



普通高等教育“十三五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU “13-5” GUIHUA JIAOCAI

资源循环科学与工程专业系列教材 薛向欣 主编

废旧高分子材料 循环利用

李 勇 编



冶金工业出版社

www.cnmp.com.cn

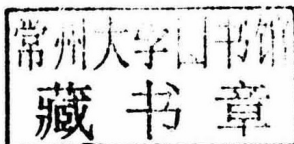


普通高等教育“十三五”规划教材

资源循环科学与工程专业系列教材 薛向欣 主编

废旧高分子材料循环利用

李 勇 编



北 京
冶金工业出版社
2019

内 容 提 要

本教材为资源循环科学与工程专业系列教材之一。内容包括：高分子材料概述、高分子材料加工理论基础与设备、高分子材料与环境、废旧高分子材料的鉴别与分离、废旧热塑性塑料的循环利用原理与技术、废旧热固性塑料的循环利用原理与技术、废旧橡胶的循环利用原理与技术、废旧高分子材料循环利用的污染控制等。

本教材为资源循环科学与工程专业本科教材和参考书，可作为相关专业研究生参考书，也可为环境科学与工程专业的本科教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

废旧高分子材料循环利用 / 李勇编. —北京：冶金工业出版社，2019.7

(资源循环科学与工程专业系列教材/薛向欣主编)

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5024-7718-9

I. ①废… II. ①李… III. ①高分子材料—废物综合利用—高等学校—教材 IV. ①X78

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 078675 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcs@cnmp.com.cn

责任编辑 刘小峰 美术编辑 彭子赫 版式设计 孙跃红

责任校对 李 娜 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-7718-9

冶金工业出版社出版发行；各地新华书店经销；固安县京平诚乾印刷有限公司印刷

2019 年 7 月第 1 版，2019 年 7 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16；14 印张；336 千字；208 页

39.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题，本社营销中心负责退换)

序

人类的生存与发展、社会的演化与进步，均与自然资源消费息息相关。人类通过对自然界的不断索取，获取了创造财富所必需的大量资源，同时也因认识的局限性、资源利用技术选择的时效性，对自然环境造成了无法弥补的影响。由此产生大量的“废弃物”，为人类社会与自然界的和谐共生及可持续发展敲响了警钟。有限的自然资源是被动的，而人类无限的需求却是主动的。二者之间，人类只有一个选择，那就是必须敬畏自然，必须遵从自然规律，必须与自然界和谐共生。因此，只有主动地树立“新的自然资源观”，建立像自然生态一样的“循环经济发展模式”，才有可能破解矛盾。也就是说，必须采用新方法、新技术，改变传统的“资源—产品—废弃物”的线性经济模式，形成“资源—产品—循环—再生资源”的物质闭环增长模式，将人类生存和社会发展中产生的废弃物重新纳入生产、生活的循环利用过程，并转化为有用的物质财富。当然，站在资源高效利用与环境友好的界面上考虑问题，物质再生循环并不是目的，而只是一种减少自然资源消耗、降低环境负荷、提高整体资源利用率的有效工具。只有充分利用此工具，才能维持人类社会的可持续发展。

“没有绝对的废弃物，只有放错了位置的资源。”此言极富哲理，即若有效利用废弃物，则可将其变为“二次资源”。既然是二次资源，则必然与自然资源（一次资源）自身具有的特点和地域性、资源系统与环境的整体性、系统复杂性和特殊性密切相关，或者说自然资源的特点也决定了废弃物再资源化科学研究与技术开发的区域性、综合性和多样性。自然资源和废弃物间有严格的区分和界限，但互相并不对立。我国自然资源禀赋特殊，故与之相关的二次资源自然具备了类似特点：能耗高，尾矿和弃渣的排放量大，环境问题突出；同类自然资源的利用工艺差异甚大，故二次资源的利用也是如此；虽是二次资源，但同时又是具有废弃物和污染物属性的特殊资源，绝不能忽视再利用过程的污染转移。因此，站在资源高效利用与环境友好的界面上考虑再利用的原理和技术，不能单纯地把废弃物作为获得某种产品的原料，而应结合具体二次资源考虑整体化、功能化的利用。在考虑科学、技术、环境和经济四者统一原则下，

遵从只有科学原理简单,技术才能简单的逻辑,尽可能低投入、低消耗、低污染和高效率地利用二次资源。

2008年起,国家提出社会经济增长方式向“循环经济”“可持续发展”转变。在这个战略转变中,人才培养是重中之重。2010年,教育部首次批准南开大学、山东大学、东北大学、华东理工大学、福建师范大学、西安建筑科技大学、北京工业大学、湖南师范大学、山东理工大学等十所高校,设立战略性新兴产业学科“资源循环科学与工程”,并于2011年在全国招收了首届本科生。教育部又陆续批准了多所高校设立该专业。至今,全国已有三十多所高校开设了资源循环科学与工程本科专业,某些高校还设立了硕士和博士点。该专业的开创,满足了我国战略性新兴产业的培育与发展对高素质人才的迫切需求,也得到了学生和企业的认可和欢迎,展现出极强的学科生命力。

“工欲善其事,必先利其器”。根据人才培养目标和社会对人才知识结构的需求,东北大学薛向欣团队编写了《资源循环科学与工程专业系列教材》。系列教材目前包括《有色金属资源循环利用(上、下册)》《钢铁冶金资源循环利用》《污水处理与水资源循环利用》《无机非金属资源循环利用》《土地资源保护与综合利用》《城市垃圾安全处理与资源化利用》《废旧高分子材料循环利用》七个分册,内容涉及的专业范围较为广泛,反映了作者们对各自领域的深刻认识和缜密思考,读者可从中全面了解资源循环领域的历史、现状及相关政策和技术发展趋势。系列教材不仅可用于本科生课堂教学,更适合从事资源循环利用相关工作的人员学习,以提升专业认识水平。

资源循环科学与工程专业尚在发展阶段,专业研发人才队伍亟待壮大,相关产业发展方兴未艾,尤其是随着社会进步及国家发展模式转变所引发的相关产业的新变化。系列教材作为一种积极的探索,她的出版,有助于我国资源循环领域的科学发展,有助于正确引导广大民众对资源进行循环利用,必将对我国资源循环利用领域产生积极的促进作用和深远影响。对系列教材的出版表示祝贺,向薛向欣作者团队的辛勤劳动和无私奉献表示敬佩!

中国工程院院士



2018年8月

主编的话

众所周知，谁占有了资源，谁就赢得了未来！但资源是有限的，为了可持续发展，人们不可能无休止地掠夺式地消耗自然资源而不顾及子孙后代。而自然界周而复始，是生态的和谐循环，也因此而使人类生生不息繁衍至今。那么，面对当今世界资源短缺、环境恶化的现实，人们在向自然大量索取资源创造当今财富的同时，是否也可以将消耗资源的工业过程像自然界那样循环起来？若能如此，岂不既节约了自然资源，又减轻了环境负荷；既实现了可持续性发展，又荫福子孙后代？

工业生态学的概念是 1989 年通用汽车研究实验室的 R. Frosch 和 N. E. Gallopouloszai 在“Scientific American”杂志上提出的，他们认为“为何我们的工业行为不能像生态系统那样，在自然生态系统中一个物种的废物也许就是另一个物种的资源，而为何一种工业的废物就不能成为另一种资源？如果工业也能像自然生态系统一样，就可以大幅减少原材料需要和环境污染并能节约废物垃圾的处理过程”。从此，开启了一个新的研究人类社会生产活动与自然互动的系统科学，同时也引导了当代工业体系向生态化发展。工业生态学的核心就是像自然生态那样，实现工业体系中相关资源的各种循环，最终目的就是要提高资源利用率，减轻环境负荷，实现人与自然的和谐共处。谈到工业循环，一定涉及一次资源（自然资源）和二次资源（工业废弃物等），如何将二次资源合理定位、科学划分、细致分类，并尽可能地进入现有的一次资源加工利用过程，或跨界跨行业循环利用，或开发新的循环工艺技术，这些将是资源循环科学与工程学科的重要内容和相关产业的发展方向。

我国的相关研究几乎与世界同步，但工业体系的实现相对迟缓。2008 年我国政府号召转变经济发展方式，各行业已开始注重资源的循环利用。教育部响应国家号召首批批准了十所高校设立资源循环科学与工程本科专业，东北大学也在其中，目前已有 30 所学校开设了此专业。资源循环科学与工程专业不仅涉及环境工程、化学工程与工艺、应用化学、材料工程、机械制造及其自动化、电子信息工程等专业，还涉及人文、经济、管理、法律等多个学科；与原有资源工程专业的不同之处在于，要在资源工程的基础上，讲清楚资源循环以及相应的工程和管理。

通过总结十年来的教学与科研经验，东北大学资源与环境研究所终于完成了《资源循环科学与工程专业系列教材》的编写。系列教材的编写思路如下：

(1) 专门针对资源循环科学与工程专业本科教学参考之用,还可以为相关专业的研究生以及资源循环领域的工程技术人员和管理决策人员提供参考。

(2) 探讨资源循环科学与工程学科与冶金工业的关系,希望利用冶金工业为资源循环科学与工程学科和产业做更多的事情。

(3) 作为探索性教材,考虑到学科范围,教材内容的选择是有限的,但应考虑那些量大面广的循环物质,同时兼顾与冶金相关的领域。因此,系列教材包括水、钢铁材料、有色金属、硅酸盐、高分子材料、城市固废和与矿业废弃物堆放有关的土壤问题,共7个分册。但这种划分只能是一种尝试,比如水资源循环部分不可能只写冶金过程的问题;高分子材料的循环大部分也不是在冶金领域;城市固废的处理量也很少在冶金过程消纳掉;即使是钢铁和有色金属冶金部分也不可能在教材中概全,等等。这些也恰恰给教材的续写改编及其他从事该领域的同仁留下想象与创造的空间和机会。

如果将系列教材比作一块投石问路的“砖”,那么我们更希望引出资源能源高效利用和减少环境负荷之“玉”。俗话说“众人拾柴火焰高”,我们真诚地希望,更多的同仁参与到资源循环利用的教学、科研和开发领域中来,为国家解忧,为后代造福。

系列教材是东北大学资源与环境研究所所有同事的共同成果,李勇、胡恩柱、马兴冠、吴畏、曹晓舟、杨合和姜涛七位博士分别主持了7个分册的编写工作,他们付出的辛勤劳动一定会结出硕果。

中国工程院黄小卫院士为系列教材欣然作序!冶金工业出版社为系列教材做了大量细致、专业的编辑工作!我的母校东北大学为系列教材的出版给予了大力支持!作为系列教材的主编,本人在此一并致以衷心谢意!

东北大学资源与环境研究所



2018年9月

前 言

高分子材料是一门古老而又年轻的学科。古老，指的是其使用方面，从远古时期开始，人类就已经学会使用蚕丝、棉花、纤维素、木材等天然高分子材料。年轻，指的是在 1920 年 Staudinger 提出高分子的概念后，至今不过一个世纪，高分子材料科学日新月异，新的聚合物种类和产品大量产生，产量和消费量逐年升高，已经广泛应用于人类社会的各个领域。2012 全世界的塑料产量已达到 2.88 亿吨，合成橡胶和天然橡胶 2600 多万吨，如以体积计，已经远远超过钢铁，是名副其实的重要基础材料之一。

但随着高分子材料制品的广泛使用，每年都产生巨大数量的废旧高分子材料，其对环境产生的污染影响也日益突出，废塑料的“白色污染”和废橡胶的“黑色污染”就是最直接的明证。废旧高分子材料的处理，也就成为全球性的问题。虽然填埋和焚烧是最简便处理废旧高分子的方法，但由于高分子材料的生物难降解性，采用这样处理方式不仅浪费了资源，也会产生新的“二次污染”。因此，废旧高分子材料的循环利用，是保护环境和减少资源浪费最有效的途径。

本教材针对高等学校资源循环科学与工程专业的课程特点，结合当代高分子材料循环利用特点，全面阐述了废旧高分子的利用技术，力求使学生能够全面了解废旧高分子材料的循环利用科学原理与技术状况，为其未来从事高分子材料循环利用工作打下扎实的专业基础。

全书共分 8 章，分别为：高分子材料概述；高分子材料加工理论基础与设备；高分子材料与环境；废旧高分子材料的鉴别与分离；废旧热塑性塑料的循环利用原理与技术；废旧热固性塑料的循环利用原理与技术；废旧橡胶的循环利用原理与技术；废旧高分子材料循环利用的污染控制。

本书在编写过程中，得到了东北大学资源与环境研究所和冶金工业出版社大力帮助，在此对他们表示由衷的感谢。

由于高分子材料循环利用还处于发展阶段，加之编者水平所限，书中疏漏和不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2019 年 5 月于东北大学

目 录

1 高分子材料概述	1
1.1 材料与高分子材料	1
1.2 高分子材料分类	3
1.2.1 按照高分子材料的来源分类	3
1.2.2 按照高分子材料的用途分类	3
1.3 高分子材料的相关概念和术语	5
1.4 高分子材料的研究方法	6
1.4.1 高分子材料结构的测定方法	7
1.4.2 高分子材料性能的测定	7
1.5 常用塑料	8
1.5.1 聚乙烯	8
1.5.2 聚丙烯	9
1.5.3 聚氯乙烯	10
1.5.4 聚苯乙烯	10
1.5.5 ABS 塑料	11
1.5.6 PET 聚酯塑料	12
1.5.7 聚碳酸酯塑料	13
1.5.8 聚四氟乙烯	14
1.6 常用橡胶	14
1.6.1 天然橡胶	16
1.6.2 丁苯橡胶	17
1.6.3 顺丁橡胶	18
1.6.4 异戊橡胶	18
1.6.5 丁腈橡胶	18
1.6.6 乙丙橡胶	19
1.6.7 硅橡胶	20
1.7 合成纤维	22
1.7.1 纤维的定义与分类	22
1.7.2 合成纤维的性能和应用	23
1.7.3 聚酯纤维	24
1.7.4 聚酰胺纤维	24
1.7.5 聚丙烯腈纤维	25

1.7.6 聚丙烯纤维	25
1.7.7 聚乙烯醇纤维	26
1.7.8 芳香族聚酰胺纤维	26
1.7.9 碳纤维	26
1.7.10 聚四氟乙烯纤维	26
1.7.11 聚氨酯纤维	27
1.8 涂料	27
1.8.1 涂料概述	27
1.8.2 常用合成树脂涂料	29
1.9 胶黏剂	32
1.9.1 胶黏剂概述	32
1.9.2 热塑性高分子胶黏剂	32
1.9.3 热固性高分子胶黏剂	33
1.9.4 橡胶型胶黏剂	33
1.9.5 热熔型胶黏剂	34
1.9.6 压敏胶	34
1.10 功能高分子材料	34
1.10.1 功能高分子材料的分类和特点	35
1.10.2 功能高分子材料的制备	36
1.10.3 医用高分子材料	37
1.10.4 离子交换树脂	40
1.10.5 光敏性高分子	42
1.10.6 磁性高分子材料	42
1.10.7 高分子试剂和高分子催化剂	43
本章小结	43
习题	44
2 高分子材料加工理论基础与设备	45
2.1 高分子材料的制备	45
2.1.1 概述	45
2.1.2 聚合物的可挤压性	48
2.1.3 聚合物的可模塑性	49
2.1.4 聚合物的可纺性	50
2.1.5 聚合物的可延展性	50
2.2 聚合物流变学基础	51
2.2.1 聚合物熔体的流动	51
2.2.2 聚合物熔体剪切黏度的影响因素	54
2.2.3 高聚物流变性能的测定	56
2.3 高分子材料的混合及设备	58

2.3.1 混合基本原理	59
2.3.2 混合的类型	60
2.3.3 主要混合设备	60
2.4 塑料的成型加工及设备	64
2.4.1 压制成型及其主要设备	64
2.4.2 挤出成型及设备	66
2.4.3 注射成型	69
2.5 橡胶的成型加工及设备	73
2.5.1 塑炼	74
2.5.2 混炼	74
2.5.3 成型	75
2.5.4 硫化	75
2.6 纤维成型工艺及设备	77
2.6.1 熔融纺丝法	77
2.6.2 溶液纺丝法	77
本章小结	78
习题	78
3 高分子材料与环境	79
3.1 人类社会离不开高分子材料	79
3.2 高分子材料的环境问题	83
3.2.1 高分子材料的“三废”污染问题	84
3.2.2 废弃高分子材料的特点	86
3.2.3 废弃高分子材料的环境问题	88
3.3 高分子材料与可持续性发展	89
3.4 废旧高分子的处理处置方式	92
3.4.1 废旧高分子材料的范畴及其来源	92
3.4.2 废旧高分子材料的处理处置方式	93
3.5 废旧高分子材料的再循环利用 (Recycle)	94
3.5.1 废旧高分子材料再循环利用的意义	94
3.5.2 废旧高分子材料再循环利用的方式	95
3.5.3 废旧高分子材料的物理循环	95
3.5.4 高分子材料的化学循环	97
3.5.5 高分子材料的能量循环	98
本章小结	98
习题	98
4 废旧高分子材料的鉴别与分离	99
4.1 高分子材料的标志	99

4.2 废旧高分子材料的鉴别	102
4.2.1 外观鉴别法	102
4.2.2 燃烧鉴别法	102
4.2.3 密度鉴别法	103
4.2.4 塑化温度鉴别法	103
4.3 废旧高分子的分离	104
4.3.1 手工分离	104
4.3.2 静电分离	104
4.3.3 磁选分离	105
4.3.4 风力分选法	105
4.3.5 冷热分离法	105
4.3.6 超临界流体分选	105
本章小结	105
习题	106
5 废旧热塑性塑料的循环利用原理与技术	107
5.1 废旧热塑性塑料概述	107
5.2 废旧热塑性塑料的物理循环利用	108
5.2.1 废旧热塑性塑料的直接熔融利用	108
5.2.2 废旧热塑性塑料的物理改性循环利用	111
5.2.3 化学改性再生	117
5.2.4 物理循环的工艺和设备	119
5.3 废旧热塑性塑料的化学循环	121
5.3.1 废旧热塑性塑料的热分解	121
5.3.2 废旧热塑性塑料的化学分解	122
5.4 废旧热塑性塑料的能量循环	125
5.4.1 废旧塑料的能量循环利用原理	125
5.4.2 废旧塑料的能量循环利用技术	126
本章小结	128
习题	128
6 废旧热固性塑料的循环利用原理与技术	129
6.1 废旧热固性塑料循环利用概述	129
6.2 聚氨酯的循环利用	130
6.2.1 聚氨酯化学	130
6.2.2 聚氨酯制品分类	134
6.2.3 聚氨酯的循环利用	134
6.3 废旧酚醛树脂的循环利用	141
6.3.1 酚醛树脂概述	141

6.3.2 酚醛树脂化学	142
6.3.3 废旧酚醛树脂的循环利用	144
6.4 废旧环氧树脂的循环利用	146
6.4.1 环氧树脂概述	146
6.4.2 环氧树脂化学	149
6.4.3 环氧树脂的循环利用	152
本章小结	152
习题	152
7 废旧橡胶的循环利用原理与技术	153
7.1 废旧橡胶的种类与来源	153
7.1.1 废旧橡胶的种类	153
7.1.2 废旧橡胶的来源	154
7.1.3 废旧橡胶的产生量	154
7.1.4 废旧橡胶重新利用的价值	155
7.2 废旧橡胶循环利用途径	155
7.2.1 直接循环利用	156
7.2.2 间接循环利用	156
7.3 胶粉的生产及其应用	160
7.3.1 胶粉的分类	160
7.3.2 胶粉的生产方法	160
7.3.3 活化胶粉	167
7.3.4 胶粉的应用	170
7.4 再生橡胶	174
7.4.1 再生橡胶概述	174
7.4.2 再生橡胶的生产概况	175
7.4.3 再生橡胶的再生反应机理	177
7.4.4 废旧橡胶的再生方法	178
7.4.5 废旧橡胶再生的主要影响因素	180
7.4.6 再生橡胶的基本组成	181
7.4.7 再生橡胶的生产工艺流程	184
7.4.8 再生橡胶生产新工艺	186
7.4.9 再生橡胶的应用	190
7.5 废旧橡胶改性沥青	192
7.5.1 国内外废旧橡胶粉改性沥青利用现状	192
7.5.2 废轮胎橡胶沥青定义及其制作方法	193
7.5.3 废旧橡胶改性沥青的组成	193
7.5.4 废旧橡胶改性沥青的配方设计	194
7.5.5 废旧橡胶改性沥青的生产方法	195

7.5.6 胶粉改性沥青混合料的施工	195
7.6 废旧橡胶的热裂解和燃烧利用	196
7.6.1 废旧橡胶热裂解工艺	196
7.6.2 废旧橡胶的燃烧热利用	198
7.6.3 废旧橡胶燃烧设备	198
本章小结	200
习题	200
8 废旧高分子材料循环利用的污染控制	201
8.1 废塑料循环利用的污染与控制	201
8.1.1 塑料再生行业存在的问题	201
8.1.2 再生塑料的污染源	202
8.1.3 废塑料循环利用工艺污染环节	202
8.1.4 废塑料循环利用过程的环境影响与控制	204
8.2 废橡胶循环利用的污染与控制	205
8.2.1 废旧橡胶再生的尾气处理方法	205
8.2.2 橡胶沥青路面的环境影响	206
本章小结	207
习题	207
参考文献	208

本章提要:

- (1) 掌握高分子材料的常用分类方法及其主要性质。
 - (2) 掌握本章中出现的相关概念和术语的主要内涵。
 - (3) 掌握高分子材料的力学性能、流变性能和化学性能的研究方法。
 - (4) 了解典型聚合物的主要特点及其应用范围。
-

1.1 材料与高分子材料

材料、能源和信息作为科学技术的三大支柱,极大地促进了社会的迅速发展。其中,材料是人类生活和生产的物质基础,是一个国家科学技术、经济发展水平的重要标志,也是工业时代的重要标志。人类社会的发展史就是一部材料的发展史,人类社会经历了石器时代、青铜器时代、铁器时代、非金属材料时代、复合与功能材料时代等,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高的阶段发展。总之,材料是现代社会的先导,是社会经历重大飞跃的标志。

那么,什么是材料,材料的内涵是什么?材料是可以用来直接制造有用物件、构件或器件的物质。作为材料,必须具备以下特点:

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

习惯上,材料可以分为三大类,即金属材料、无机非金属材料 and 有机高分子材料(通常称为高分子材料)。其中,高分子材料也称为聚合物材料。

高分子材料是一门古老而又年轻的学科。古老,指的是使用方面,从远古时代开始,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。年轻,指的是从科学与工程意义上研究高分子材料,从半合成到合成高分子材料出现之后,才不过一个半世纪。

尽管人们一直在加工、使用天然高分子材料,但由于受到科学技术发展水平的限制,长期以来人们对其内在分子结构一无所知。随着天然高分子材料应用领域的不断扩大,人

们对它的研究也在不断深入。1839 年发明了橡胶的硫化, 1872 年发现硝化纤维素可制成“赛璐珞”, 1892 年确定了天然橡胶的干馏产物, 20 世纪初开始了合成高分子的工业化开发。1907 年诞生了第一个合成的高分子材料——酚醛树脂, 随后又开发了氨基塑料, 标志着热固性塑料的开始。1920 年德国人施陶丁格 (Standinger) 首先提出了高分子概念, 其后在 20 世纪 30 年代, 现代高分子概念得以确立并获得公认, 有力地推动了高分子合成工业发展。

尤其是 20 世纪 50 年代, Zielger-Natta 催化剂的发明, 极大地推动了高分子材料的工业发展, 新产品、新工艺层出不穷, 特别是 1948 年 ABS 机械共混法生产的第一个高分子合成材料 ABS 树脂, 标志着高分子材料的开发从此开辟了新的路线, 其应用越来越广泛和重要, 已经成为国民经济和日常生活中不可或缺的材料。

表 1-1 为 1900~1970 年出现的合成高分子材料。

表 1-1 合成高分子材料发展简史

年份	聚合物	缩写	年份	聚合物	缩写
1907	酚醛树脂	PF	1947	环氧树脂	EP
1926	醇酸树脂		1948	ABS 树脂	ABS
1927	聚氯乙烯	PVC	1950	聚丙烯腈纤维	PAN
1929	脲醛树脂	UF		聚乙烯醇缩醛纤维	PVB
1931	氯丁橡胶	CR	1953	聚酯纤维	PES
1936	聚甲基丙烯酸甲酯	PMMA	1955	高密度聚乙烯	HDPE
	聚乙酸乙烯酯	PVAc	1956	聚甲醛	POM
1937	丁苯橡胶	SBR	1957	聚丙烯纤维	PP
	丁腈橡胶	NBR		聚碳酸酯	PC
1938	聚苯乙烯	PS	1959	氯化聚醚	
	聚酰胺 (尼龙)	PA		顺丁橡胶	BR
1939	三聚氰胺-甲醛树脂			异戊橡胶	IR
	聚偏氯乙烯	PVDC	1960	乙丙橡胶	EPR
1940	丁基橡胶	IIR	1965	聚酰亚胺	PI
1942	低密度聚乙烯	LDPE		聚砜	PF
1943	有机硅树脂		1968	聚苯硫醚	PPS
	含氟树脂		1970	乙烯-四氟乙烯共聚物	
	聚氨酯	PU	1974	芳香族聚酰胺	

20 世纪 70 年代以后是高分子材料迅速发展时期, 1999 年全世界高分子材料的消耗量约为 1.8 亿吨, 体积已经超过金属材料, 成为材料领域之首; 同时通过化学改性、物理改性等手段赋予材料新的性能, 为新材料的开发提供了新的途径。如纳米增强技术、橡胶-塑料的共混、纤维增强的高分子基复合材料等。除此之外功能高分子、智能高分子也成为新的热点, 人类更加重视环境友好, 大力发展可持续战略, 废弃高分子材料的回收利用引起全人类的关注。

1.2 高分子材料分类

高分子材料也称为聚合物材料，它是以高分子化合物为主要成分，添加一定的次要添加剂组分，在成型设备中受到一定温度和压力的作用下熔融塑化，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。其中高分子材料的最主要成分——高分子化合物，它对制品的性能起决定性的作用。此外，为了获得各种实用性能或改善其成型加工性能，一般还有各种添加剂。

不同类型的高分子材料需要不同的添加剂，例如塑料需要增塑剂、稳定剂、填料、润滑剂、增韧剂等；橡胶需要硫化剂、促进剂、补强剂、软化剂、防老剂等；涂料需要催干剂、悬浮剂、增塑剂、颜料等。可见，高分子材料是一个十分复杂的体系。

高分子材料的分类方法很多。

1.2.1 按照高分子材料的来源分类

按照高分子材料的来源，高分子材料可分为天然高分子材料、改性天然高分子材料、合成高分子材料。

天然高分子材料是生命起源和进化的基础。人类社会一开始就利用天然高分子材料作为生活资料和生产资料，并掌握了其加工技术。例如，利用蚕丝、棉、毛织成织物，用木材、棉、麻造纸。

改性天然高分子材料是指天然高分子材料经过人工改性，主要是用化学方法改性，获得新的高分子材料。例如，用化学反应的方法将纤维素改性，获得硝基纤维素、醋酸纤维素、羧甲基纤维素、再生纤维素等。

合成高分子材料是指从结构和分子量都已知的小分子原料出发，通过一定的化学反应和聚合反应方法合成聚合物，如聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、丁苯橡胶等。

1.2.2 按照高分子材料的用途分类

高分子材料按照用途可以分为塑料、橡胶、纤维、聚合物基复合材料、胶黏剂、涂料、功能高分子材料等。

(1) 塑料。塑料是以合成树脂为主要成分，再加入填料、增塑剂和其他添加剂制得的。其分子间次价力、模量和形变量介于橡胶和纤维之间。通常按合成树脂的特性分为热固性塑料和热塑性塑料。热塑性塑料受热软化、熔融后能塑制成一定形状，冷却固化成型，并可反复多次成型加工，以线型高分子为主，主要有 PP、PE、PVC、PS 等。热固性塑料在未成型前受热软化、熔融可塑制成一定形状，固化一次成型，具有不溶不熔的性质，不能反复加工，主要是体型聚合物，主要有 PF、UF、EP 等。

按用途和性能，塑料还分为通用塑料和工程塑料（见表 1-2）。通用塑料是指产量大、价格便宜、力学性能一般、主要作为非结构材料使用的一类塑料。工程塑料是指拉伸强度大于 50MPa、冲击强度大于 6kJ/m²，长期耐热温度超过 100℃、刚性好、蠕变小、耐腐蚀、可替代金属用作结构件的塑料。