

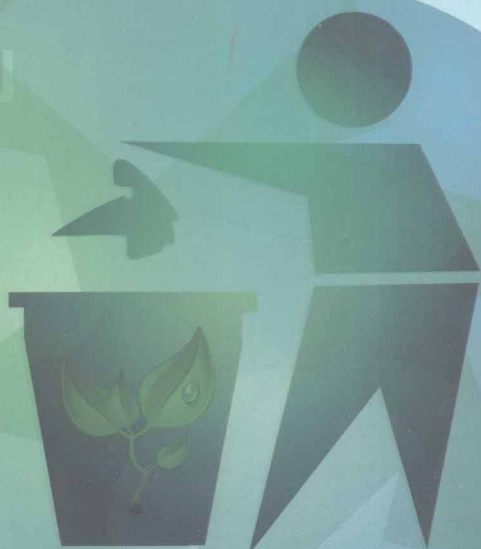


再/生/资/源/科/学/与/工/程/技/术/丛/书

废旧塑料资源 回收利用技术

刘明华 李小娟 主编

FEIJIU SULIAO
ZIYUAN HUIZHOU
LIYONG JISHU



化学工业出版社

再生资源科学与工程技術丛书

废旧塑料资源回收利用技术

刘明华 李小娟 主编



化学工业出版社

·北京·

全书共 12 章, 首先总结和阐述了塑料的分类、鉴别、分选、清洗、破碎、造粒、成型加工等方法及工艺设备; 然后论述了废旧塑料的回收利用技术; 最后详细阐述了各种通用塑料(聚烯烃、聚苯乙烯、聚氯乙烯等)、工程塑料、热固性塑料、泡沫塑料、透明塑料等的回收利用技术。

本书内容丰富, 图文并茂, 实用性强, 适合于从事塑料加工、物资回收和环境保护等工作的工程技术人员、科研人员和管理人员参考使用, 也可作为高等学校环境、能源等相关专业的本科生、研究生教材或教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

废旧塑料资源回收利用技术/刘明华, 李小娟主编. —北京:
化学工业出版社, 2012. 8

(再生资源科学与工程丛书)

ISBN 978-7-122-14488-1

I. ①废… II. ①刘…②李… III. ①塑料-废品回收②塑料-废物综合利用 IV. ①X783. 205

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 123848 号

责任编辑: 刘兴春

文字编辑: 刘莉珺

责任校对: 边 涛

装帧设计: 史利平

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: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 15 字数 363 千字 2013 年 1 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: 48.00 元

版权所有 违者必究

前言

Preface

塑料制品自 20 世纪问世以来，具有成本低、质量轻、强度大、防水、耐腐蚀、高绝缘等优良的特性，广泛应用于各个领域。但由于塑料制品易破损、易老化、难降解，因此废弃物中废旧塑料占的比重只增不减，所造成的环境污染日趋严重，废旧塑料的处理成为全球性的问题。常规的填埋法无需从垃圾中分离塑料，从废弃物的收集到处理都十分简单，而且投资少，但塑料无法被生物降解，这样它不仅侵占了大片土地，还对土壤、水、大气等造成“视觉污染”和“潜在危害”，不足取。废旧塑料同时蕴含着重要的再生资源，在当今资源紧缺的大环境下，各国对废旧塑料资源的回收利用都非常重视，投入大量人力、物力乃至立法，开发各种废旧塑料回收利用的关键技术。

有关废旧塑料资源的回收利用虽然经历了长久的发展历史，但深入、完整、系统地介绍这方面知识的书籍尚不多见。因此，为了推动废旧塑料的资源循环利用，我们通过查阅历年来的相关研究成果，编写了《废旧塑料资源回收利用》一书，以供读者参考。诚挚地希望本书的出版能够给从事塑料加工、物资回收和环境保护等工作的技术人员、科研人员和管理人员提供一定的指导作用，同时也能给科研、生产、教育等领域的人员提供一些帮助，并可作为高等学校相关专业的教材或辅导书。

本书共 12 章，首先总结和阐述了塑料的分类、鉴别、分选、清洗、破碎、造粒、成型加工等方法及工艺设备；然后论述了废旧塑料的回收利用技术；最后详细阐述了各种通用塑料（聚烯烃、聚苯乙烯、聚氯乙烯等）、工程塑料、热固性塑料、泡沫塑料、透明塑料等的回收利用技术。全书内容丰富，图文并茂，实用性强。

本书由刘明华、李小娟主编，林萍、朱云燕、王玲玲等参与了部分编写工作。

由于编者的专业水平和知识范围有限，虽已尽力，但疏漏和不足之处仍在所难免，恳请广大读者和同仁不吝指正。

编者

2012 年 6 月

Contents

第 1 章	废旧塑料的产生及其危害	1
1.1	塑料工业的发展	1
1.1.1	塑料的成分	1
1.1.2	塑料的特性	2
1.2	废旧塑料的来源	3
1.2.1	树脂生产中产生的废料	3
1.2.2	成型加工过程中产生的废料	3
1.2.3	配混和再生加工过程中产生的废料	4
1.2.4	二次加工中产生的废料	4
1.2.5	消费后的塑料废料	4
1.2.6	城市生活垃圾中的废旧塑料	4
1.3	塑料废弃物污染的危害	4
1.3.1	对生物体的毒害性	4
1.3.2	对土壤和大气环境的危害	5
1.3.3	浪费大量不可再生资源	6
1.3.4	视觉污染	6
1.4	国内外废旧塑料回收利用概况	6
1.4.1	国外废旧塑料回收利用概况	6
1.4.2	国内废旧塑料回收概况	11
1.5	解决废旧塑料污染的措施	12
1.5.1	技术研发现状	12
1.5.2	政策及综合治理	17
第 2 章	废旧塑料的分类与鉴别	20
2.1	废旧塑料的分类	20
2.1.1	理化特性分类法	20
2.1.2	原材料分类法	21
2.1.3	用途分类法	21
2.1.4	制品分类法	22
2.1.5	来源分类法	22

2.2	废旧塑料的鉴别	23
2.2.1	外观鉴别法	23
2.2.2	密度鉴别法	24
2.2.3	折射率鉴别法	25
2.2.4	静电试验鉴别法	26
2.2.5	溶解鉴别法	26
2.2.6	燃烧鉴别法	27
2.2.7	热裂解鉴别法	28
2.2.8	显色反应鉴别法	28
2.2.9	元素鉴别法	30
2.2.10	仪器分析法	32
2.2.11	塑料薄膜物理性能试验鉴别法	33
2.2.12	塑料的综合鉴别	35

第3章 废旧塑料的前期处理 36

3.1	废旧塑料的收集	36
3.2	废旧塑料的分选与分离	37
3.2.1	手工分选	37
3.2.2	光学分选	38
3.2.3	颜色分选	38
3.2.4	重力分选	39
3.2.5	浮选	43
3.2.6	磁选	44
3.2.7	电选	44
3.2.8	选择性溶解分离	45
3.2.9	温差（低温）分离	46
3.2.10	超临界流体分选	46
3.2.11	其他分选方法	47
3.2.12	废旧塑料与其他物质的分离	47
3.3	废旧塑料的破碎与增密	49
3.3.1	破碎的基本形式	49
3.3.2	破碎设备	50
3.3.3	废旧塑料的增密	56
3.4	废旧塑料的清洗与干燥	56
3.4.1	清洗与干燥方法	56
3.4.2	清洗设备	57
3.4.3	干燥设备	58
3.4.4	清洗剂的组成与选择	60
3.5	混合、塑化与造粒	61

3.5.1	主要助剂	61
3.5.2	混合的分类	65
3.5.3	混合设备	66
3.5.4	造粒	72

第4章 废旧塑料成型工艺 75

4.1	挤出成型	75
4.1.1	吹膜辅机	76
4.1.2	挤管辅机	80
4.1.3	挤板(片)辅机	83
4.1.4	挤出成型工艺过程	85
4.1.5	挤出成型新技术	85
4.2	注射成型	87
4.2.1	注射成型设备	87
4.2.2	注射成型工艺过程	90
4.2.3	注射成型新技术	91
4.3	压延成型	92
4.3.1	压延成型设备	93
4.3.2	压延成型工艺过程	94
4.4	中空吹塑成型	95
4.4.1	挤出中空吹塑	95
4.4.2	注射吹塑	95
4.4.3	拉伸吹塑	96
4.5	其他成型方法	97
4.5.1	发泡成型	97
4.5.2	浇铸成型	97
4.5.3	热成型	98
4.5.4	模压成型	99

第5章 废旧塑料的回收利用 101

5.1	物理回收	101
5.1.1	熔融再生	102
5.1.2	改性再生	102
5.2	化学回收	113
5.2.1	热分解	113
5.2.2	化学分解	118
5.3	能量回收	120
5.3.1	专用焚烧炉回收	120
5.3.2	高炉喷吹废旧塑料技术	121

5.3.3 水泥回转窑喷吹废旧塑料技术	122
5.3.4 废旧塑料制作垃圾固型燃料	122

第6章 废旧聚烯烃塑料的回收与利用 124

6.1 国内外废旧聚烯烃塑料的回收利用现状	124
6.2 废旧聚烯烃塑料的来源	125
6.3 聚烯烃塑料的应用现状	125
6.3.1 农用薄膜	125
6.3.2 包装薄膜和容器	126
6.3.3 不同种类聚烯烃塑料的主要应用	126
6.4 废旧聚烯烃塑料的回收利用技术	127
6.4.1 薄膜的回收技术	127
6.4.2 容器的回收技术	129
6.4.3 编织袋、周转箱及其他烯烃用品的回收	130
6.4.4 再生制品的开发和应用	131

第7章 废旧聚氯乙烯塑料的回收与利用 136

7.1 概述	136
7.2 国外废旧聚氯乙烯塑料回收利用现状	137
7.3 废聚氯乙烯塑料的来源	138
7.3.1 工业废料	138
7.3.2 废弃物中的塑料	138
7.3.3 废聚氯乙烯塑料的处理	139
7.4 废聚氯乙烯塑料的焚烧	139
7.5 废聚氯乙烯塑料的回收利用技术	140
7.5.1 废的硬聚氯乙烯塑料制品的回收利用	141
7.5.2 废的软聚氯乙烯塑料制品的回收利用	144
7.5.3 聚氯乙烯增塑糊产品的回收	150

第8章 废旧聚苯乙烯塑料的回收与利用 152

8.1 国内外废旧聚苯乙烯塑料回收利用现状	152
8.2 废旧聚苯乙烯塑料的来源	153
8.3 废旧聚苯乙烯塑料的回收利用技术	153
8.3.1 混合废旧塑料的分离	154
8.3.2 直接回收利用	155
8.3.3 热分解回收苯乙烯和油类	157
8.3.4 制备涂料和黏合剂	159
8.4 国内外废聚苯乙烯塑料回收利用的问题	161

第 9 章	废旧工程塑料的回收与利用	164
9.1	概述	164
9.1.1	工程塑料的应用	164
9.1.2	废旧工程塑料回收利用现状	164
9.1.3	废旧工程塑料回收与处理方案	164
9.2	废旧工程塑料的来源	165
9.2.1	工业废料	165
9.2.2	消费后的废料	165
9.3	消费后工程塑料的回收利用技术	166
9.3.1	废汽车上塑料件的回收利用技术	167
9.3.2	废旧聚对苯二甲酸乙二酯的回收利用技术	178
9.3.3	废旧 ABS 塑料的回收利用技术	187
9.3.4	废旧聚碳酸酯塑料的回收利用技术	187
9.3.5	废旧聚甲醛塑料的回收利用技术	190
9.3.6	废旧聚酰胺塑料的回收利用技术	191
9.3.7	废旧聚对苯二甲酸丁二酯、聚苯醚及其他废旧工程塑料的回收利用技术	195
9.3.8	废旧混合工程塑料和聚合物合金的回收利用技术	196
第 10 章	废旧热固性塑料的回收与利用	198
10.1	废旧热固性塑料的来源	198
10.1.1	聚氨酯	198
10.1.2	酚醛树脂	199
10.1.3	不饱和聚酯	199
10.1.4	环氧树脂	200
10.2	废旧热固性塑料的回收	200
10.2.1	机械回收	200
10.2.2	化学回收	203
10.2.3	裂解	206
10.2.4	能量回收	207
10.3	废旧热固性塑料的利用	208
10.3.1	废旧热固性塑料用做塑料	208
10.3.2	废旧热固性塑料生产塑料制品	209
10.3.3	废旧热固性塑料生产活性炭	209
10.3.4	废旧热固性塑料裂解小分子产物	210
10.3.5	废旧热固性塑料降解生产低聚物	210
10.3.6	废旧热固性塑料生产改性高分子	210

第 11 章	泡沫塑料的回收与利用	211
11.1	泡沫塑料的回收	211
11.1.1	泡沫塑料概况	211
11.1.2	泡沫塑料回收中的问题	213
11.2	聚苯乙烯泡沫塑料的回收利用	214
11.3	聚氯乙烯泡沫塑料裂解回收	214
11.3.1	氯化氢的脱除及利用	214
11.3.2	聚氯乙烯裂解制油、气	215
11.4	聚乙烯泡沫塑料裂解回收	217
11.4.1	废旧 PE 塑料裂解制取燃料油的工艺方法	218
11.4.2	聚乙烯催化裂解机理	218
11.4.3	裂解反应的影响因素	218
第 12 章	透明塑料的回收与利用	220
12.1	用 SBS 对 PS 回料改性及其应用	220
12.1.1	热塑性弹性体的概念	220
12.1.2	热塑性弹性体的结构特征和性能	221
12.1.3	SBS 在 PS 回收料中的改性效果	221
12.2	用 SBS 对 AS 回料改性及其应用	221
12.2.1	AS 的基本特性	221
12.2.2	SBS 在 AS 回料中的改性效果	222
12.3	聚碳酸酯塑料回料的改性	222
12.3.1	聚碳酸酯塑料的增强改性	223
12.3.2	聚碳酸酯塑料回料的共混改性	223
参考文献		225

第 1 章

废旧塑料的产生及其危害

1.1 塑料工业的发展

塑料是一个时代的产物。塑料的发现与发展得益于化学科学与工程的发展,尤其得益于有机高分子科学技术的发展。塑料的出现令人兴奋,它的优良性能和广泛用途促使人们大力发展塑料业。不断开发新品种、连续扩大生产规模、广泛扩展应用范围,直至如今塑料产品琳琅满目,塑料废弃物铺天盖地,以致使地球环境难于承受而出现“塑料公害”。塑料的发展是科学技术发展的必然结果,而白色污染则源于人们经济发展战略的失误。因此可以说,塑料的发展史便是人类盲目发展经济而引起资源与环境危机的典型范例。

随着石油化工迅速发展,高分子合成材料将越来越广泛应用于工业、农业、电子、国防、建筑以及日常生活等各个领域。目前世界合成树脂产量已超过 1.4 亿吨,中国合成树脂产量 1995 年为 388 万吨,1999 年为 803 万吨(其中 PVC 190 万吨,PE 281 万吨,PP 264 万吨,PS 55 万吨,ABS 12 万吨)。中国塑料制品随着国外市场需求的变化,不断地进行调整与优化,全国塑料加工能力 1995 年为 1000 余万吨,2000 年为 2000 万吨,塑料制品总产量 1995 年为 668.4 万吨,1996 年、1997 年、1998 年连续三年均为 1500 多万吨,其消费比例包装占 23%,电器占 12.5%,建筑占 8.5%,农业占 8%,鞋类占 5.2%,交通占 4.2%,机械零件、医疗器械、玩具文体、家具分别占 3.5%,塑料制品总产量居世界第二位。中国塑料制品近几年出口增长迅速,1995 年出口 269.9 万吨(31.4 亿美元),2000 年塑料制品出口达 400 万吨(40 多亿美元)。中国塑料加工机械进入 20 世纪 90 年代,年均增长率达到 22%,企业已达 600 多家,产品有混配料设备,注射成型机、挤出生产线、中空成型机、压延生产线等 19 大类,具有 10 万台套以上的塑料机械能力,成为世界塑料机械制造大国。目前中国塑料工业无论是原材料的生产、塑料制品的加工、塑料机械的制造以至塑料的应用都形成了一套较完整体系,并具备了一批国际先进水平的现代化企业。

塑料工业既是消费工业,又是新型材料工业,是具有科技含量高、应用广、市场前景好的行业,预计 2015 年市场增长速度为 8%,塑料制品总产量将达到 5000 万吨。

1.1.1 塑料的成分

人们通常所用的塑料并不是一种纯物质,它是由许多材料配制而成的。其中高分子聚合

物（或称合成树脂）是塑料的主要成分。此外，为了改进塑料的性能，还要在聚合物中添加各种辅助材料，如填料、增塑剂、润滑剂、稳定剂、着色剂等，才能成为性能良好的塑料。

（1）合成树脂

合成树脂是塑料的最主要成分，其在塑料中的含量一般在40%~100%。由于含量大，而且树脂的性质常常决定了塑料的性质，所以人们常把树脂看成是塑料的同义词。例如把聚氯乙烯树脂与聚氯乙烯塑料、酚醛树脂与酚醛塑料混为一谈。其实树脂与塑料是两个不同的概念。树脂是一种未加工的原始聚合物，它不仅用于制造塑料，而且还是涂料、胶黏剂以及黏合成纤维的原料。而塑料除了极少一部分含100%的树脂外，绝大多数的塑料，除了主要组分树脂外，还需要加入其他物质。

（2）填料

填料又叫填充剂，它可以提高塑料的强度和耐热性能，并降低成本。例如酚醛树脂中加入木粉后可大大降低成本，使酚醛塑料成为最廉价的塑料之一，同时还能显著提高机械强度。填料可分为有机填料和无机填料两类，前者如木粉、碎布、纸张和各种织物纤维等，后者如玻璃纤维、硅藻土、石棉、炭黑等。

（3）增塑剂

增塑剂可增加塑料的可塑性和柔软性，降低脆性，使塑料易于加工成型。增塑剂一般是能与树脂混溶，无毒、无臭，对光、热稳定的高沸点有机化合物，最常用的是邻苯二甲酸酯类。例如生产聚氯乙烯塑料时，若加入较多的增塑剂便可得到软质聚氯乙烯塑料，若不加或少加增塑剂（用量<10%），则得硬质聚氯乙烯塑料。

（4）稳定剂

为了防止合成树脂在加工和使用过程中受光 and 热的作用分解和破坏，延长使用寿命，要在塑料中加入稳定剂。常用的有硬脂酸盐、环氧树脂等。

（5）着色剂

着色剂可使塑料具有各种鲜艳、美观的颜色。常用有机染料和无机颜料作为着色剂。

（6）润滑剂

润滑剂的作用是防止塑料在成型时不粘在金属模具上，同时可使塑料的表面光滑美观。常用的润滑剂有硬脂酸及其钙镁盐等。

除了上述助剂外，塑料中还可加入阻燃剂、发泡剂、抗静电剂等，以满足不同的使用要求。

1.1.2 塑料的特性

（1）塑料具有可塑性

顾名思义，塑料就是可以塑造的材料。所谓塑料的可塑性就是可以通过加热的方法使固体的塑料变软，然后再把变软了的塑料放在模具中，让它冷却后又重新凝固成一定形状的固体。塑料的这种性质也有一定的缺陷，即遇热时容易软化变形，有的塑料甚至用温度较高的水烫一下就会变形，所以塑料制品一般不宜接触开水。

（2）塑料具有弹性

有些塑料也像合成纤维一样，具有一定的弹性。当它受到外力拉伸时，卷曲的分子就由柔韧性而被拉直，一旦拉力取消后，它又会恢复原来的卷曲状态，这样就使得塑料具有弹性，例如聚乙烯和聚氯乙烯的薄膜制品。但是有些塑料是没有弹性的。

(3) 塑料具有较高的强度

塑料虽然没有金属那样坚硬,但与玻璃、陶瓷、木材等相比,还是具有比较高的强度及耐磨性。塑料可以制成机器上坚固的齿轮和轴承。

(4) 塑料具有耐腐蚀性

塑料既不像金属那样在潮湿的空气中会生锈,也不像木材那样在潮湿的环境中会腐烂或被微生物侵蚀,另外塑料可耐酸碱腐蚀。因此塑料常常被用作化工厂输水和输液管道,建筑物门窗等。

(5) 塑料具有绝缘性

塑料的分子链是原子以共价键结合起来的,分子既不能电离,也不能在结构中传递电子,所以塑料具有绝缘性。塑料可用来制造电线的包皮、电插座、电器的外壳等。

(6) 塑料的制造过程

绝大多数塑料制造的第一步是合成树脂的生产(由单体聚合而得),然后根据需要,将树脂(有时加入一定量的添加剂)进一步加工成塑料制品。有少数品种(如有机玻璃)其树脂的合成和塑料的成型是同时进行的。

1.2 废旧塑料的来源

塑料从树脂合成、成型加工到消费使用,涉及的范围很广,所以其来源也很复杂。一般把合成、加工时产生的塑料废料称为消费前塑料废料或工业生产塑料废料(Preconsumer or Industrial Plastics Waste);而把消费使用后的塑料废弃物称之为消费后塑料废料(Postconsumer Plastics)。消费前塑料废料产生的量相对较少,易于回收且回收价值大,所以一般其回收工作由生产工厂自己即可完成。通常所说的废旧塑料,主要是指消费后塑料,这也是本书讨论的重点。

1.2.1 树脂生产中产生的废料

在树脂生产中产生的废料包括以下3方面:①聚合过程中反应釜内壁上刮削下来的贴附料(俗称“锅巴”)以及不合格反应料;②配混过程中挤出机的清机废料以及不合格配混料;③运输、贮存过程中的落地料等。

废料的多少取决于聚合反应的复杂性,制造工序的多少,生产设备及操作的熟练程度等,在各类树脂生产中聚乙烯产生的废料最少,聚氯乙烯产生的废料最多。

1.2.2 成型加工过程中产生的废料

在塑料的各种成型加工中均会产生数量不等的废品、等外品和边角料。如注射成型中的流道冷料、浇口冷固料、清机废料等;挤出成型中的清机废料、修边料和最终产品上的截断料等;吹塑过程中的吹塑机上的截坯口,设备中的冷固料和清机废料以及中空容器的飞边等;压延加工中从混炼机、压延机上掉落的废料、修边料和废制品等;以及滚塑加工中模具分型线上的溢料、去除的边缝料和废品等。

成型加工中所产生的废料量取决于加工工艺、模具和设备等。一般来说,这种废料再生利用率比较高,它们的品种明确,填料量清楚,且污染程度小,性能接近于原始料,预处理工作量小,通常可作为回头料掺入新料中,并且对制品的性能和质量影响较小。

1.2.3 配混和再生加工过程中产生的废料

在配混和再生加工过程中产生的废料仅占有废旧塑料的很小部分，它们是在配混设备清机时的废料和不正常运行情况下出的次品，其中大部分为可回收性废旧塑料。

1.2.4 二次加工中产生的废料

二次加工通常是将从成型加工厂购买来的塑料半成品经转印、封口、热成型、机械加工等加工制成成品，这里产生的废料往往要比成型加工厂产生的废料更加难以处理。如经印刷、电镀等处理后的废品，要将其印刷层、电镀层去除的难度和成本都很大，而直接粉碎或造粒得到的回收料，其价值则要低得多。经热成型、机械切削加工而产生的废边、废粒，回收再生就比较容易，而且回收料的价值也比较高。

1.2.5 消费后的塑料废料

这类废旧塑料来源广，使用情况复杂，必须经过处理才能回收再用。这类废物包括：①化学工业中使用过的袋、桶等；②纺织工业中的容器、废人造纤维丝等；③家电行业中的包装材料、泡沫防震垫等；④建筑行业中的建材、管材等；⑤罐装工业中的收缩膜、拉伸膜等；⑥食品加工中的周转箱、蛋托等；⑦农业中的地膜、大棚膜、化肥袋等；⑧渔业中的渔网、浮球等；⑨报废车辆上拆卸下来的保险杠、燃油箱、蓄电池箱等。

1.2.6 城市生活垃圾中的废旧塑料

这类废旧塑料也属于消费后塑料，由于其数量大，回收利用困难，已对环境构成严重威胁，是今后回收工作的重点，所以将其单独归类。城市生活垃圾中的废旧塑料约占2%~4%，其中大部分是一次性的包装材料。它们基本上是聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚氯乙烯、聚对苯二甲酸乙二醇酯等，在这些废旧塑料中聚烯烃约占70%。

生活垃圾中的废旧塑料制品种类很多，它们包括各种包装制品，如瓶类、膜类、罐类等；日用制品，如桶、盆、杯、盘等；玩具饰物，娱乐用品，服装鞋类，捆扎绳，打包带，编织袋，卫生保健用品等。

1.3 塑料废弃物污染的危害

包装塑料大部分最终以废旧薄膜、塑料袋和泡沫塑料餐具等形式被丢弃在环境中，散落在农田、市区、风景旅游区、水利设施和道路两侧，从而对环境造成严重的视觉污染并对生态环境造成潜在的危害。

1.3.1 对生物体的毒害性

虽然塑料的主体——高分子聚合物通常安全无毒，但几乎所有的塑料制品都添加了一定成分的添加剂，使得塑料制品的可塑性和强度得到改善，从而满足塑料制品的各种使用性能。例如，在聚氯乙烯（Polyvinyl Chloride）中，邻苯二甲酸酯（Phthalic Acid Ester，简称PAEs）作为添加剂的使用量达到了35%~50%，随着时间的推移，PAEs可由塑料中迁移到外环境。由于过去一直认为其毒性低，PAEs得到了广泛使用，生产和使用量逐年增

加,目前全世界年产量高达200万吨之多,我国近些年来年产量达21万~26万吨左右。研究发现,PAEs在大气、降尘、生物、食品、水体和土壤等的污染以及河流底泥、城市污泥等介质中残留,其水解和光解速率都非常缓慢,属于难降解有机污染物。研究表明,PAEs具有一般毒性和特殊毒性(如致畸、致突变性或具有致癌活性),尤以造成人体生殖功能异常,男性精子数量的减少而最受关注,在人体和动物体内发挥着类雌性激素的作用,干扰内分泌。

1.3.1.1 对动物的危害

塑料废弃物对海洋生物造成的危害是石油溢漏危害性的4倍,每年仅丢弃在海洋的废弃渔具就在15万吨以上,各种塑料废品在数百万吨以上。废弃塑料对动物的伤害主要表现在被动物误食,划伤食道,造成胃部溃疡等疾患。有毒的塑料添加剂,如抗氧剂三丁基锡,由于生物富集,会使动物降低食欲,降低类固醇激素水平,导致繁殖率降低,甚至死亡。据估计,每年至少有数百万只海洋动物因误食塑料导致丧生。目前已知至少有50种海鸟喜爱吞食塑料球,将其误认为鱼卵或鱼的幼虫,海龟也把一些塑料制品当成水母吞食,而海狗喜欢在废塑料渔网中嬉戏玩耍,常被缠绕致死。在陆地,一些反刍类动物(如牛、羊等牲畜)和鸟类因吞食草地上的塑料薄膜碎片,它们在肠胃中累积,造成肠梗阻乃至死亡的事例已屡见不鲜,如在北京从一只死亡奶牛的胃中清出的塑料薄膜竟有13kg。

1.3.1.2 对人体的危害

因塑料废弃物造成的火灾事故时有发生。塑料废弃物的焚烧还会产生有害气体,如聚氯乙烯燃烧产生氯化氢(HCl),ABS、丙烯腈燃烧产生氰化氢(HCN),聚氨酯燃烧也产生氰化物,聚碳酸酯燃烧产生光气等有害气体。其中氯化物燃烧产生的二噁英等有毒气体能使兽类和鸟类出现畸形和死亡,对生态的破坏极大。它们对人体的伤害也是极为严重的,表现为肝功能紊乱和神经受损,并使癌症的发病率上升等。有些伤害是潜在的,如1992年丹麦研究人员首先发现,现代人类精子细胞的数日在过去50年间下降了50%以上,在40年代男性的平均精子量是6000万个/mL,而现在只有2000万个/mL,减少了2/3,男子性功能普遍衰退,睾丸癌患病率也较过去40年增加了1倍多。之所以产生这种现象,二噁英废气能使精子减少也是其中一个原因。此外,塑料燃烧产生的一些氧化物还具有“复制”雌激素的功能,使男子体内的雌激素成倍增加,而雌激素增加就意味着一定程度的女性化,使男性在体能方面的爆发力、持久力等优势趋于弱化。

1.3.2 对土壤和大气环境的危害

① 废旧塑料废弃物混在土壤中,会影响作物吸收养分和水分,导致作物减产。地膜覆盖技术可以有效增加农作物产量并提高产品质量,大大提高了土地资源的利用率。我国目前已成为农田基本建设覆盖面积最大的国家。但是由于目前我国使用的地膜大多是以聚氯乙烯等为原料的难降解高分子化合物,其制品在自然条件下难以分解。据推算,土壤中的残膜碎片可存在200~400年之久,从而破坏土壤原来良好的理化性状,阻碍肥料的均匀分布,影响植物根系生长,从而导致农作物减产。有研究显示,在每公顷地有残膜58.5kg时,农作物减产幅度为:玉米11%~23%,大豆5.5%~9.0%,蔬菜14.6%~59.2%。

② 混入生活垃圾中废旧塑料包装物根本无法有效治理,卫生填埋及堆肥处理无法分解,人工分选后其黏附杂质较多而无法再回收利用。塑料密度小,体积大,能很快填满场地,降低填埋场地处理垃圾的能力;而且,填埋后的场地由于地基松软,垃圾中的细菌、病毒等有

害物质很容易渗入底下，污染地下水，危及周围环境。

③ 破坏臭氧层。在生产一次性发泡塑料餐具的过程中，由于使用了发泡剂，会破坏大气臭氧层。

1.3.3 浪费大量不可再生资源

合成塑料的原料主要是煤、石油和天然气等不可再生资源。据估计大多数塑料制品在10年内其50%~60%将转化为废弃塑料，如果没有采取积极的治理措施，将对日益紧缺的不可再生资源造成巨大的浪费。

1.3.4 视觉污染

塑料废弃物散落在城市旅游区、水体、树上和道路两侧，尤其在垃圾站，垃圾场周围这种现象更为严重，破坏了城市整体美感，影响市容观瞻。

1.4 国内外废旧塑料回收利用概况

废弃塑料的回收利用，是变废为宝和解决生态环境污染的重要途径。废旧塑料的回收利用作为一项节约能源、保护环境的措施，普遍受到世界各国的重视。废旧塑料回收利用方法主要包括分类回收、制取单体原材料、生产清洁燃油和用于发电等技术。一些新的废弃塑料回收利用技术已持续开发成功并推向应用领域。

据 Wrap 公司的研究表明，塑料回收利用对减少二氧化碳气体排放有重要作用。生命循环分析表明，与埋地和焚烧以回收能量的替代方案相比，回收利用每吨塑料可避免产生约1.5~2t 二氧化碳。

1.4.1 国外废旧塑料回收利用概况

1.4.1.1 美国

美国是世界塑料生产大国。据统计，美国年生产塑料3400多万吨，废旧塑料超过1600万吨。美国早在20世纪60年代就已开展了对废旧塑料回收利用研究，目前，回收利用废旧塑料包装制品占50%，建筑材料占18%，消费品11%，汽车配件5%，电子电气制品3%；按塑料原料品种分，所占比例分别为聚烯烃类占61%，聚氯乙烯占13%，聚苯乙烯占10%，聚酯类占11%，其他占5%。美国在20世纪末废旧塑料回收率达35%以上。其中，燃烧废旧塑料回收能源由80年代的3%增至18%，废旧制品的掩埋率从96%下降到37%。

据美国化学委员会（ACC）的统计，在美国，2005年由PET（聚酯）和HDPE等塑料生产的塑料瓶中，回收塑料瓶超过99%。

据美国PET聚酯容器资源协会（NAPCOR）估计，2005年美国收集了近12亿磅PET聚酯瓶用于回收利用，仅占美国PET聚酯瓶的23.1%。2004年回收利用10亿磅PET聚酯瓶，回收率为21.6%。

据美国塑料协会、PET聚酯容器资源协会（NAPCOR）和后消费品塑料回收协会（APR）2007年10月底公布的数据，2006年美国收集和销售57.6万吨PET聚酯瓶，收集PET聚酯容器创新高，比2005年增长9%。2006年PET聚酯容器在美国的回收利用量也增长到246万吨，比2005年增长7%。这一增长主要由于矿泉水、茶、能量饮料和啤酒销

售强劲增长所致。

据美国化学委员会 (ACC) 的统计, 2005 年回收利用 HDPE 塑料瓶 9.22 亿磅 (1lb=0.454kg), 占 HDPE 树脂销售到吹塑制模市场的 17.1%。2004 年的回收利用率 为 25.9%。

KW 塑料公司是美国最大的 HDPE 和 PP 塑料回收利用商, 每年处理 2.5 亿磅塑料。

美国可口可乐公司是世界 PET 聚酯容器最大的消费商, 可口可乐公司于 2008 年 2 月中旬提出长期目标: 100% 循环利用在美国销售的铝罐, 先前已提出 100% 循环利用聚酯塑料瓶目标。公司旨在使包装达到可持续性和可回收性。可口可乐北美公司的铝啤酒罐是美国回收利用最多的消费产品, 每两个铝罐中就有一个回收利用, 现铝制啤酒罐回收利用率平均为 60%。可口可乐公司继续在回收利用计划和基础设施中进行投资。2007 年在一系列回收利用行动计划中投入 6000 万美元, 包括支持回收银行的回收利用行动计划, 和在南卡罗来纳州 Spartanburg 建设世界最大的聚酯瓶回收利用设施, 该装置将生产约 4.54 万吨/年食品级可回收利用的 PET 聚酯塑料供重新利用, 相当于生产近 20 亿只 20 盎司可口可乐瓶。位于 Spartanburg 新建的 30 英亩装置于 2008 年开工, 于 2009 年全面投运。可口可乐公司也在瑞士、墨西哥、奥地利和菲律宾投资了循环回收装置。该装置采用美国资源回收公司的 Hybrid UnPET 工艺过程化学清洗食用类 PET。该技术已在美国资源回收公司自有的中型装置上应用, 装置建在墨西哥的可口可乐公司, 另在欧洲也有两项技术转让。公司预计每年生产 1 亿磅回收利用塑料。2007 年世界最大的可口可乐瓶公司即可口可乐企业公司 (CCE) 组建可口可乐回收公司, 回收和循环利用由可口可乐体系开发和使用的包装材料, 主要是啤酒包装材料铝和聚酯塑料, 实现了高价值的回收利用。到 2008 年年底, 可口可乐回收公司将循环回收利用超过各为 1 亿磅的铝和聚酯。

可口可乐公司在美国南卡罗来纳州拥有世界上最大的塑料瓶回收利用工厂, 该美国工厂由国家资源回收公司建设, 按工厂全部能力计算, 可年生产 1 亿磅回收的塑料可供重新利用。这套占地 30 英亩的工厂自 2008 年 11 月以来一直处于低处理量状况, 可口可乐公司旨在使该工厂帮助实现公司在美国的塑料瓶 100% 回收利用的长期目标。可口可乐公司已在一系列回收利用行动计划中投入了 6000 万美元, 包括建设南卡罗来纳州塑料瓶回收利用工厂。据该公司称, 由回收利用料制取塑料瓶所耗用的能量大大低于从原材料生产塑料瓶所需的能量。

可口可乐公司北美发展与创新分部高级副总裁 Nilang Patel 于 2009 年 6 月 24 日在 PET 聚酯发展战略会议上宣布, 按 2008 年基准, 公司目标是 2015 年减少纯 PET 用量 7%。减少纯 PET 消费是可口可乐公司为其饮料业务开发可持续包装模式发展策略的组成部分。到 2015 年, 该公司也计划在其塑料瓶中使用 25% 回收利用的 PET。通过使用回收利用材料而减少 PET 消费是可口可乐公司减少其碳足迹, 以及开发零废弃物, 发展可持续包装业务计划的内涵。

来自消费者、环保倡议者及零售商的压力, 让产量占美国 80% 以上的几家塑料袋生产商在 2009 年 4 月 22 日“地球日”郑重对外承诺: 到 2015 年将使塑料袋的回收利用率达 40%。近期美国一些城市相继限用塑料袋, 许多零售商也表示将大幅减少塑料袋用量。人们不再青睐塑料袋的主要原因在于这类产品往往要历时上百年才能降解。据悉, 仅美国每年塑料袋的产值就达 10 亿美元, 产量约 900 亿个。美国化工理事会总裁卡·杜利 (Cal Dooley)