

中国废塑料 污染现状和绿色技术

ZHONGGUO FEISULIAO
WURAN XIANZHUANG HE
LVSE JISHU

谢锋 汝少国 杨宗雷 编著

中国环境科学出版社

中国废塑料污染现状和绿色技术

谢 锋 汝少国 杨宗雷 编著

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

中国废塑料污染现状和绿色技术/谢锋, 汝少国, 杨宗雷
编著. —北京: 中国环境科学出版社, 2011.3
ISBN 978-7-5111-0494-6

I. ①中… II. ①谢…②汝…③杨… III. ①塑料—
化学污染—中国②塑料—废物综合利用—中国
IV. ①X783.25

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 022096 号

责任编辑 刘 璐
封面设计 中通世奥

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京市联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2011 年 3 月第 1 版
印 次 2011 年 3 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 14.5
字 数 320 千字
定 价 57.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载，侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题，请寄回本社更换

前 言

随着塑料制品应用的日益广泛，塑料与钢铁、木材、水泥一起构成了当今世界的四大基础材料。塑料以优良的性能仍在继续扩大着其应用领域，发挥着重要的作用。在塑料工业发展的初期，合成材料的化学稳定性是人们非常关心和重点研究的内容之一。几十年过去了，它的稳定性已得到很好的解决。但现今它的稳定性反而成了阻碍其进一步发展的一个重要原因。

随着塑料制品消费量的不断增长，废塑料量在迅速增加，对环境的影响也日趋突出，“农用薄膜”白色污染便是典型的例证。废塑料的处理已成为全球性的问题。由于塑料难以被生物降解，最简便的处理方法是将其填埋或焚烧，但是这样做不仅浪费资源，而且会造成大气污染。因此，传统的填埋和焚烧处理方法正逐步被再循环利用所替代。废塑料的回收再生利用，不仅可以保护环境、节省能源，而且具有很好的经济性。

工业界对于废塑料的再生利用主要有三类，即材料循环、化学循环和能量回收。材料循环指以塑料制品为原料的再资源化和再利用；化学循环指通过加压、加热，分解出的原料可用来制作新的塑料；能量回收指通过燃烧、高温产生能源用于发电和再利用。

近年来，我国塑料回收再生利用行业，在塑料工业蓬勃发展的巨大市场需求的推动下发展得很快，不仅为行业发展提供了价廉物美的再生原料，缓解了我国塑料原料紧缺的状况，还为国家创造了大量税收，减缓了就业压力，实现了资源再生和环境保护事业蓬勃发展的局面。2006年国内五大通用树脂表观消费量为3 549.85万t，塑料实际消费量约为3 081.26万t，其中被回收再生利用的废塑料约有700万t，年创产值约280亿元，回收率保持在22.7%的水平。2006年我国还进口废塑料586万t，即国内消化的废塑料总量达1 286万t，占合成树脂年消费量的1/4强。但是目前的废塑料回收利用存在分散经营的现象，缺乏规范；多次回收，倒买倒卖；设施简陋，污染环境；技术落后，利用率低；市场混乱，缺乏管理等五个方面的问题。传统的经营模式已经严重制约了该行业朝着规模化、产业化、一体化的方向发展。

为研究、探讨废塑料回收、利用、绿色技术和科学管理问题，本书共设置了八章，分别为：废塑料污染来源与现状，废旧塑料绿色技术原理，主要废旧塑料种类的绿色技术，再生塑料产业的环境问题与污染物排放标准，废旧塑料资源化的效益，废旧塑料绿

色技术法规与管理，废旧塑料绿色技术规范，国内外一些废旧塑料绿色技术情况，并附录了废塑料回收、利用和资源化的国内外相关法律法规，同时以山东德力再生塑料生态工业园为典型案例进行了废塑料绿色技术与管理的分析。本书第一章由杨宗雷、王真钰、袁成亮编写；第二章由王真钰、史会剑、张文台编写；第三章由王真钰、杨宗雷、袁成亮编写；第四章由谢锋、汝少国、田雨编写；第五章由王星星、汝少国、谢锋编写；第六章由田雨、汝少国、谢锋编写；第七章由汝少国、田雨、袁成亮编写；第八章由田雨、杨宗雷、史会剑编写；山东德力再生塑料生态工业园规划由汝少国、杨宗雷、王真钰、田雨编写；其他附录由田雨、王真钰收集整理。

由于废塑料污染与绿色技术及管理方面涉及广泛以及编者水平有限，本书还可能存在疏漏、错误之处，热忱希望读者及有关人士提出批评意见。

编 者

2010年12月18日

目 录

1 废塑料污染来源与现状	1
1.1 废塑料污染定义	1
1.2 废塑料污染来源	1
1.2.1 塑料的定义、分类及废塑料来源	1
1.2.2 塑料的特性及主要性质指标	5
1.2.3 废塑料的污染与可降解性	10
1.3 废塑料污染现状	14
1.3.1 我国废塑料污染现状	14
1.3.2 国外废塑料污染现状	16
2 废旧塑料绿色技术原理	17
2.1 废旧塑料绿色技术定义	17
2.2 废旧塑料绿色技术分类	18
2.2.1 材料循环	18
2.2.2 化学循环	19
2.2.3 能量回收	19
2.3 废旧塑料绿色技术原理	20
2.3.1 材料循环原理	20
2.3.2 化学循环原理	22
2.3.3 能量回收原理	23
2.4 废旧塑料绿色技术现状	24
2.4.1 我国废旧塑料绿色技术现状	24
2.4.2 国外废旧塑料绿色技术现状	26
3 主要废旧塑料种类的绿色技术	38
3.1 聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET)	38
3.1.1 PET 简介	38
3.1.2 PET 绿色利用技术	39
3.2 聚丙烯 (PP)	41
3.2.1 PP 简介	41
3.2.2 PP 绿色利用技术	42
3.3 聚乙烯 (PE)	44
3.3.1 PE 简介	44
3.3.2 PE 绿色利用技术	45

3.4 聚氯乙烯 (PVC)	48
3.4.1 PVC 简介	48
3.4.2 PVC 绿色利用技术	49
3.5 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物 (ABS)	50
3.5.1 ABS 简介	50
3.5.2 ABS 绿色利用技术	52
3.6 聚苯乙烯 (PS)	52
3.6.1 PS 简介	52
3.6.2 PS 绿色利用技术	53
3.7 聚酰胺 (PA)	55
3.7.1 PA 简介	55
3.7.2 PA 绿色利用技术	57
3.8 聚碳酸酯 (PC)	58
3.8.1 PC 简介	58
3.8.2 PC 绿色利用技术	60
3.9 聚甲醛 (POM)	61
3.9.1 POM 简介	61
3.9.2 POM 绿色利用技术	61
3.10 聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA)	62
3.10.1 PMMA 简介	62
3.10.2 PMMA 绿色利用技术	64
4 再生塑料产业的环境问题与污染物排放标准	65
4.1 再生塑料行业	65
4.2 再生塑料产业的环境问题	65
4.2.1 塑料回收再生过程	65
4.2.2 再生塑料环境问题解析	66
4.3 再生塑料加工业的污染治理思路	68
4.3.1 再生塑料加工业大气污染的治理	68
4.3.2 再生塑料加工业固体废弃物治理	69
4.3.3 再生塑料加工业噪声污染治理	69
4.3.4 再生塑料加工业生物污染治理	70
4.3.5 再生塑料加工业水污染的简单治理	70
4.4 有关再生塑料的法律法规	71
4.4.1 有关法律体系现状	71
4.4.2 有关排放标准	72
5 废旧塑料资源化的效益	74
5.1 环境效益分析	74
5.1.1 提高废旧塑料回收率, 控制“白色污染”	74

5.1.2 科学处理废旧塑料, 维护生态安全	75
5.2 社会效益分析	77
5.2.1 缓减能源短缺问题	77
5.2.2 促进制定废旧塑料分类回收等级准则	78
5.2.3 规范废旧塑料绿色技术, 推动循环经济发展	79
5.2.4 增加就业机会, 维持社会稳定	80
5.3 经济效益分析	81
5.3.1 直接经济效益	81
5.3.2 间接经济效益	82
6 废旧塑料绿色技术法规与管理	84
6.1 我国再生资源回收体系与法律法规	84
6.1.1 再生资源回收体系	84
6.1.2 再生资源法律法规	93
6.2 国外再生资源回收体系与法律法规	98
6.2.1 德国	98
6.2.2 美国	101
6.2.3 日本	102
6.2.4 英国	103
6.2.5 挪威	104
6.2.6 法国	106
6.3 我国废旧塑料绿色技术管理	107
6.3.1 管理办法	107
6.3.2 环境监管	114
6.4 国际废旧塑料绿色技术管理	116
6.4.1 德国	116
6.4.2 美国	117
6.4.3 英国	117
6.4.4 挪威	118
7 废旧塑料绿色技术规范	119
7.1 废旧塑料绿色技术环保准入条件	119
7.1.1 生产企业布局	119
7.1.2 原料回收环保要求	120
7.1.3 生产流程环保要求	120
7.1.4 安全、消防和工业卫生	121
7.1.5 产品销售的环保要求	121
7.1.6 监督与管理	122
7.1.7 体系认证	122
7.2 废旧塑料绿色技术规范	123

7.2.1 废旧塑料的回收规范	123
7.2.2 废旧塑料运输规范	124
7.2.3 废旧塑料贮存规范	124
7.2.4 废旧塑料的预处理规范	124
7.2.5 再生利用规范	125
7.2.6 废旧塑料产品规范	125
7.2.7 企业建设规范	126
7.2.8 总体污染控制规范	126
7.2.9 管理规范	127
7.3 国内外废旧塑料绿色技术展望	127
7.3.1 国内废旧塑料绿色技术展望	127
7.3.2 国外废旧塑料绿色技术展望	130
8 国内外一些废旧塑料绿色技术情况	135
8.1 山东省	135
8.2 北京市	136
8.3 天津市	138
8.4 甘肃省	139
8.5 瑞士	140
8.6 德国	140
8.7 荷兰	142
8.8 美国	142
8.9 日本	143
附录 1 国内外再生塑料网	146
附录 2 废塑料资源化行业污染防治技术政策	148
附录 3 山东德力西再生塑料生态工业园建设规划(缩印本)	154
附录 4 商务部关于加快再生资源回收体系建设的指导意见	189
附录 5 2006 年再生资源回收工作要点	191
附录 6 再生资源回收体系建设试点工作方案	193
附录 7 再生资源回收管理办法	197
附录 8 再生资源回收经营者备案说明	201
附录 9 商务部办公厅关于开展再生资源回收体系建设项目验收工作的通知	203
附录 10 商务部办公厅关于组织开展第二批再生资源回收体系建设 试点工作的通知	208
附录 11 禁止进口固体废物目录	211
附录 12 限制进口类可用作原料的固体废物目录	215
附录 13 自动许可进口类可用作原料的固体废物目录	217
附录 14 财政部 国家税务总局关于再生资源增值税政策的通知	218
附录 15 财政部 国家税务总局关于资源综合利用及其他产品增值税政策的通知	221

废塑料污染来源与现状

1.1 废塑料污染定义

废塑料是指被废弃的各种塑料制品及塑料材料，包括塑料及塑料制品生产加工过程中产生的下脚料、边角料和残次品。废塑料污染是指由难以降解的废塑料本身及不适当的处理方式造成的环境危害和资源能源的浪费。污染的形式主要包括废塑料对大气环境、土壤环境和水环境产生的污染以及资源能源的浪费。

废塑料不进行处理，在城市和旅游区散落会影响城市、风景点的整体美感，破坏市容、景观；在动物园、牧区和海洋中，废塑料被动物误食，会影响动物健康甚至导致其死亡，废塑料一旦混在土壤中还会影响植物根系的发育和作物的生长。

废塑料处理不当，如采用直接焚烧法处理废弃塑料，焚烧过程产生的 CO 、 NO_x 、甲醛、氯乙烯、苯乙烯、二噁英等有害气体会对空气造成二次污染，释放的大量温室气体 CO_2 会使“温室效应”加剧；卫生填埋方法简单，避免了露天堆放产生的问题，但长时间使用填埋的方式不仅会大量占用有限的土地资源，而且随着土地的日益紧张，可掩埋垃圾的场地也日益减少，致使掩埋费用日益上涨；塑料垃圾在填埋过程中还会产生酸性和碱性有机污染物，危及周围环境。

同时我们还要看到塑料中蕴含着的大量能量，500 万 t 塑料污染物中所含能量相当于 2 000 万 m^3 木材或 400 万 t 煤油，如果不充分利用，则意味着社会资源和能源的巨大浪费。

1.2 废塑料污染来源

1.2.1 塑料的定义、分类及废塑料来源

1.2.1.1 塑料的定义

塑料有广义和狭义之分。广义的塑料指具有塑性行为的材料，所谓塑性是指受外力作用时，发生形变，当外力取消后，仍能保持受力时的状态。塑料的弹性模量介于橡胶和纤维之间，受力后能发生一定形变。软塑料接近橡胶，硬塑料接近纤维。

狭义的塑料定义是指以树脂为主要成分，以增塑剂、填充剂、润滑剂、着色剂等添

加剂为辅助成分,在加工过程中能流动成型材料,其化学本质是合成的高分子化合物,可以自由改变形体样式。

1.2.1.2 塑料的分类

按照不同的分类标准,可以将塑料划分成不同类型,塑料分类汇总见表 1-1。

表 1-1 塑料分类汇总及分类标准

	类别		举例
使用特性	通用塑料		聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物等
	工程塑料	通用工程塑料	聚酰胺、聚甲醛、聚碳酸酯、改性聚苯醚等
		特种工程塑料	交联聚酰亚胺、聚三嗪、聚砒、聚醚砒等
	特种塑料		氟塑料、增强塑料、泡沫塑料等
理化特性	热塑性塑料		聚乙烯、聚四氟乙烯等
	热固性塑料	甲醛交联型	酚醛塑料、氨基塑料等
		其他交联型	双酚 A 型环氧树脂、苯二甲酸二丙烯酸酯树脂等
加工方法	膜压塑料、层压塑料、注射塑料、挤出塑料、吹塑塑料、浇铸塑料、反应注射塑料等		

(1) 按使用特性分类

根据各种塑料不同的使用特性,通常将塑料分为通用塑料、工程塑料和特种塑料三种类型。

① 通用塑料

通用塑料是指产量大、用途广、成型性好、价格便宜的塑料。通用塑料有五大品种,即聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)、聚氯乙烯(PVC)、聚苯乙烯(PS)及丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物(ABS),它们都是热塑性塑料。

② 工程塑料

工程塑料一般指能承受一定的外力作用,具有良好的机械性能和耐高温、低温性能,尺寸稳定性较好,可以用做工程结构的塑料。工程塑料可根据其生产规模和应用范围的不同分为通用工程塑料和特种工程塑料两大类。

通用工程塑料是指已大规模工业化生产的、应用范围较广的工程塑料,主要包括:聚酰胺、聚甲醛、聚碳酸酯、改性聚苯醚、热塑性聚酯、超高分子量聚乙烯、甲基戊烯聚合物、乙烯醇共聚物等。

特种工程塑料指性能更加优异独特,但目前大部分尚未大规模工业化生产或生产规模较小、用途相对较窄的一些塑料。特种工程塑料还分为交联型和非交联型。交联型的有:聚氨基双马来酰胺、聚三嗪、交联聚酰亚胺、耐热环氧树脂等。非交联型的有:聚砒、聚醚砒、聚苯硫醚、聚酰亚胺、聚醚醚酮等。

③ 特种塑料

特种塑料一般是指具有特种功能,可用于航空、航天等特殊应用领域的塑料。如具有突出的耐高温、自润滑等特殊功用的氟塑料和有机硅,具有高强度、高缓冲性等特殊性能的增强塑料和泡沫塑料,均属于特种塑料的范畴。

a. 增强塑料

增强塑料原料在外形上可分为粒状（如钙塑增强塑料）、纤维状（如玻璃纤维或玻璃布增强塑料）、片状（如云母增强塑料）三种。按材质可分为布基增强塑料（如碎布增强或石棉增强塑料）、无机矿物填充塑料（如石英或云母填充塑料）、纤维增强塑料（如碳纤维增强塑料）三种。

b. 泡沫塑料

泡沫塑料可以分为硬质、半硬质和软质泡沫塑料三种。硬质泡沫塑料没有柔韧性，压缩硬度很大，只有达到一定应力值才产生变形，应力解除后不能恢复原状；软质泡沫塑料富有柔韧性，压缩硬度很小，很容易变形，应力解除后能恢复原状，残余变形较小；半硬质泡沫塑料的柔韧性和其他性能介于硬质和软质泡沫塑料之间。

（2）按理化特性分类

根据各种塑料不同的理化特性，可以把塑料分为热固性塑料和热塑性塑料两种类型。

① 热塑性塑料

热塑性塑料是指在特定温度范围内能反复加热软化和冷却硬化的塑料，它受热时变软，冷却时变硬，能反复软化和硬化并保持一定的形状，可溶于一定的溶剂，具有可燃性质。热塑性塑料又分烃类、含极性基因的乙烯基类、工程类、纤维素类等多种类型。

热塑性塑料加工成型性能良好，但耐热性较低，易于蠕变，其蠕变程度随承受负荷、环境温度、溶剂、湿度而变化。为了克服热塑性塑料的这些弱点，满足在空间技术、新能源开发等领域应用的需要，各国都在开发以可熔融成型的耐热性树脂为基体的复合材料，从而提高热塑性塑料的力学性能和耐腐蚀性能。如用聚醚醚酮作为基体树脂与碳纤维制成复合材料，耐疲劳性超过环氧/碳纤维；用聚醚砜作为基体树脂与碳纤维制成的复合材料在 200℃ 具有较高的强度和硬度，在 -100℃ 尚能保持良好的耐冲击性，且无毒、不燃、发烟最少、耐辐射性好，预期可用它作为航天飞船的关键部件，还可模塑加工成雷达天线罩等。

② 热固性塑料

热固性塑料是指在受热或其他条件下能固化或具有不溶（熔）特性的塑料，热加工成型后具有不熔性质，这是因为其树脂分子由线型结构交联成网状，加强热会分解破坏。热固性塑料具有耐热性高、受热不易变形等优点，缺点是机械强度不高，但可以通过添加填料，制成层压材料或模压材料来提高其机械强度。

热固性塑料又分为甲醛交联型和其他交联型两种类型。甲醛交联型塑料包括酚醛塑料、氨基塑料（如脲-甲醛-三聚氰胺-甲醛等）。其他交联型塑料包括不饱和聚酯、环氧树脂、邻苯二甲二烯丙酯树脂等。

a. 甲醛交联型热固性塑料

酚醛塑料是以酚醛树脂为主要原料制成的热固性塑料，具有坚固耐用、尺寸稳定、耐受除强碱外的其他化学物质作用等特点。酚醛塑料还可根据不同用途和要求，加入各种填料和添加剂，如采用云母或玻璃纤维为填料满足高绝缘性产品的要求，以石棉为填料提高产品的耐热性能；要求抗震的产品，可采用各种适当的纤维或橡胶为填料。用酚醛树脂还可以制成酚醛层压板，其特点是机械强度高，电性能良好，耐腐蚀，易于加工，

广泛应用于低压电工设备。

氨基塑料有脲甲醛、三聚氰胺甲醛、尿素三聚氰胺甲醛等。它们具有质地坚硬、耐刮痕、无色、半透明等优点,加入色料可制成色彩鲜艳的制品,俗称电玉。三聚氰胺甲醛塑料比脲甲醛塑料硬度高,有更好的耐水、耐热、耐电弧性,可作为耐电弧绝缘材料。

b. 其他交联型热固性塑料

以环氧树脂为主要原料制成的热固性塑料品种很多,其中以双酚 A 型环氧树脂为基材的约占 90%。它具有优良的黏结性、电绝缘性、耐热性和化学稳定性,收缩率和吸水率小,机械强度好等特点。

不饱和聚酯具有优异的机械强度。如不饱和聚酯的玻璃钢,其机械性能良好,密度小(只有钢的 1/5 至 1/4,铝的 1/2),易于加工成各种电器零件。

邻苯二甲酸二丙烯酯树脂的电性能和机械性能均优于酚醛和氨基热固性塑料。它吸湿性小,制品尺寸稳定,成型性能好,耐酸碱及沸水和一些有机溶剂。模塑料适于制造结构复杂、既耐温又有高绝缘性的零件,一般可在 $-60\sim 180^{\circ}\text{C}$ 的温度范围长期使用。

(3) 按加工方法分类

根据各种塑料不同的成型方法,可以分为膜压、层压、注射、挤出、吹塑、浇铸塑料和反应注射塑料等多种类型。膜压加工主要用于酚醛树脂、脲醛树脂、不饱和聚酯树脂等热固性塑料的成型;层压塑料是指浸有树脂的纤维织物,经叠合、热压而结合成为整体的材料;注射、挤出和吹塑多为物性和加工性能与一般热塑性塑料相类似的塑料;浇铸塑料是指能在无压或稍加压力的情况下,倾注于模具中能硬化成一定形状制品的液态树脂混合料,如 MC 尼龙等;反应注射塑料是用液态原材料,加压注入膜腔内,使其反应固化成一定形状制品的塑料,如聚氨酯(PU)等。

1.2.1.3 塑料的来源

废塑料产生基本上有两大来源,一种是来自塑料制品成型加工厂生产过程中产生的废品、残次品、边角料、下脚料、试验料、混合料等;另一种是来自各类塑料制品的消费过程,从国内来看,主要是农用塑料、包装用塑料、日用品三大领域。

相比较而言,第一种来源的废塑料污染较少、成分单一,经过破碎即可作为再生颗粒直接利用。如毛纺厂生产中使用的尼龙(聚酰胺,PA)、塑料编织袋生产中的废料(聚丙烯,PP)、雨衣雨鞋制造中的边角料(聚氯乙烯,PVC)等。这些以与塑料制造相关的工业作为来源之一,提供了数量、质量都十分可观的废塑料,适于各种方式的回收利用,尤其适于简单的材料资源化利用后直接投入再生产,既能节约成本提高效益,也能减少污染。

第二类废塑料通常是两种或多种废塑料及其他物质(如金属、玻璃、纸、泥土、水分等)构成的一种混合体系,既给回收利用带来了困难,又使再生制品质量下降,一般不适于简单的材料资源化回收。

我国于 20 世纪 70 年代末开始在农业生产上使用塑料地膜覆盖技术,虽然我国对该技术的应用较晚,但却后来居上取得了塑料农膜产量和使用量两个世界第一,大致相当于其他国家总和的 1.6 倍。农用塑料薄膜主要是棚膜和地膜,另外还包括遮阳网、防虫网、饲草用膜以及农用无纺布等。塑料薄膜广泛用做日光温室、塑料大棚及各种塑料小拱棚的覆盖材料。2004 年我国农用塑料薄膜使用量已达 168 万 t,其中棚膜耗用量已达 90 万 t,

覆盖面积达 400 万 hm^2 ，地膜年消耗量约 78 万 t，覆盖面积 1 500 万 hm^2 。目前我国地膜和棚膜的材料以聚乙烯（PE）为主，另有部分为聚氯乙烯（PVC），棚膜材料还包括部分乙烯/乙酸乙烯（EVA）。塑料薄膜的降解时间长达 200~300 年，我国每年的地膜使用量还在以 5% 以上的年均速度增长，残膜危害性日益显现。回收农膜既为再生塑料产业提供充足原料，又能减少残膜的污染。

在包装用塑料领域，各种塑料包装材料（薄膜、泡沫塑料、包装箱、塑料袋、塑料瓶等）由于种类繁多，是回收利用的难点，也是产生废塑料污染的重要源头。据统计，2005 年 HDPE、PP、PET 瓶产量已达 120 万 t，饮料热灌装 PET 已超过 130 亿个，塑料包装容器应用市场广阔，碳酸饮料包装中 PET 瓶占 57.4%，大型化工液体包装容器、药品和输液塑料包装容器、塑料汽油箱的普及、塑料托盘在仓储和运输中的大量使用都是塑料回收的重要来源。

塑料已经进入了生活的各个领域，尤其是在家用电器、电子及通信产品、汽车制造等方面，应用了越来越多的塑料材质。目前我国电视机的社会保有量达 3.5 亿台、冰箱社会保有量达 1.3 亿台、洗衣机社会保有量达 1.7 亿台。这些电器多是 20 世纪 80 年代中后期进入家庭的，按 10 年至 15 年的使用寿命计算，从 2003 年起，我国每年至少有 500 万台电视机、400 万台冰箱、600 万台洗衣机要报废。电视机外壳、冰箱内胆、冷冻盒、冷藏盒、洗衣机桶、面板等都是需要回收的塑料制品。电脑、手机、VCD、DVD、唱片等电子产品更新换代速度加快，报废数量急剧上升，也带来了较为严重的环境问题。同时，我国车用塑料消费量也在逐年增大，包括 PVC、PP、PE、ABS、PA、POM 等，年消费量已达 40 万 t。随着汽车报废量的逐年增加，预计到 2010 年我国汽车用塑料总消费量将达 80 万 t 左右。随着上述产品报废量的逐年增多，回收任务将越来越艰巨，因回收的废塑料混合程度高，对再生利用前的分拣技术也提出了更高要求。

1.2.2 塑料的特性及主要性质指标

1.2.2.1 塑料的特性

大多数塑料质轻，化学性质稳定，不会锈蚀；具有较好的透明性和耐磨耗性；绝缘性好，导热性低；着色性好，加工成本低。但是，大部分塑料耐热性差，热膨胀率大，易燃烧；尺寸稳定性差，容易变形；多数塑料耐低温性差，在低温下变脆，容易老化，而且某些塑料易溶于酸、碱和有机溶剂。

与其他材料相比，塑料能广泛应用于加工制造行业，这主要是利用了其耐化学侵蚀、耐用、防水、质轻、绝缘性好，重量轻且坚固，可塑性高，成本低廉等方面的优点。

1.2.2.2 塑料的主要性质指标

在塑料的加工过程中会依据其使用目的的不同添加不同的辅助材料，使生产出的塑料在理化性质、力学和热学性能等方面各不相同。用于衡量塑料性能的主要性质指标包括以下几方面：

（1）理化性质指标

① 密度。一般在 $0.9\sim 2.3\text{ g/cm}^3$ ，大约是铝材的 1/2、钢材的 1/5。常用塑料密度见表 1-2。

表 1-2 常用塑料密度

材料	密度/ (g/cm ³)	材料	密度/ (g/cm ³)	材料	密度/ (g/cm ³)
硅橡胶	0.8	尼龙 6	1.12~1.15	苯酚甲醛树脂	1.30~1.41
聚甲基戊烯	0.83	尼龙 66	1.13~1.16	聚氟乙烯	1.30~1.40
聚丙烯	0.85~0.91	环氧树脂, 不饱和和 聚酯树脂	1.10~1.40	赛璐珞	1.34~1.40
高压聚乙烯	0.89~0.93	聚丙烯腈	1.14~1.17	聚对苯二甲酸乙二醇酯	1.38~1.41
1-聚丁烯	0.91~0.92	乙酰丁酸纤维素	1.15~1.25	硬质聚氯乙烯	1.38~1.50
聚异丁烯	0.9~0.93	聚甲基丙烯酸甲酯	1.16~1.20	聚甲醛	1.41~1.43
天然橡胶	0.92~1.00	聚乙酸乙烯酯	1.17~1.20	脲-三聚氰胺树脂	1.47~1.52
低压聚乙烯	0.92~0.98	丙酸纤维素	1.18~1.24	氯化聚氯乙烯	1.47~1.55
尼龙 12	1.01~1.04	增塑聚氯乙烯	1.19~1.35	酚醛塑料和氨基塑料	1.50~2.00
尼龙 11	1.03~1.05	聚碳酸酯	1.20~1.22	聚偏二氟乙烯	1.70~1.80
丙烯腈-丁二 烯-苯乙烯共 聚物 (ABS)	1.04~1.06	交联聚氨酯	1.20~1.26	聚酯和环氧树脂	1.80~2.30
聚苯乙烯	1.04~1.08	苯酚甲醛树脂	1.26~1.28	聚偏二氯乙烯	1.86~1.88
聚苯醚	1.05~1.07	聚乙烯醇	1.26~1.31	聚三氟-氯乙烯	2.10~2.20
苯乙烯-丙烯 腈共聚物	1.06~1.10	乙酸纤维素	1.25~1.35	聚四氟乙烯	2.10~2.30

② 吸水性。吸水性指塑料试样浸入一定温度 ($25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$) 的蒸馏水 24 h 后, 试样中水含量的变化百分率。

③ 熔体指数 (MI 值)。给塑料加以一定的压力和温度, 在 10 min 中内通过毛细管得到的重量, 单位为 g/10 min。

④ 模塑成型收缩率。模塑成型收缩率指塑胶制品冷却固化经脱模成形后, 其尺寸与原模具尺寸之间的误差百分比。在设计塑胶模具时, 需先考虑其收缩率, 以免造成成品尺寸的误差, 导致成品不良。

⑤ 化学阻抗或耐腐蚀性。该性能指聚合物在化学溶液中的扩散速率, 其本质是由于溶液与聚合物产生的各种化学反应, 可用化学试剂浸渍实验的方法检测。

⑥ 渗透性。气态和液态的小分子能从聚合物的高浓度一侧向低浓度的一侧渗透, 常以 O_2 和 CO_2 等气体为实验对象, 测量一定温度和时间的渗透量。

⑦ 燃烧性。塑料的燃烧性可分为不燃、慢燃、可燃和自燃, 绝大多数热塑性塑料容易点燃和燃烧, 但个别如 PC 是自燃材料, 未增塑 PUC (改性聚氨酯弹性涂膜材料) 是不燃的。

⑧ 耐候性。耐候性指塑料暴露在日光、冷热和风雨等气候条件下的耐候性。紫外线照射使聚合物分子链破裂, 塑料逐渐变色老化, 最终破裂风化, 环境中的温度和湿度等条件可以加快塑料的老化破裂过程。

(2) 力学性能的主要性质指标

① 强度。单位为 Pa。塑料是轻而强的材料, 用途不同, 功能要求也就不同, 选择材料时强度是最重要的因素, 塑料强度又可细化为以下几方面:

拉伸强度。对试样做拉伸实验直至断裂为止所受的最大拉伸应力。

冲击强度。材料承受冲击负荷的最大能力，以材料在破坏时所消耗的功与试样的横截面积之比来度量。

弯曲强度。材料在弯曲负荷作用下破裂或达到规定挠度时能承受的最大应力。

弹性模量。在比例极限内，材料所受应力（如拉和压、弯曲、剪切等）与产生的相应应变之比。

标准实验方法对试片形状尺寸、有无缺口、试片制成条件（成型方法）试片的状态调节（温度、湿度）和实验条件（温度、湿度、实验机、荷重、加载速度等）都有严格规定。

② 硬度。塑料和金属相比较，硬度较差，易出凹坑、划伤。实验方法主要有布氏硬度、洛氏硬度、肖氏硬度等。

③ 摩擦与磨损。在塑料当中，氟塑料的摩擦系数最小，PA、POM、PE 等摩擦系数也比较小。在制作齿轮、轴承等塑料制品时，选用塑料品种时一定要注意此材料的摩擦系数。

塑料力学性能主要受成型条件和环境的影响，如成型压力、模具设计、温度等。成型条件不好，制品内的分子排列偏移，成型后在放置中易引起变形，成型后的急剧冷却，会造成残余应力、结晶度、结晶粒子大小等方面不同，进而引起力学性能不同；热处理虽然可除去残留应力，但会导致相应强度有所减弱。环境的影响表现在温度与湿度两方面，如 PA 体系中进入的水分子可以使材料的韧性加强，但对一般吸水率小的塑料，湿度影响不大。

（3）电性能主要性质指标

① 介电强度。介电强度是在规定的实验条件下，在连续升高的电压下电极间试样被击穿时电压与试样厚度之比，单位为 kV/mm。

② 介电常数。以某塑料为介质时的电容与以真空为介质的电容之比。

③ 介电损耗。表征该绝缘材料在交流电场下能量损耗的一个参量，是外施电压与通过试样的电流之间相交的余角正切。

④ 电阻和电阻率。在电工塑料应用时，关注的是体积电阻系数和表面电阻系数，有严格的测试条件。

⑤ 耐电弧性。耐电弧性指塑料对电弧、电火花的抵抗能力。

⑥ 电解腐蚀。电解腐蚀是指暴露在高湿度条件下运行的绝缘材料，在电场作用下而引起的与它所接触的金属零件的腐蚀。电解腐蚀的测定是将塑料试样置于两块黄铜板之间，在相对湿度 92% RH 和 40℃ 的条件下，以 100V 交流电施与两极之间，经一定时间测定电极下铜板的腐蚀量并与标准比较。

另外，塑料一般具有电绝缘性，但可以通过添加石墨、炭黑、金属粉、纤维等进行改性。

（4）光学性能主要性质指标

① 镜面光泽度。镜面光泽度指光被塑料反射时对反射光强度的量度。光泽度可以是材料所固有的，也可以是成型过程或表面网纹的结果。光泽度也受风蚀和表面腐蚀等环境因素的影响。

② 透光率与雾度。塑料的透光率和雾度决定了材料的透明程度。透光率是测定透过试样的光通量，雾度是射入透明材料中的光由于散射作用而导致的不清晰和/或闪耀的程度。与光泽度一样，透光率与雾度可以是材料本身固有的性质，也可以是成型过程或表面网纹的结果，受风蚀、表面腐蚀等环境因素的影响。

③ 黄色指数 (YI)。黄色指数指一种试样从无色透明或白色到黄色的颜色变化，黄色指数由分光光度计的读数计算而得。该指标最常用于评价一种材料在真实或模拟日照下的颜色变化。黄色指数测定试验是一较长时间段内一系列的相对测量，在测试之前，要定义试样的包装、处理和准备过程等会改变试样表面的因素，以免影响试验结果。

塑料的镜面光泽度、透光率与雾度是描述产品质量和生产工艺流程的两项重要指标。相对于其他材料，大部分塑料的透明程度都较好，如 PMMA、PC、透明 PS、透明 ABS、AS 等都是透明材料，PP、PS、PA、POM 等是半透明材料。但在使用中要注意，透明塑料一般不耐磨，易刻划痕，耐候性差，在阳光下泛黄。

(5) 热性能主要性质指标

① 热变形温度。塑料试样在一定压力及一定加温速度下弯曲到一定程度时的温度。该指标表示了材料在高温受压条件下保持外形不变能力的大小，塑料制品在使用中应低于此温度。

② 玻璃化温度。玻璃化温度指塑料由高弹态转变为玻璃态的温度，高聚物在低温下会呈现出坚硬易脆、刚度增加、柔度降低的状态，即玻璃态，一般结晶性塑料有明显的脆化温度。

③ 热降解温度，又称最高温度，指塑料产生不可逆降解的温度。塑料长时间在高温下使用，会造成分子链的断裂，导致平均分子质量下降，使塑料产生不可逆的降解。

④ 导热系数。导热系数指在稳定传热条件下，1m 厚材料的两侧表面的温差为 1K，在 1h 内，通过 1m² 面积传递的热量，单位为 W/(m·K)。塑料的导热系数很小，是优良的绝热保温材料。

⑤ 线膨胀系数。温度每变化 1℃，试样长度变化值与其原始长度值之比，单位为 C⁻¹。

塑料的主要性质指标及相关性能测试方法国家标准归纳汇总如下，分别见表 1-3、表 1-4。

表 1-3 塑料主要性质指标汇总

指标类别	具体指标	备 注
理化性质指标	密度	一般在 0.9~2.3 g/cm ³ ，决定了塑料质轻的优点
	吸水性	单位：%
	熔体指数	单位：g/10 min
	模塑成型收缩率	影响塑胶模具设计，单位：%
	化学阻抗	表征塑料的耐腐蚀性能
	渗透性	试验常用 O ₂ 和 CO ₂ 等气体
	燃烧性	多数热塑性塑料可燃，多种试验方法
	耐候性	测试塑料自然条件下的老化程度
力学性能主要性质指标	强度	包括弹性模量等四部分
	硬度	相对于金属硬度较差
	摩擦与磨损	以摩擦系数表征
		塑料力学性能主要受成型条件和环境的影响