二节	特种高分子化合物	329
第三节	涂料、粘合剂和离子交换树脂	344
附表1	塑料主要性能表	346
附表2	橡胶主要性能表	354

第一章 绪 论

第一节 高分子合成工业概述

一、高分子合成材料

人类在长期的生产斗争中获得了利用天然有机材料的丰富知识，这些天然有机材料包括蚕丝、羊毛、皮革、棉花、木材以及天然橡胶等。它们的化学结构有很大的共同点，这都是由天然高分子化合物所组成，因此它们可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，这些天然高聚物材料远远不能满足人们的需要。目前人们合成了大量品种繁多、性能优良的高分子化合物。它们的形态可为粘稠流体、坚韧的固体物质，也可为弹性体。前者称为合成树脂；后者称为合成橡胶。通过适当方法它们可制成合成纤维及其制品、塑料制品、橡胶制品等；还可用作涂料、粘合剂、离子交换树脂等材料。这些用合成的高分子化合物或称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、合成橡胶产量最大，对于国民经济和人民生活有密切的关系，因此称之为三大合成材料。

天然高聚物和合成高聚物的主要用途见图1-1。

当前高分子合成材料不但已成为国民经济各部门以及人民生活中必不可少的材料，而且发展高分子合成材料的生产，还可以减少棉花、橡胶树占用的田地面积，改种粮食或其它农作物。

塑料可以代替大量钢材、有色金属和木材。塑料薄膜育秧可以提早播种季节，增加粮食产量。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。例如一万吨合成纤维可织成二亿多尺布，以每人每年用布20尺计算，可解决一千万人的穿衣需要。合成橡胶不仅是工业用和生活用材料，而且是战略物资。我国地处温带，南方少数地区（海南岛、云南南部一带）虽可种植橡胶树，以收割天然橡胶，但橡胶树占地面积大，其生长受自然条件的限制。一棵橡胶树培植6~8年才可以割取橡胶汁。生产一吨天然橡胶，要栽种300万株橡胶树，占地约三万亩，而且需5000~6000个农业工人管理。而生产1000吨合成橡胶，厂房占地仅十亩左右，仅需几十个工人生产。现代化的合成橡胶生产装置年产量可高达5~8万吨，生产工人也仅数十人。

二、发展简史

我国劳动人民利用天然产的桐油，天然漆经过适当方法处理制成油漆，经涂布、固化后形成坚韧皮膜的过程，实质上就是完成了低分子化合物经聚合反应转变为高分子化合物的过程。福建特产工艺品脱胎漆器的制造过程，可以看作塑料制品成型过程。这些技术在我国已有悠久的历史。但是我国过去长期在封建社会统治下，社会生产力很低，劳动人民的创造性不可能充分发挥，所以这些技术也不可能发展成为现代化的合成材料工业。

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。

十九世纪四十年代，人们发明了由天然橡胶经过硫化制成橡胶制品的工艺。后来人们利用天然高聚物为原料，经过化学加工生产了自然界前所未有的某些人造材料；六十年代末期

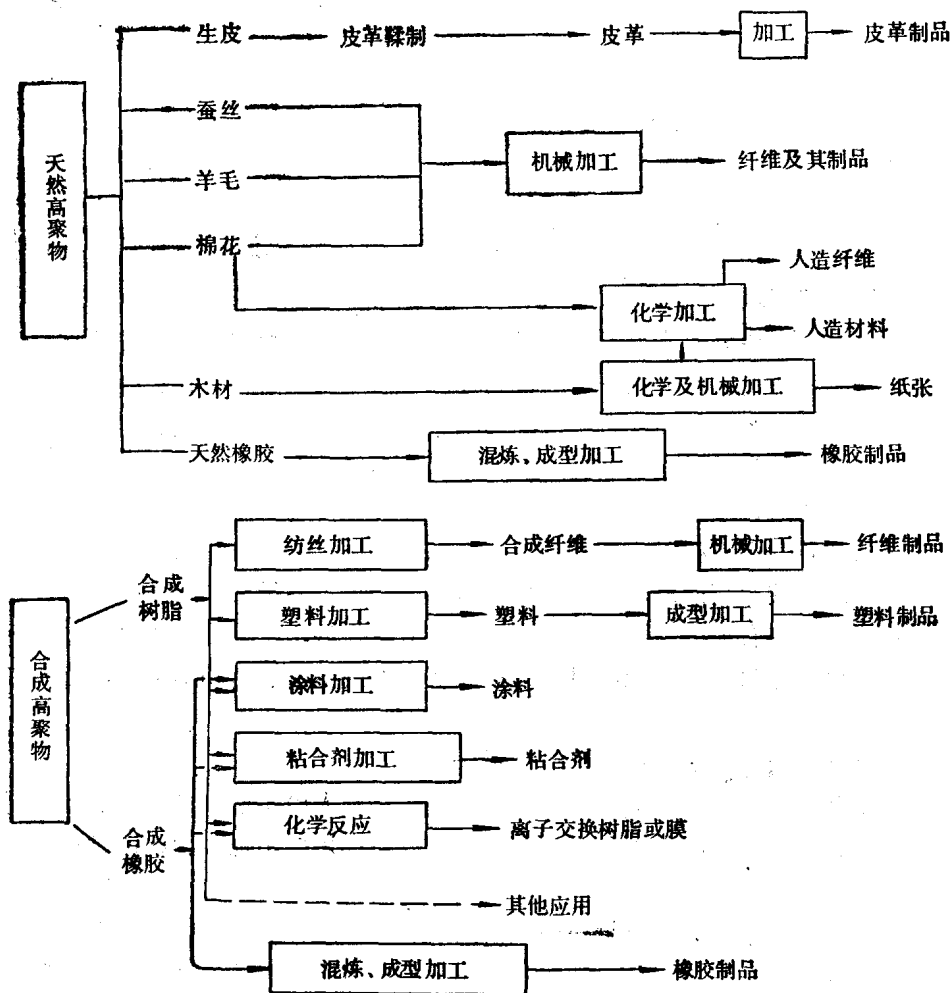


图 1-1 天然高聚物和合成高聚物的主要用途

以纤维素为原料获得了赛璐珞塑料；八十年代末期用蛋白质——乳酪素为原料获得了乳酪素塑料。它们又叫做半合成材料。

二十世纪初，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，因此化学工业市场开始出现纯粹合成的第一种合成树脂与塑料——酚醛树脂与塑料。由于它们的性能在某些方面超过天然有机材料，所以合成树脂与塑料得到人们的重视与发展。本世纪三十年代以前，酚醛塑料、脲醛塑料、聚苯乙烯、醇酸聚酯树脂等已经工业化生产。但当时理论研究落后于生产实践，对于高分子化合物的概念还没有建立起来，所以生产发展受到限制。

随着合成树脂与塑料工业以及橡胶工业的发展，积累了大量的实验资料和生产经验，迫切要求提高到理论上来进行阐述与总结。因此在1925~1935年间逐渐明确了有关高分子化合物的定义，高聚物的分子量概念，聚合同系物以及合成高分子化合物的缩聚反应和聚合反应等基本概念与原理。在此基础上诞生了“高分子化学”这一新兴学科。反过来，它又有力地促进并且指导高分子化合物的工业生产。

本世纪三十年代以后，随着高分子化学学科的建立，人们阐明了聚合反应机理，掌握了

分子量控制方法,所以高分子合成材料无论在产量上和品种上都得到了迅速发展。重要成就是工业上用缩聚反应合成了聚酰胺(尼龙),用加成聚合反应合成了丁苯橡胶、氯丁橡胶,聚氯乙烯塑料等,并发现了高压法聚乙烯等。当时新型聚合物不断投入工业生产。但是那时高分子化合物的原料是以粮食发酵得到的酒精和以煤的产品——煤焦油和乙炔为基础的,因此成本较高,产量受到限制。

四十年代初由于第二次世界大战所需橡胶是战略性物资,必须大力发展合成橡胶,并且着眼于石油化工解决原料资源问题,从而发展了由石油裂解气体生产丁二烯、乙烯与苯乙烯的工业生产方法,奠定了石油化学工业的基础。

五十年代以后由于发现了由有机金属化合物和过渡金属化合物组成的催化剂体系,可以容易地使烯烃、二烯烃聚合为性能优良的高聚物,因此对原料烯烃、二烯烃的需要量急增。同时由于石油化学工业的建立与发展,与以煤和粮食为基础的原料路线相比较,石油路线更为经济合理,因此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向石油路线进行生产,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。

1978年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产量超过7000万吨,有的国家的产量已超过有色金属的产量,按体积计算甚至已超过钢铁的生产。

世界三大合成材料产量见表1-1。

表 1-1 世界三大合成材料产量

单位:万吨

	1971年	1976年	1977年	1978年
合成树脂及塑料	3300	>4200	>4500	>4700
合成橡胶	513	820	867.5	>920
合成纤维	590	880	927	>1000
合 计	4403	5900	6295	~7000

我国解放前在反动政府的统治下,工业落后。当时高分子合成材料工业中仅有的塑料工业,也由于帝国主义在我国倾销塑料制品,而得不到发展,仅有少数小型工厂依靠进口的原料和半成品生产少量酚醛塑料制品。生产和技术水平落后。

解放后,在党的正确领导下,随着社会主义建设事业的迅速发展,逐渐建立了化学纤维工业和塑料工业。1958年以后,在鼓足干劲,力争上游,多快好省地建设社会主义总路线的指引下,高分子合成材料工业得到迅速发展,特别是塑料工业,凡当时国外生产的主要品种我国都能依靠自己的技术力量进行生产。1970年前后我国建设的石油化工基地北京燕山石油化工总公司投产,自行设计安装的年产万吨以上的顺丁橡胶装置顺利投产。但是在“四人帮”的干扰破坏下,高分子合成工业在相当长的一段时间内进展不够迅速。我国虽已建设了相当生产规模的聚氯乙烯树脂生产工业,但生产路线仍主要以大量消耗电能的煤产品乙炔为原料。

现在中国共产党领导下,全国人民正意气风发,大干快上,为在本世纪内把我国建设成

为四个现代化的社会主义强国而努力奋斗。我国有丰富的石油资源和煤炭资源，因此以石油、煤炭为基础的高分子合成材料工业将得到迅速的发展。

三、高分子合成工业

由最基本的原料：石油、天然气、煤炭等制造高分子合成材料制品的主要过程见图1-2。

由图1-2可知由天然气和石油为原料到制成高分子合成材料制品，需要经过石油开采、石油炼制、基本有机合成、高分子合成、高分子合成材料成型等工业部门。基本有机合成工业不仅为高分子合成工业提供最主要的原料——单体，而且提供溶剂、塑料添加剂以及橡胶配合剂等辅助原料。

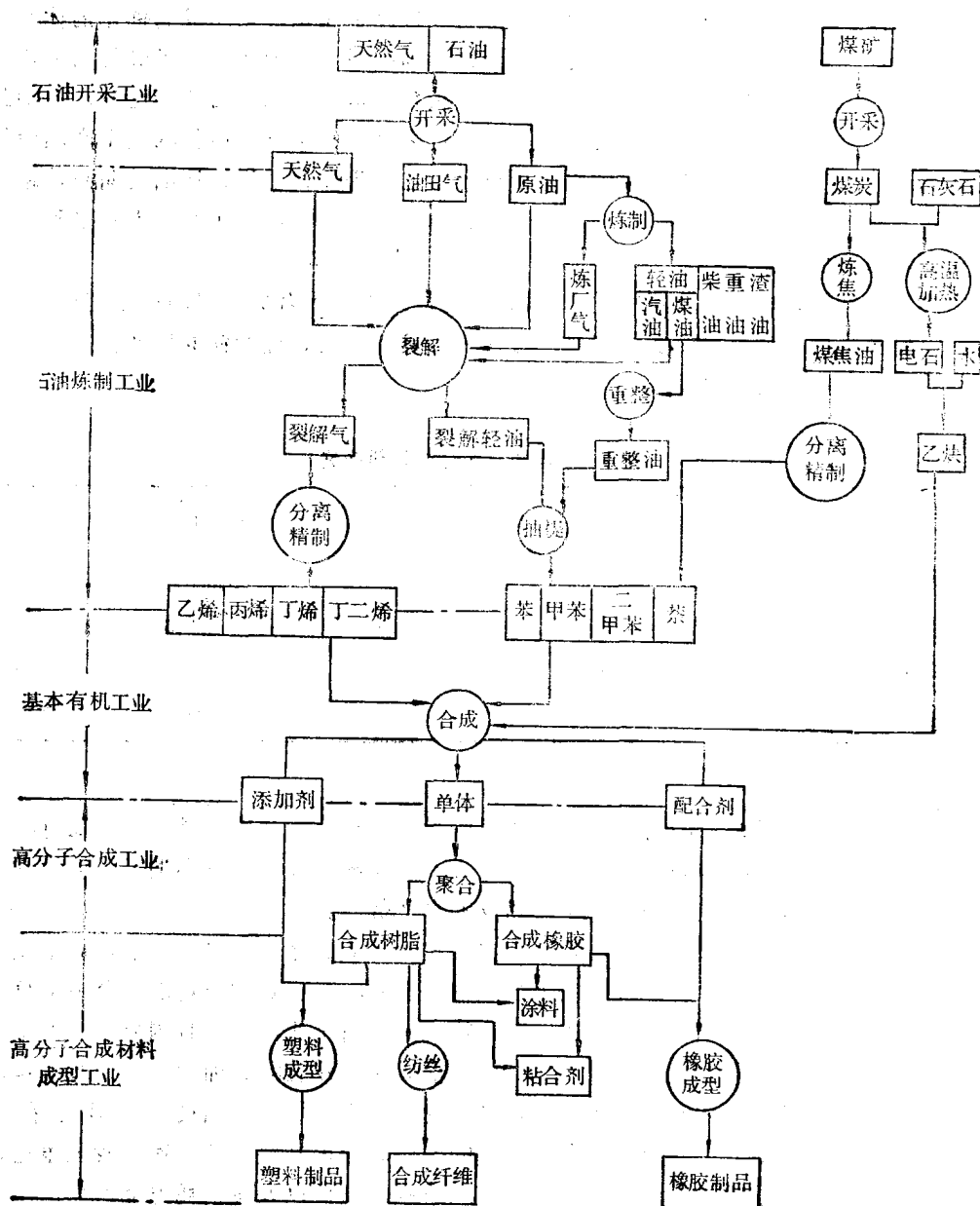


图 1-2 制造高分子合成材料的主要过程

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（包括缩聚反应等）合成为高分子化合物，从而为高分子合成材料成型工业提供基本原料。因此基本有机合成工业、高分子合成工业和高分子合成材料成型工业是密切相联系的三个工业部门。高分子合成工业生产的合成树脂和合成橡胶不仅用作三大合成材料的原料，而且还可用来生产涂料、粘合剂、离子交换树脂等。

四、高分子合成材料成型加工工业简介

高分子合成工业的产品，合成树脂和合成橡胶可能是液态的低聚物、坚韧的固态高聚物（合成树脂）或弹性体（合成橡胶）。它们必须经过成型加工才能够制成有用的材料及其制品。纯粹的合成树脂或合成橡胶通常不能直接用来成型加工，而必须加适当种类和适当数量的添加剂（也叫助剂或配合剂）经过适当方法加以混合（或混炼），然后成型为经久耐用的高分子材料制品。因此合成树脂和合成橡胶仅是高分子合成材料的最主要原料。

经高聚物成型加工后得到的塑料制品中高聚物的分子结构可能是线型（热塑性塑料制品）或者是体型（热固性塑料制品）。合成纤维基本上都是线型高聚物所构成。橡胶制品中的高聚物结构则是松散的交联高聚物。

塑料的原料是合成树脂和添加剂（又叫助剂）。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。稳定剂的作用主要是防止成型过程中高聚物受热分解或长期使用过程中防止高聚物受光和氧的作用而老化降解。因此有热稳定剂、光稳定剂、抗氧剂等。润滑剂的作用是在高聚物成型过程中附着于材料表面以防止粘着模具，并增加流动性。加入着色剂以使塑料制品具有各种鲜艳的颜色。增塑剂可渗透入高聚物分子之间增加高聚物分子的活动性，从而增加塑料制品的柔韧性，降低塑料的脆性。填料具有提高塑料机械强度、降低成本、改进性能的作用。在室外使用的塑料制品，特别是塑料薄膜中应当加入紫外线吸收剂，以防止塑料受日光照射后老化破坏，以提高使用寿命。对于经常受摩擦的塑料制品，例如电影胶片则应当加入防静电剂，以防止聚集静电荷。防静电剂还可防止塑料表面易吸附灰尘而污染的缺点。在潮湿环境中使用的塑料制品中应当加防霉剂。

稳定剂和润滑剂是塑料中必须加入的添加剂，其他组分则根据塑料种类和用途的不同而有增减。例如聚乙烯塑料不需要加增塑剂，而软聚氯乙烯塑料则加有大量的增塑剂。制备泡沫塑料时则应当加发泡剂。

塑料成型方法因制品形式不同而不同。重要的有注塑成型、挤塑成型、吹塑成型、模压成型等。塑料制品除模塑制品外，还有薄膜、人造革、泡沫塑料……等。

热塑性塑料的主要成型方法见图1-3。热固性塑料的主要成型方法见图1-4。

由合成橡胶制造橡胶制品时加入的添加物通常称为配合剂，包括硫化剂、硫化促进剂、助促进剂、防老剂、软化剂、增强剂、填充剂、着色剂等。硫化剂的作用是使线型的高分子量合成橡胶分子经硫化后变成松散的交联结构。硫化促进剂和助促进剂具有促进硫化反应的作用，可缩短硫化时间，降低硫化温度，减少硫化剂用量。防老剂的作用能够延缓橡胶老化过程，从而延长橡胶制品使用寿命。软化剂则可增加橡胶的可塑性。增强剂又称补强剂，可以提高橡胶制品的强度，填充剂相当于塑料添加剂的填料，可以提高或改进橡胶制品的机械性能。橡胶制品中增强剂与填充剂用量较大，一般含量在20%以上。橡胶制品成型过程大致经过的工序见图1-5。

合成纤维通常由线型高分子量合成树脂经熔融纺丝或溶液纺丝制成。合成纤维中通常要

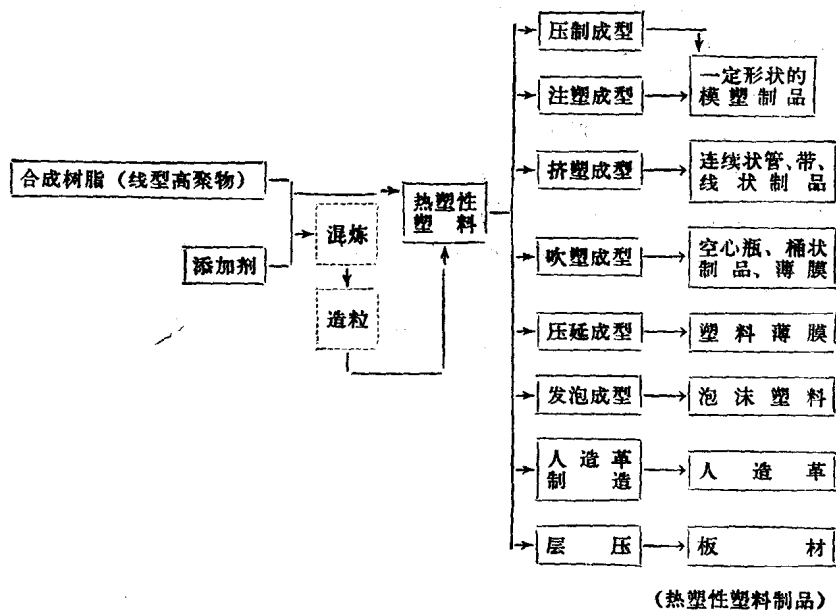


图 1-3 热塑性塑料的主要成型方法

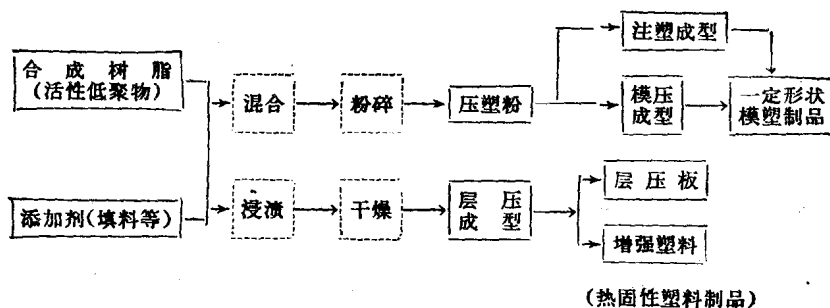


图 1-4 热固性塑料的主要成型方法

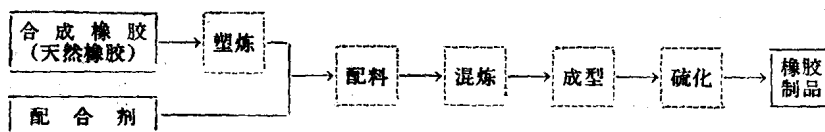


图 1-5 橡胶制品的制造过程

加有少量消光剂、防静电剂以及油剂等，消光剂的作用可以消除合成纤维的光泽，一般为白色颜料如钛白粉、锌白粉等。油剂的作用是增加纤维的柔性和抱合性，合成纤维的纺丝过程大致经过的工序见图 1-6。

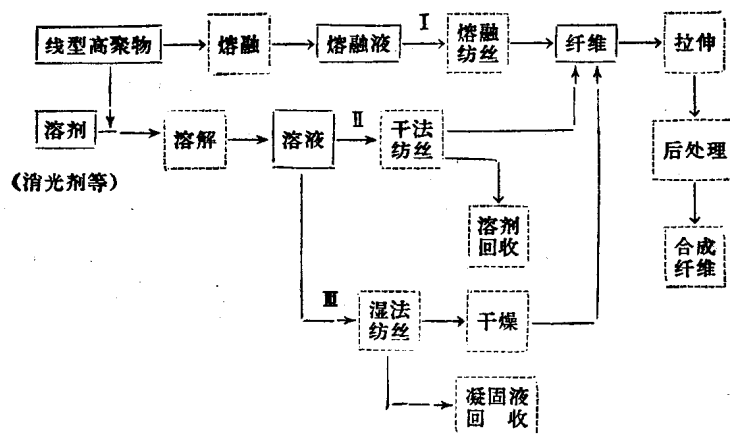


图 1-6 合成纤维的纺丝过程

第二节 高分子合成材料的特性和在国民经济各部门中的应用

塑料、合成橡胶、合成纤维是最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；品种繁多；性能多样化，某些性能远优于天然材料或为天然材料所无，可适应现代科学技术、工农业生产以及国防工业的特殊要求；并且加工成型方便，可制成各种形状的材料与制品。因此，合成材料已成为近代各技术部门中不可缺少的材料。

一、塑料

塑料是以合成树脂为基本成分，在加工过程中可塑制成一定形状，而产品最后能保持形状不变的材料。它具有质轻、绝缘、耐腐蚀、美观、制品形式多样化等特点。

根据受热后的情况，塑料可分为热塑性塑料与热固性塑料两大类；前者可反复受热软化或熔化，后者经固化成型后，再受热则不能熔化，强烈则分解。

按化学组成分类，塑料品种繁多。但是根据生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。前者如聚乙烯塑料、聚丙烯塑料、聚氯乙烯塑料、聚苯乙烯塑料、酚醛塑料等；后者如聚酰胺塑料、聚碳酸酯塑料、聚甲醛塑料、ABS-塑料（丙烯腈—丁二烯—苯乙烯三元共聚物）、聚四氟乙烯塑料、聚砜塑料、聚酰亚胺塑料、高密度聚乙烯、玻璃纤维增强塑料等。

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用材料。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，产量不大，成本较高，但具有优良的机械强度或耐摩擦、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。

塑料作为材料，主要从以下几方面的性能进行评价：

1) 物理性能 比重(密度)、硬度、吸水性等；

- 2) 机械性能 抗张强度、抗弯强度、伸长率、弹性模量等;
- 3) 电性能 介电常数、表面电阻、体积电阻、介质损耗、击穿电压等;
- 4) 热性能 按规定条件测定的热变形温度、长期使用时的最高温度等;
- 5) 耐化学腐蚀性能 耐酸、碱性能,耐有机溶剂性能等;

此外尚有根据特殊需要而测定的光学性能、耐火性能等。

塑料是有机材料,因此其主要缺点是绝大多数塑料制品都可燃烧,在长期使用过程中由于光线、空气中氧的作用以及环境条件和热的影响,其制品的性能可能逐渐变坏,甚至损坏到不能使用,即发生老化现象。此外,目前我国的塑料成本还较高。

二、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较天然橡胶为优良的耐热、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、带等橡胶制品,包括丁苯橡胶、顺丁橡胶(顺式聚丁二烯橡胶)、丁基橡胶、乙丙橡胶、异戊橡胶等品种。

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、氯丁橡胶、丁腈橡胶、聚氨酯橡胶、氯醇橡胶等。

合成橡胶主要用来制造橡胶制品,其次用来制造粘合剂、塑料改性等,所以其生产量和需要量低于塑料。

合成橡胶的性能,从以下各方面进行评价:

- 1) 物理性能 挥发组分含量、灰分含量等;
- 2) 门尼粘度 (Mooney viscosity) 又称转动(门尼)粘度 用门尼粘度计测定的数值,大体上可以反映合成橡胶的聚合度与分子量;
- 3) 硫化橡胶的机械性能 抗张强度、伸长率、定伸强度、耐磨性能、疲劳性能、脆折温度等;
- 4) 硫化橡胶的耐化学腐蚀性、耐油性、耐老化性等。

合成橡胶主要用来生产具有弹性的橡胶制品。发生老化现象时,弹性受到严重影响甚至消失,因此合成橡胶中必须加有防老剂。

三、合成纤维

线型结构的高分子量合成树脂,经过适当方法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量合成树脂都可经过纺丝过程制得合成纤维。但有些品种的合成纤维强度太低或软化温度太低,或者由于分子量范围不适于加工为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。一般说来,生产合成纤维用的合成树脂平均分子量低于热塑性塑料所用者。

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(锦纶纤维或称尼龙纤维)、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,尚有具有耐高温、耐腐蚀或耐辐射的特种用途的合成纤维,如聚芳酰胺纤维、聚酰亚胺纤维等。

合成纤维与天然纤维相比较,它具有强度高、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荷，多数合成纤维的吸湿性差。因此制成的衣物易污染，不吸汗，夏天穿着时易感到闷热。

表示合成纤维与天然纤维粗细程度的指标叫“纤度”。它有重量单位和长度单位两种表示方法。工业上重量单位称为“**綫**”或“**登尼尔**”(denier)用纤维9000米长度的重量克数表示。纤维越细，**綫**数越小。例如150**綫**的涤纶纤维长度9000米的重量是150克。长度单位为“**公支**”，用1克纤维的长度米数表示。例如60**公支**的涤纶纤维指1克涤纶纤维长度为60米。显然，**綫**数和**公支**数之间的关系是： $\text{綫数} \times \text{公支数} = 9000$ 。

合成纤维的性能主要从断裂强度、断裂伸长率、回弹性、光脆牢度、吸湿率、回潮性等方面进行评价。纤维材料的断裂强度除可以用公斤/毫米²表示以外，为了对各种不同粗细的纤维进行比较，通常用克/綫作单位。

第三节 高分子化合物生产过程

高分子合成工业的任务是将简单的有机化合物(单体)，经聚合反应使之合成为高分子化合物。能够发生聚合反应的单体分子应当含有二个或二个以上能够发生聚合反应的活性官能团或原子，它们可总称为官能度。根据单体分子化学结构和官能度的不同，合成的产品分子量和用途也有所不同。仅含有二个聚合活性官能度(包括双键)的单体可以生产高分子量的线型结构高分子化合物；分子中含有二个以上聚合活性官能度的单体则要求生产分子量甚低的具有反应活性的聚合物。前者主要用来进一步加工为热塑性塑料和合成纤维，后者则主要用来加工为热固性塑料制品。双烯烃单体则主要用来生产合成橡胶。

由聚合活性官能度不同的单体合成高分子合成材料的大致过程，见图1-7。

当前由于线型高分子量合成树脂和合成橡胶的需要量日益扩大，所以它们的主要品种每套生产装置，规模小者年产数千吨，规模大者年产量则达数万吨以至十万吨以上，这些生产装置不仅规模大，而且自动化程度高。我国已陆续建成了一批年产量达数万吨以上的现代化高分子合成生产装置。今后还要不断新建一批高分子合成装置，使高分子材料工业能为丰富人民生活 and 加强四个现代化建设作出更多更有贡献。

相对而言，生产具有反应活性的低聚物的生产装置规模小的多，每套生产装置的年产量仅数百吨，大者不超过数千吨，因此高分子合成工业技术的发展与研究都是以线型高分子量合成树脂与合成橡胶的生产为主要对象。

合成高分子化合物的反应主要是不饱和单体和二烯烃类单体的加成聚合反应和活性单体的逐步聚合反应两大类。从生产工艺观点来考虑，前一类生产过程较复杂，品种多，而且规模大。因此用加成聚合反应来生产高聚物的过程可以作为高分子合成工业的典型而予以介绍。

大型化的高分子合成生产，主要包括以下生产过程和完成这些生产过程的相应设备与装置：

- (1) 原料准备与精制过程 包括单体、溶剂、去离子水等原料的贮存、洗涤、精制、干燥、调整浓度等过程和设备。
- (2) 催化剂(引发剂)配制过程 包括聚合用催化剂、引发剂和助剂的制造、溶解、贮存、调整浓度等过程与设备。
- (3) 聚合反应过程 包括聚合和以聚合釜为中心的有关热交换设备及反应物料输送过程与设备。

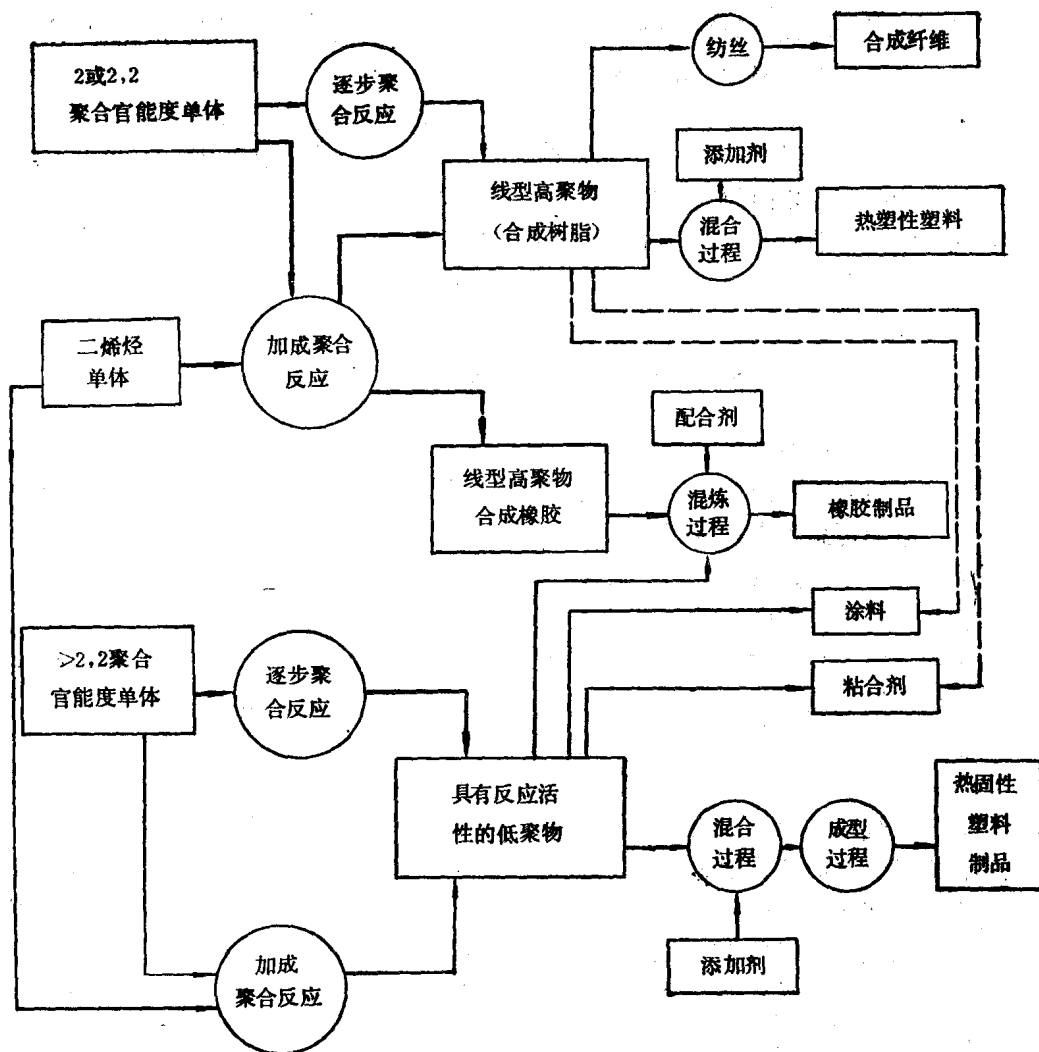


图 1-7 单体的聚合官能度数目与合成材料的关系
粗实线、细实线、虚线分别代表主要、次要、较少三种情况

(4) 分离过程 包括未反应单体的回收、脱除溶剂、催化剂，脱除低聚物等过程与设备。

(5) 聚合物后处理过程 包括聚合物的输送、干燥、造粒、均匀化、贮存、包装等过程与设备。

(6) 回收过程 主要是溶剂的回收与精制过程与设备。

此外尚有与全厂有关的三废处理和公用工程如供电、供气、供水等项目。

对于某一品种高聚物的生产而言，由于生产工艺条件的不同，可能不需要通过上述全部生产过程，而且各过程所占的比重也因品种不同和生产方法的不同而有所不同。聚合物生产实例流程图见图1-8。