

FEIJIU GAOFENZI CAILIAO
HUISHOU YU LIYONG

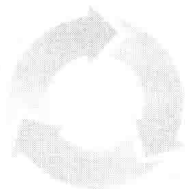
废旧高分子材料 回收与利用

欧玉春 主编

- 本书从基础理论到方法技术、工艺与实例都做了系统全面的阐述，有理论又有对实践应用的指导，对中国塑料、资源环境事业的引导发展以及新型生态材料学的孵化发展均颇有裨益。
- 可供塑料、资源环境工程、材料科学专业及其他相关专业的工程技术人员使用。



化学工业出版社



废旧高分子材料 回收与利用

欧玉春 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书从基础理论到方法技术、工艺与实例都做了系统全面的阐述，有理论又有对实践应用的指导，对中国塑料、资源环境事业的引导发展以及新型生态材料学的孵化发展均颇有裨益。

该书可供塑料、资源环境工程、材料科学专业及其他相关专业的工程技术人员使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

废旧高分子材料回收与利用/欧玉春主编. —北京:
化学工业出版社, 2016. 5
ISBN 978-7-122-26484-8

I. ①废… II. ①欧… III. ①高分子材料-废物综合利用 IV. ①X78

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 046913 号

责任编辑: 夏叶清

文字编辑: 向东

责任校对: 宋夏

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 装: 三河市延风印装有限公司

710mm×1000mm 1/16 印张 21 字数 419 千字 2016 年 10 月北京第 1 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: 84.00 元

版权所有 违者必究

前言

随着人类社会的发展，信息化水平的提高，化学工业“废旧高分子材料回收与综合利用”已经成为一个世界范围内的影响环境和人类可持续发展的主要问题之一。

国家的“十二五”规划中，尤其对“废旧高分子材料回收与综合利用”提出：加强综合治理，采取回收利用、降解等防与治相结合的方针。2015年8月21日—23日中国再生资源回收利用协会危险废物专业委员会成立，表示我国对再生资源回收利用更加重视。“废旧高分子材料回收与利用”的意义十分重要，是化学工业的“十三五”规划中支撑国民经济稳定发展的现代化生态环境建设绿色产业，又是一件对于保护全国老百姓的健康刻不容缓的大事。

当前废旧高分子材料回收利用和开发降解塑料已成为各国防止塑料废弃物污染环境的重要途径。

本书主要是为了更好地、有效地促进化学工业废旧高分子材料回收与综合利用。我国的化学工业废旧高分子材料回收与综合利用工作尚属起步阶段，因此，为了保护环境免受工业废弃物的侵蚀，促进可再生资源的循环利用，从20世纪开始，全国增加了对工业废弃物的管理，致力于使中国成为生产、研究和开发的循环型社会而努力。

本书全面阐述了国内有关废旧高分子材料回收与综合利用新技术、新方法和新思路等。

全书共分九章，参加编写的人员有：欧玉春（第一章、第七章第一节）、张燕叶（第二章、第七章其他章节）、张淑谦（第三章第一、二节、第四章、第九章第三节）、蒋峰（第五章）、孙铁海（第六章）、童忠良（第三章第三、四节，第八章，第九章第一、二节）。欧玉春、童忠良对全书进行了统稿和审核。

《废旧高分子材料回收与利用》从基础理论到方法技术、工艺与实例都做了系统全面的阐述，有理论又有对实践应用的指导，对中国塑料、资源环境事业的引导发展以及新型生态材料学的孵化发展均颇有裨益。

本书通过对多种可选择工艺与技术实例的介绍，有助于人们对化学工业再循环利用工艺与技术清洁生产的重要性有更高层次的认识。本书仅介绍一些普及性的知识，对具体而深入的问题不作详细讨论。由于经济条件和操作规程的

复杂与多变，人们只能因地制宜地进行回收与利用，决不能一概而论。

本书得到中国化工学会精细化工专业委员会、中国塑料加工协会、中国再生资源回收利用协会危险废物专业委员会全力支持；本书参阅了国内外的相关书籍、论文、报刊文章等参考资料并得到了刘均科、王华、袁兴中、[美] L. 史密斯、J. 米兹、E. 巴斯等许多同仁的支持与帮助。由于篇幅所限，这里不一一列举，在此谨向本书参考文献的作者致以衷心的感谢。郭爽、丰云、蒋洁、王素丽、刘殿凯、王瑜、王月春、韩文彬、俞俊、周国栋、高巍、周雯、耿鑫、陈羽、朱美玲、方芳、高新等同志为本书的资料收集和编写付出了大量精力，在此一并致谢。

在编撰此书时，时间仓促，再加之编者水平有限，难免会有遗漏或不准确之处，请读者指正并敬请有关人士提出以便于编者在再版时修正。

编者

2015年9月

目 录

第一章 绪 论 / 1

第一节	废旧高分子材料废弃物概述	1
一、	废旧高分子材料废弃物的分类	1
二、	废旧高分子材料废弃物的来源	1
三、	废旧高分子材料废弃物的危害	3
四、	废旧高分子材料废弃物的处理处置方法	5
第二节	废旧高分子材料废弃物加工的环境污染与治理	12
一、	塑料废弃物加工的环境影响与措施	12
二、	废旧高分子材料废弃物加工的污染来源与主要污染类别	12
三、	废旧高分子材料废弃物加工的主要污染治理工艺	13
第三节	国内外废旧高分子材料废弃物回收利用与产业近期进展	16
一、	国外废旧高分子材料废弃物回收利用近期进展	16
二、	国内废旧高分子材料废弃物回收利用近期进展	18
三、	国内外废旧高分子材料回收产业发展近期进展	21
第四节	废旧高分子材料废弃物回收利用技术与工艺	32
一、	废旧高分子材料回收利用技术	32
二、	能源回收利用技术	36
三、	化学回收利用技术	37
四、	废旧高分子材料油化工艺	38
第五节	废旧高分子材料废弃物处理加工中存在的问题	42
一、	如何经营废旧塑料处理加工厂	42
二、	废塑料处理存在的问题	42
三、	国内浙江台州路桥废旧塑料整治疏堵结合举例	43

第二章 废旧高分子材料的鉴别和分选与分离方法 / 45

第一节	废旧高分子材料的鉴别方法	45
一、	回收废旧高分子材料的区分	45

	二、常规废旧高分子材料的鉴别方法	45
	三、常见废塑料的感官及燃烧鉴别方法	46
	四、快速鉴别进口废塑料技巧	47
	五、生活中典型的新旧塑料制品辨别方法	48
第二节	废旧高分子材料废弃物的分选	48
	一、尺寸的变小	48
	二、分选方法	48
第三节	废旧高分子材料的分离方法	53
	一、塑料和纸的分离	53
	二、从涂布塑料的织物上分离塑料	55
	三、其他分离方法	56
第四节	混合废旧高分子废弃物的分选与分离方法	56
	一、混合废塑料的来源	57
	二、混合废塑料回收利用的途径	57
	三、国外对其混合废旧高分子废弃物的分选与分离举例	58

第三章 废旧高分子材料的回收与利用技术实例 / 60

第一节	塑料包装废弃物的回收处理工艺与技术	60
	一、塑料包装废弃物的处理方法	61
	二、塑料包装废弃物的化学处理再生	63
	三、瓶类的再生塑料回收	63
	四、塑料包装废弃物的应用	65
	五、塑料包装废弃物的回收处理工艺	65
	六、塑料包装原料型再生塑料利用的工艺流程	67
第二节	废聚烯烃塑料的回收技术	68
	一、薄膜的回收技术	68
	二、容器的回收技术	72
第三节	废聚苯乙烯塑料回收利用技术	75
	一、混合废塑料的分离	75
	二、回收工艺及设备	77
第四节	废丙烯酸系塑料的回收利用技术	83
	一、化学回收	83
	二、塑料回收处理新技术	88

第四章 废旧高分子工程塑料的回收与利用技术实例 / 92

第一节	废 ABS 工程塑料的回收利用技术	93
------------	--------------------------------	-----------

一、ABS 工程塑料概况	93
二、回收过程中 ABS 壳体材料性能变化	93
三、国内废旧电器外壳用 ABS 塑料的回收利用技术概况	94
四、ABS 金属与塑料的回收技术	95
五、ABS 塑料电镀件回收的理论基础	95
六、国内回收废电镀件中的 ABS 塑料和铜、镍金属研究进展	96
七、回收 ABS 塑料评价	97
第二节 废聚碳酸酯工程塑料的回收利用技术	98
一、聚碳酸酯工程塑料回收利用概况	98
二、怎样回收利用聚碳酸酯塑胶原料	98
三、CD 盘聚碳酸酯的回收技术	99
四、报废计算机外壳回收利用技术	103
第三节 废聚甲醛塑料的回收利用技术	103
第四节 废聚酰胺塑料的回收利用技术	105
一、聚酰胺工程塑料概况	105
二、怎样识别聚酰胺塑料制品	105
三、PA 产品的回收技术	105
第五节 废聚对苯二甲酸丁二酯、聚苯醚及其他废塑料的回收利用技术	111
一、聚对苯二甲酸丁二酯、聚苯醚及其他工程塑料概况	111
二、怎样识别废聚对苯二甲酸丁二酯、聚苯醚	112
三、聚对苯二甲酸丁二酯、聚苯醚产品的回收技术	113
第六节 废混合工程塑料和聚合物合金的回收利用技术	115
一、混合工程塑料概况	115
二、怎样识别废混合工程塑料和聚合物合金	116
三、混合工程塑料产品的回收技术	116

第五章 废塑料再生回收成型加工机械设备 / 118

第一节 废塑料再生回收机械设备概述	118
一、废塑料再生回收的机械设备	118
二、废塑料成套再生回收设备	123
第二节 国内废塑料回收利用机械	130
一、废塑料清洗设备	130
二、废塑料粉碎设备	130
三、废塑料造粒设备	131
四、泡沫塑料造粒机全套设备	139
第三节 国外废塑料再生回收利用机械	140

一、美国 Envion 公司开发的废塑料回收设备	140
二、奥地利 Erema 公司废塑料回收技术与设备	141
三、德国帕尔曼公司废塑料回收设备	143
四、法国 SMS 公司 Sclarplast 废塑料再造系统	143
五、意大利废塑料回收技术与设备	143
六、日本塑料复合回收装置	145

第六章 废橡胶的处理与综合利用工艺及技术实例 / 150

第一节 废橡胶的分类与辨识及回收现状	150
一、废橡胶的分类与辨识	150
二、废旧橡胶的回收利用现状	151
三、区别再生胶与硫化胶粉	151
第二节 我国废橡胶综合利用现状与未来展望	151
一、天然橡胶现状简述	151
二、正确处理废橡胶	152
三、展望未来——废旧轮胎的综合利用	155
四、再生胶、胶粉的市场价值及发展前景	156
五、中国废橡胶综合利用有创新思路	157
第三节 废旧橡胶再生利用生产技术与方法	158
一、再生胶的概述	158
二、利用废旧轮胎加工的胶粉	159
三、胶粉的制造方法	159
四、胶粉的活化与改性	160
五、气体改性法	161
六、核-壳改性法	161
七、胶粉在化学工业中的应用	161
第四节 废橡胶综合利用工艺实例	165
一、废橡胶生产胶粉工艺	165
二、硫化橡胶粉法	166
三、丁基再生胶工艺技术	167
四、子午胎胶粉生产再生胶	167
第五节 我国废旧轮胎生产胶粉技术与生产的发展概况	168
一、概述	168
二、废旧轮胎胶粉及再生胶的用途	169
三、废旧橡胶（轮胎）常温法精细胶粉成套生产线	170
四、废旧轮胎生产胶粉的市场利用空间	171

	五、轮胎胶粉的改性工艺技术·····	172
	六、废旧轮胎生产胶粉企业需要政策扶持·····	173
第六节	废橡胶塑料与胶粉的应用产品状况 ·····	173
	一、废轮胎可炼成“环保沥青”·····	173
	二、废轮胎制取柠檬油精产品·····	174
	三、废橡胶塑料可生产高聚物单体·····	174
	四、废橡胶再生制取软化油·····	175
	五、高新技术改造再生胶生产·····	175
	六、新型环保聚氨酯翻新轮胎关键技术·····	175
第七节	国内典型废橡塑回收利用机械设备 ·····	177
第八节	我国废旧橡胶综合利用新成果与存在的问题和建议 ·····	179
	一、概述·····	179
	二、废橡胶综合利用新成果·····	179
	三、废橡胶综合利用存在的问题·····	180
	四、废橡胶综合利用发展的建议·····	181

第七章 废旧高分子材料回收再生处理方法与工艺实例 / 184

第一节	废旧高分子材料回收再生处理技术 ·····	184
	一、回收后再生处理技术概述·····	184
	二、回收热能法·····	185
	三、分类回收法·····	186
	四、化学还原法·····	186
	五、氢化析解法·····	186
	六、减类设计法·····	187
	七、生物降解法·····	187
第二节	废旧高分子材料合成与改性回收为高级新型塑料工艺实例 ·····	189
	一、合成与改性回收为高级新型塑料·····	189
	二、高效吸水母粒解决废旧塑料回收利用难题·····	190
	三、回收塑料的增韧改性技术·····	191
	四、化学改性回收利用技术·····	195
	五、采用黄豆基材料改性 PVC·····	195
第三节	废塑料综合利用工艺实例 ·····	196
	一、废泡沫塑料制备工艺实例·····	196
	二、废塑料生产汽油、柴油工艺实例·····	197
	三、热分解回收苯乙烯和油类工艺实例·····	199
	四、废聚苯乙烯泡沫塑料制取涂料及胶黏剂工艺实例·····	213

第八章 塑料废弃物裂解方法与生产工艺及设备 / 216

第一节 塑料废弃物裂解方法与工艺技术	216
一、塑料废弃物裂解原理	216
二、塑料废弃物裂解方法	218
三、塑料废弃物催化裂解汽柴油	232
第二节 废塑料裂解工艺实例与设备	233
一、废塑料裂解制取液体燃料油工艺实例	233
二、废塑料裂解反应器的装置与设备	247
三、废塑料裂解生产中的问题及解决办法	264

第九章 废旧高分子材料制造涂料/胶黏剂及配方 / 274

第一节 废塑料制造油漆生产工艺与配方	274
一、溶剂型丁腈橡胶黏合剂	274
二、废塑料制造涂料	275
三、由氧化残渣制备醇酸树脂漆	275
四、由回收对二甲苯酯合成聚酯绝缘漆	276
五、废聚酯代替苯酐生产醇酸树脂漆	277
六、废涤纶料生产粉末漆	277
七、废涤纶料研制聚氨酯聚酯地板漆	278
八、废涤纶料生产 1730 聚酯绝缘漆	278
第二节 废聚苯乙烯塑料制涂料	279
一、利用废聚苯乙烯泡沫塑料制涂料	279
二、废聚苯乙烯作为涂料的基料	280
三、废泡沫塑料制备防腐涂料	280
四、用废聚苯乙烯制底漆	281
五、废聚苯乙烯制涂料	282
六、废聚苯乙烯制水乳多彩涂料	283
七、回收聚苯乙烯泡沫塑料制水包油多彩涂料	284
八、废聚苯乙烯制特种涂料	285
九、废聚苯乙烯改性路标涂料	285
十、改性聚苯乙烯路标涂料	286
十一、废聚苯乙烯 RC 道路标线涂料	287
十二、废聚苯乙烯制备防水涂料	288
十三、掺入废聚苯乙烯的低成本多彩涂料	288

十四、用废聚苯乙烯发泡塑料制备防水涂料	290
十五、利用废旧聚苯乙烯泡沫塑料制备水乳型纸箱防水涂料	291
十六、废聚苯乙烯泡沫塑料制防潮增光剂	291
十七、废聚苯乙烯制备防潮涂料	292
十八、废聚苯乙烯生产纸箱防潮专用涂料	293
十九、废聚苯乙烯泡沫塑料制上光清漆	293
二十、废聚苯乙烯塑料制造油漆	294
二十一、用废聚苯乙烯制备石油树脂调合漆	294
二十二、废旧聚苯乙烯制造色漆	295
二十三、废聚苯乙烯作为涂料的基料	296
二十四、废聚苯乙烯制 GPS 涂料	296
二十五、用废聚苯乙烯改性水溶性带锈涂料	298
二十六、废聚苯乙烯制防腐蚀涂料	299
二十七、耐酸碱防腐涂料	299
二十八、可剥性涂料	300
二十九、废聚苯乙烯泡沫塑料制备防腐涂料	300
三十、废聚苯乙烯改性地板涂料	301
三十一、废聚苯乙烯泡沫塑料生产地板涂料	302
三十二、改性聚苯乙烯涂料	303
三十三、废旧聚苯乙烯生产高分子快干漆	304
三十四、废旧聚苯乙烯泡沫塑料制水包油乳液	304
三十五、废聚苯乙烯改性外墙涂料	305
三十六、废聚苯乙烯建筑涂料	306
三十七、利用废聚苯乙烯泡沫制备建筑涂料	306
第三节 废聚苯乙烯制备胶黏剂	307
一、废聚苯乙烯泡沫塑料制备不干胶 (1)	307
二、废聚苯乙烯泡沫塑料制备不干胶 (2)	308
三、废聚苯乙烯用松香来改性胶黏剂	308
四、废聚苯乙烯泡沫塑料改性酚醛树脂胶	308
五、废聚苯乙烯泡沫塑料	309
六、用废聚苯乙烯制备建筑用胶黏剂	310
七、废聚苯乙烯回收制备抗冻胶黏剂	310
八、废聚苯乙烯泡沫塑料制备建筑用密封胶	311
九、废聚苯乙烯制备密封胶	312
十、废聚苯乙烯塑料制备密封胶	313
十一、废聚苯乙烯制备浅色密封胶	313
十二、废聚苯乙烯塑料生产胶黏剂	313

十三、由废聚苯乙烯泡沫塑料制备无毒胶黏剂·····	314
十四、废聚苯乙烯制医用胶黏剂·····	315
十五、废聚苯乙烯泡沫塑料制改性胶黏剂·····	315
十六、废聚苯乙烯泡沫塑料制耐水胶黏剂·····	315
十七、废聚苯乙烯代替白乳胶类·····	316
十八、废聚苯乙烯白乳胶替代胶·····	316
十九、废聚苯乙烯塑料制压敏胶·····	317
二十、改性废聚苯乙烯胶黏剂·····	317
二十一、废聚苯乙烯制异氰酸酯胶黏剂·····	318
二十二、废聚苯乙烯泡沫塑料制胶黏剂·····	318
二十三、乙酸乙酯改性废聚苯乙烯塑料制胶黏剂·····	319
二十四、邻苯二甲酸酯改性废聚苯乙烯塑料胶黏剂·····	319
二十五、废聚苯乙烯泡沫塑料改性制聚苯乙烯胶黏剂·····	320
二十六、利用废聚苯乙烯改性胶黏剂·····	320
二十七、用废聚苯乙烯制备改性乳液型胶黏剂·····	321
二十八、用废聚苯乙烯生产胶黏剂·····	322

第一章

绪论

第一节

废旧高分子材料废弃物概述

一、废旧高分子材料废弃物的分类

废旧高分子聚合物成分复杂，主要有聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP）、聚苯乙烯（PS）、泡沫聚苯乙烯（PSF）和聚氯乙烯（PVC），其他还有聚对苯二甲酸乙二醇（PET）、聚氨酯（PU）和ABS塑料等。除了少数废塑料（如塑料制品加工过程中的过渡料和边角料）是以单一塑料形式存在、可以直接再生利用外，大多数废塑料都以多种塑料混杂的形式存在于固体垃圾中。由于大多数塑料品种是不相容的，由混合塑料制得的产品力学性能较差，因此，废塑料再生利用前应按塑料品种（化学结构）进行分类。分类可根据不同塑料的用途、性质来进行。例如采用目测、手感、密度、燃烧等简易方法，可以将常用的聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚丙烯等塑料进行分类。再如，根据不同塑料之间存在的密度差异，可将不同种类的塑料置于特定的溶液中（如水、饱和食盐溶液、酒精溶液、氯化钙溶液等），根据塑料在该溶液中的沉浮性进行分类和鉴别。又如，利用不同塑料在溶剂中的溶解性差异，可以采用溶解-沉淀法进行分离，其方法是将废塑料碎片加入到特定溶液中，控制不同温度，使各种塑料选择性地溶解并分选。另外，当废料量大、杂物多时，还可以采用风力筛选技术，此法是在重力筛选室将粉碎的废塑料由上方投入，从横向喷入空气，利用塑料的自重和对空气的阻力的不同进行筛选。

二、废旧高分子材料废弃物的来源

目前全球高分子聚合物的产量已超过3亿吨，高分子材料在生产、处理、循环、消耗、使用、回收和废弃的过程中也带来了沉重的环境负担。

高分子聚合物废料主要包括：

① 生产废料。生产过程中产生的废料，如废品、边角料等。其特点是干净，易于再生产。

② 商业废料。一次性用于包装物品、电器、机器等包装材料，如泡沫塑料。

③ 用后废料。指聚合物在完成其功用之后形成的废料，这类废料比较复杂，其污染程度与使用过程、场合等有关，相对而言污染比较严重，回收和利用的技术难度高，是材料再循环研究的主要对象。

预计 2020 年，我国城市垃圾日产量为 150 万吨，年产量达 5.6 亿吨，紧随美国之后排在第二位，城市垃圾管理压力日益增大。垃圾中塑料占 8%~9%，产生的白色垃圾亟待治理。我国每年废弃塑料和废旧轮胎占城市固态垃圾重量的 10%、体积的 30%~40%，难以处理，形成所谓“白色污染”（废弃塑料）和黑色污染（废弃轮胎），影响人类生态环境，也影响高分子产业自身的进一步发展。

作为化工产品，合成树脂在生产过程中可能产生的环境影响已随着催化剂效率的提高、工艺的改进、控制技术的进步和装置的大型化得到了比较圆满的解决。但始料不及的是合成树脂的宝贵特性虽然满足了各种塑料制品的需要，却在使用之后给环境带来了意想不到的负面影响。塑料制品的日益广泛应用给人民生活带来极大方便的同时，也带来了大量的白色污染。由于塑料的易老化和易破损的特点，塑料的使用周期非常短，大量的塑料制品特别是包装物在 6~12 个月后便被废弃，40% 的塑料在 1~2 年后转化为废塑料。

在过去几十年中，废塑料一直被作为城市固体废物（MSW）的一部分。据调查，在工业发达国家的 MSW 中废塑料占 4%~10%（质量分数）或 10%~20%（体积分数），主要来源于包装废物、汽车垃圾和加工废料。废塑料中主要品种所占百分比分别为：低密度聚乙烯（LDPE）27%；高密度聚乙烯（HDPE）21%；聚丙烯（PP）18%；聚苯乙烯（PS）16%；聚氯乙烯（PVC）7%。近年来，我国城市生活垃圾中废塑料的含量为 0.4%~1.5%。塑料制品的种类繁多、用途广泛，主要流通使用的渠道为工业领域、农业领域、商业部门、家庭日用等几个方面，其废料也来源于这几个方面。

工业领域的废物主要是塑料材料合成过程中产生的废料和在塑料制品加工制造过程中产生的边角余料和废品。

在农业领域中塑料制品的应用主要在四个方面：①农用地膜和棚膜；②编织袋，如化肥、种子、粮食的包装编织袋等；③农田水利管件，包括硬质和软质排水、输水管道；④塑料绳索和网具。上述塑料制品多为聚乙烯树脂（如地膜和水管、绳索与网具），其次为聚丙烯树脂（如编织袋），还有聚苯乙烯树脂（如排水软管、棚膜）等。我国是一个农业大国，农用塑料占塑料制品的比重较大，现阶段年均塑料制品中仅农用膜就占 15% 左右，这个比例还在逐年上升。

商业部门的塑料制品废弃物来自于两个方面：①经销部门，这类部门使用的塑料制品大都为一次性包装材料，如包装袋、打捆绳、防震泡沫塑料、包装箱、隔层

板等，此类塑料制品种类较多，但基本无污染，回收后可做再生处理；②消费部门，这类废弃的塑料制品，如食品盒、塑料瓶、包装袋、盘、碟、容器等塑料杂品，这类制品一般均使用过，存在污染物，它们除分类回收外，还需进一步处理。

日常生活中所用塑料制品占整个塑料制品的比重也较大，而且将越来越大。这些塑料制品可分成三种：第一种是包装材料，如包装袋、包装盒、家用电器的 PS 泡沫塑料减震材料、包装绳等；第二种是一次性塑料制品，如饮料瓶、牛奶袋、罐、杯、盆、容器等；第三种为非一次性用品，如各类器皿、塑料鞋、灯具、文具、炊具、厨具、化妆用具等杂品。日常用塑料制品所用树脂品种多，除四大通用树脂外，还有聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯（ABS）、尼龙（nylon）等树脂。

此外，还有交通、家用电器、环境材料等方面使用塑料制品之后形成的废品。

三、废旧高分子材料废弃物的危害

1. 废弃废旧高分子材料引起的环境和社会问题

世界各国每年都不断累积性出现大量废旧塑料，从而给社会带来巨大的环境压力。据报道，在垃圾中塑料所占比例虽不足 10%（按重量计），但由于其不易分解且体积大而不规则，难以处理，从而造成挤占陆地和污染环境，同时也给塑料产品的发展蒙上了一层阴影；此外，许多塑料制品仅使用一次就废弃，也造成资源上的浪费。

中国近几年废旧塑料年产生量约为 650 万吨以上，2014 年进口固体废物 4860.2 万吨，其中废塑料进口 825.4 万吨，同比增长 4.7%，价值 60.3 亿美元，同比降低 0.2%。应用好这些废旧塑料会给企业带来巨大效益，但如存放、运输、加工、应用处置不好，势必会给环境和人类带来危害。

废塑料使用后弃置于环境中主要产生两类危害：一类为对景观环境的污染；另一类为对生态系统的危害。废塑料对景观环境的污染是指废弃塑料对景观的破坏，主要表现在使用过的塑料制品弃置在城市中、旅游区、水体、公路、铁路旁，给人们的视觉带来不良刺激，影响景观的整体美感。其中废弃的浅色塑料膜、塑料袋、塑料包装物等被称为“白色污染”。

废塑料对生态系统的危害主要是对动物、水体和土地系统的危害。

早在 20 世纪 60 年代中期，人们就发现聚氯乙烯塑料中残存的氯乙烯单体能引起使前指骨溶化的所谓“肢端骨溶解症”的怪病。从事聚氯乙烯树脂制造的工人通常会出现手指麻木、刺痛等所谓的百蜡症（雷诺氏综合征）。当人们接触氯乙烯单体后就会发生手指、手腕、面部浮肿、皮肤变厚变僵且失去弹性和不能用力握物的皮肤硬化症，同时还会出现脾大、胃及食道静脉曲张、肝损伤、门静脉压亢进等症状。20 世纪 70 年代后又有一些聚氯乙烯生产厂中，发现有人患有一种极少见的肝癌——肝脏血管肉瘤。此后业主虽然尽量控制聚氯乙烯树脂中单体含量，但并未彻

底解决问题，故 1975 年美国首先提出禁止使用聚氯乙烯塑料包装食品和饮料。由于塑料制品在动物体内无法被消化和分解，误食后即能导致胃部不适、行动异常、生育繁殖能力下降，甚至死亡。如我国动物园就发生过动物误食游人丢弃的塑料食品袋致死的不幸事件。

研究表明，废塑料已对海洋生态产生了很大的影响，一些大型海洋动物由于误食废塑料而死亡。1970~1987 年间，人们调查了太平洋海域的 543 头百额鹱等大型海鸟，由于它们分不清塑料与海草，竟在其中 458 头的胃中找到了塑料类制品，连海龟的胃中也有塑料类制品。废弃塑料对海洋的污染已成为国际性问题，海洋漂浮物中泡沫聚苯乙烯占 22%，其他塑料占 23%。这些废塑料不仅会缠住船只的螺旋桨，还会损坏船和机器，引起停驶和事故，给船运造成巨大损失。而每清除 1t 海上垃圾要用清除陆地垃圾 10 倍的费用。

农田里的废农膜、塑料袋等同样会引起牲口误食而导致厌食死亡。此外，它们长期残留于农田后，就会影响土壤透气性，阻碍水分流动和作物根系发育，还会缠绕农机，影响田间作业，长此下去会影响深层土壤，使土壤环境恶化。

热固性塑料同样会严重污染环境。例如由玻璃纤维增强塑料（FRP）制成的中小型船身，它们一旦报废就很难处理。在世界各地每年都有大量的这类废船被丢弃在海岸、河边和湖旁，对环境造成严重污染，这已成为一大公害。

近年来我国因环境污染和生态破坏造成的经济损失，每年高达 2500 亿元，其中生态破坏 1500 亿元，因污染粮食减产 1680 万吨，受农药严重污染的粮食 3500 万吨。据世界银行公布，2010~2015 年 6 月中国每年因污染造成 120 万~150 万人过早死亡，900 万~1000 万人患支气管炎，国家每年花费的医疗费用达 600 多亿元，估计到 2020 年将花费 1040 亿元。我国在“十一五”即 2006~2010 年的五年计划中环保投资占国民生产总值的 0.9%~1.0%， “十一五”期间每年环保投资增加到 6500 亿元，约占国民生产总值的 1.3%，已高于国家对科研开发投入的资金（占国民生产总值的 0.7%~0.8%）。有些发达国家因经济上的压力比较小，环保投入高达 7%，他们认为，对过去破坏了的环境要给予生态补偿。我国城市垃圾无公害处理的比例尚不到 5%，每年包装废弃物总量在 1800 万吨，其中薄膜制品污染相当严重。这些薄膜的主要来源是包装薄膜，其次是农用地膜。塑料制品包括各种塑料薄膜在使用过程中，因老化、破碎，没有得到有效地回收利用，不仅造成资源的巨大浪费，而且对土壤、江河湖海都造成了严重的生态危害，极大地制约了社会与经济的可持续发展。

2. 废弃废旧高分子材料对农业和生物的危害

（1）对土壤、农作物的危害 就目前世界和我国废旧塑料的现状来看，主要影响社会环境的废旧塑料是农用和包装材料。农用废旧塑料以废弃农膜为主，包括地膜、棚膜、果蔬保鲜膜及农灌防渗膜等。覆盖农膜可增温、保温、保肥、保水，控制杂草生长和盐碱地返碱，增产效益显著，因此，近年来我国农膜的产量总体上呈