

废旧塑料回收利用技术 创新发展研究

RESEARCH ON INNOVATION AND DEVELOPMENT OF
RECYCLING TECHNOLOGY FOR WASTE PLASTICS

刘 伟 著



科学技术文献出版社
SCIENTIFIC AND TECHNICAL DOCUMENTATION PRESS

废旧塑料回收利用技术 创新发展研究

刘 伟 著



科学技术文献出版社
SCIENTIFIC AND TECHNICAL DOCUMENTATION PRESS

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

废旧塑料回收利用技术创新发展研究 / 刘伟著. —北京: 科学技术文献出版社, 2018.9

ISBN 978-7-5189-4770-6

I. ①废… II. ①刘… III. ①塑料—废品回收—技术革新—研究 ②塑料—废物综合利用—技术革新—研究 IV. ① X783.205

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 195322 号

废旧塑料回收利用技术创新发展研究

策划编辑: 周国臻 责任编辑: 杨瑞萍 廖晓莹 责任校对: 张咧噪 责任出版: 张志平

出 版 者 科学技术文献出版社

地 址 北京市复兴路15号 邮编 100038

编 务 部 (010) 58882938, 58882087 (传真)

发 行 部 (010) 58882868, 58882870 (传真)

邮 购 部 (010) 58882873

官 方 网 址 www.stdp.com.cn

发 行 者 科学技术文献出版社发行 全国各地新华书店经销

印 刷 者 北京教图印刷有限公司

版 次 2018年9月第1版 2018年9月第1次印刷

开 本 710×1000 1/16

字 数 255千

印 张 14.25

书 号 ISBN 978-7-5189-4770-6

定 价 58.00元



版权所有 违法必究

购买本社图书, 凡字迹不清、缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换

前 言

众所周知,塑料具有成本低、耐腐蚀等优势,因而应用广泛,各种塑料制品遍及人类社会的各个领域。塑料给我们的生活带来了极大便利,为科学技术的发展做出了重大贡献。但随着塑料产量的增大及其应用性的增强,“白色污染”问题愈加严重,废旧塑料的回收利用逐渐引发了社会各界的高度关注。

废旧塑料的回收利用具有极大的经济效益和生态效益,提高废旧塑料回收利用率,是当代中国走可持续发展道路的内在要求。面对日益严重的环境污染问题和资源能源缺乏问题,我国加快探索低碳经济模式,更加关注废旧塑料的经济价值和生态价值,积极拓展废旧塑料回收技术的发展空间。然而,废旧塑料的回收利用仍然存在诸多难题,如相关法律法规不够完善,废旧塑料回收利用技术研究水平偏低,社会大众的环保意识有待强化,这都会对废旧塑料行业的发展造成阻碍。对此,要从法律规范、技术研发、观念转变、行业规范等多个方面出发,为废旧塑料的回收利用提供有利环境,规范废旧塑料产业的发展,特别是加强废旧塑料回收利用技术研发,为塑料行业的发展提供强大的技术支撑。但我们必须认识到,废旧塑料的回收利用是一项集经济效益和生态效益于一体的综合性工程,离不开社会各界的共同参与和全力支持。

本书从废旧塑料回收处理技术、再生利用技术、裂解转化利用技术、未来发展等多个层面出发,对废旧塑料回收利用进行剖析,以呈现其技术发展现状,并提出废旧塑料回收利用的新技术。经过多年的发展,人们越来越深刻地认识到废旧塑料产生的资源浪费与环境污染问题,积极完善废旧塑料回收利用的法规体系,走上了以机械回收、化学回收、能量回收为主的三大发展道路。实际上,不

同的回收利用技术都有其自身优势,也不可避免地存在一些缺陷,相关研究者需要加强科学研究,深入探索废旧塑料回收利用的新技术,为废旧塑料的科学回收与有效利用提供技术支持;同时,也要重视废旧塑料回收利用行业的规范,优化企业发展理念,关注废旧塑料内在价值的发掘,更新生产方式,为社会创造更大价值;废旧塑料回收利用也离不开相关政府部门的支持,特别是加大废旧塑料回收利用技术研发的政策、资金扶持,为新技术的开发提供强大保障。

在本书编写过程中,笔者参阅了大量研究资料,并进行模拟实验,从而展开废旧塑料回收利用技术的探索,以期为废旧塑料工业的发展提供借鉴,走节约资源、保护环境的可持续发展之路。同时,本书的撰写工作得到了河南易利安环保科技有限公司及其总经理刘海亮先生的支持,在此表示感谢!由于笔者精力与能力有限,本书难免存在不当之处,敬请广大读者、专家不吝指正。

作 者

2018年7月

目 录

第一章 废旧塑料概述	1
第一节 废旧塑料的出现	1
第二节 废旧塑料回收业的形成	10
第三节 废旧塑料回收利用现状	18
第二章 废旧塑料的回收处理技术	28
第一节 废旧塑料的鉴别技术	28
第二节 废旧塑料的分离技术	45
第三节 废旧塑料的清洗与干燥技术	58
第四节 废旧塑料的破碎与增密技术	69
第五节 废旧塑料的配料与造粒技术	79
第三章 废旧塑料的再生利用技术	95
第一节 热固性废旧塑料的再生利用技术	95
第二节 交联型废旧塑料的再生利用技术	110
第三节 高性能废旧塑料的再生利用技术	132
第四章 废旧塑料的裂解转化利用技术	158
第一节 废旧塑料裂解产油技术	158
第二节 废旧塑料裂解产蜡技术	172
第三节 废旧塑料裂解产气技术	175
第四节 废旧塑料裂解炭化技术	180

第五章 废旧塑料再生利用实例	183
第一节 废旧塑料制备燃料	183
第二节 废旧塑料制备建筑材料	189
第三节 废旧塑料焚烧过程中的热量回收	198
第六章 废旧塑料回收利用的未来展望	204
第一节 废旧塑料造成的环境污染	204
第二节 废旧塑料回收利用的技术发展	209
第三节 废旧塑料回收利用与塑料工业的可持续发展	214
参考文献	219

第一章 废旧塑料概述

第一节 废旧塑料的出现

一、废旧塑料的六大来源

从树脂合成、成型加工到消费使用的各个方面都会产生废旧塑料，来源复杂且广泛正是废旧塑料的基本特征之一。一般把合成、加工时产生的塑料废料叫作消费前塑料废料或工业生产塑料废料；而把消费使用后的塑料废弃物称为消费后塑料废料。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本身即可完成。目前人们所说的废旧塑料通常是指消费后塑料废料，此即废旧塑料回收利用的重中之重。

一是树脂生产中出现的废料。生产树脂时产生的废料主要有下述几类：①聚合过程中反应釜内壁上刮削下来的贴附料（俗称“锅巴”）及不合格反应料。②配混过程中挤出机的清机废料及不合格配混料。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。

二是成型加工过程中出现的废料。塑料成型加工中容易产生数量不等的废品和边角料。例如，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；吹塑过程中吹塑机上的截坯口，设备中的冷固料和清机废料及中空容器的飞边等（生产带把瓶子时其截坯口废料率可达40%）；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；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之中，并且对制品的性能和质量影响较小。

三是二次加工中出现的废料。二次加工通常是将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。例如，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，且回收料的价值也较高。

四是配混和再生加工过程中出现的废料。在配混和再生加工过程中出现的废料仅占有所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产出的次品，其中大部分为可回收性废旧塑料。

五是消费应用后形成的塑料废弃物。此类废旧塑料来源广，使用情况复杂，必须经过处理才能回收再用。这类废弃物包括：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报废车辆上拆卸下来的保险杠、燃油箱、蓄电池箱等；⑨渔业中的渔网、浮球等。

六是城市生活垃圾中的塑料废弃物。此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。城市生活垃圾中废旧塑料占 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。

二、塑料的发展与废旧塑料的出现

塑料的发展与应用，对社会经济和人类进步产生了巨大作用，这种作用是难以估量的，上至航天、下至人们的衣食住行都离不开塑料。特别是塑料对传统农业的改善，对交通、通信、家用电器的发展所起的促进作用是最明显的。然而，塑料在为人类社会带来便利的同时，也带来了一些危害，即它会因老化而成为废弃物。塑料的强度没有金属好，受到外部冲压会变形破碎；塑料的耐寒不及木材，

特别是聚丙烯、聚氯乙烯在-15℃时就会脆化；塑料的耐热性能不及陶瓷，特别是PE在45℃时就会变软；塑料表面带有静电，会吸附灰尘；塑料易于降解，光、热、水、酸、碱、氯、烟、溶剂都能使其分解；特别是塑料的密度低（是钢材的1/14、木材的1/8），10亿t钢材的体积与1.4亿t塑料的体积相等；塑料轻体易散，长久不降解（塑料完全降解需要200年以上），因此它的废弃物占总垃圾的20%，对环境造成了污染。

塑料是一种高分子聚合物，其制备要经过化学合成、模塑成型、定型修饰，它在加工、制造、使用中不可避免地会发生结构上的变化，使其外观与性能受损，直到完全丧失使用价值，从而变成废弃物。除此之外，国家对一些涉及人身健康的塑料（食品包装、医用塑料、餐具）限制连续使用，某些塑料制品（购物袋、包装物）因低价值而不吝丢弃也造成了塑料废弃物的形成。

美国2000年的塑料总产量为3800余万t，当年的塑料废弃物为1700余万t，约占当年产量的45%；日本的年废塑料占塑料总产量的46%；中国2005年的塑料总产量为3800万t，产生的废弃物为1710多万t，几乎占到总产量的一半，其中仅薄膜一项就高达630万t。21世纪前5年世界与国内废弃塑料量见表1-1。

表 1-1 21 世纪前 5 年世界废旧塑料量

年份	世界		国内	
	产量/万 t	废弃物/万 t	产量/万 t	废弃物/万 t
2001 年	18 100	8145	2075	844
2002 年	19 400	8630	2275	934
2003 年	20 200	9090	2500	1125
2004 年	21 200	9540	2735	1230
2005 年	23 780	10 665	3800	1710

（一）塑料废弃的内在原因

塑料废弃的内在原因主要是自身抗氧能力差。例如，PE在150℃条件下就开始出现大分子链断裂，强度低。又如，PVC、PE、PP、PS的拉伸强度仅限于6.86~62MPa；冲击强度也不高，一般局限在0.54~11.8kJ/m²；耐寒性不佳，最高不低于-100℃，耐热的连续性也不高，一般仅局限在40~150℃；易于静电吸尘，表面硬度差，易受溶剂破坏；苯、氯能被氧化性酸碱降解，因此就会产生物性变化。常用塑料的应用领域和废弃原因见表1-2。

表 1-2 常用塑料的应用领域和废弃原因

塑料名称	特性	应用领域	废弃原因
低密度聚乙烯 (LDPE)	耐腐、防潮、低湿	包装膜、电缆、丝材	易污、变形、脆化等
高密度聚乙烯 (HDPE)	耐腐、坚韧、惰性好	包装、瓶、管材	耐热差、易渗烃等
聚丙烯 (PP)	柔韧好、硬度好	编织、注塑、型材	冷脆、光氧化严重
聚氯乙烯 (PVC)	易变脆、老化、变色	包装、建筑、电线	变色、断裂
聚苯乙烯 (PS)	耐热、透明、坚硬	板材、包装、电器壳	脆而易碎变形
ABS	抗冲击性好、耐蠕变	电器、家电、仪表体	易光降解、变色
聚酯 (PET)	高抗冲击性、耐疲劳好	饮料瓶、包装、磁带	不耐沸水、卫生要求高
聚酰胺 (PA)	耐磨、高强度	包装、渔网、汽车、管材	易水解失去用途
聚碳酸酯 (PC)	耐热、高抗冲击性、透明	桶、光盘、医疗用品	易划痕发脆
聚氨酯 (PU)	高弹性、绝热、隔音	坐垫、建材、革类	外力冲击破坏
聚苯硫醚 (PPS)	高刚性、耐热性好	机械、机电产品	氧化变脆废弃
聚甲醛 (POM)	刚性好、硬度好、自润滑	垫圈、拉链、通信	易老化而废弃
酚醛 (PF)	耐热、耐酸、绝缘	灯头、开关、手柄	破坏性废弃
氨基树脂 (AF)	坚硬、抗划痕	电器元件、工业板	破坏性废弃

多数塑料都有其自身的优点和缺点，它们的抗外力破坏均低于其他工业材料，还各自有一些突出的缺点。例如，PVC 不抗光氧化、ABS 也不抗光降能、PE 不耐热、LDPE 强度差、PP 不耐寒、PA 不耐水、PET 不耐沸水、PS 脆性大。这就意味着在外力作用超过抗御值后，塑料就要变成废弃物。

第一，塑料制品在自然环境及介质中的变化见表 1-3。

表 1-3 塑料制品在自然环境及介质中的变化

塑料名称	抗光	抗氧化	抗溴氧	抗水	耐酸	耐碱	耐热	耐寒
聚乙烯 (PE)	差	可	优	优	差	可	差	优
聚丙烯 (PP)	差	差	优	优	差	可	可	差
聚苯烯 (PS)	差	可	优	优	可	可	可	差
聚氯乙烯 (PVC)	差	差	可	可	可	差	差	差

续表

塑料名称	抗光	抗氧化	抗溴氧	抗水	耐酸	耐碱	耐热	耐寒
聚碳酸酯 (PC)	可	可	优	可	差	可	可	差
聚酰胺 (PA)	可	可	优	差	差	可	可	可
聚酯 (PET)	可	可	优	可	可	差	可	可
乙丙橡胶	差	可	优	优	可	可	可	可
ABS	差	差	可	可	差	差	可	可

抗光指光照射 100 h, 氧化是指在常规空气中, 抗溴氧是指在介质中, 抗水指各种水解, 耐酸、碱指在溶液体中, 耐热指邻界温度 70 ℃ 以上, 耐寒指 -15 ℃ 以下。表 1-3 表明了各类塑料废弃的外部影响因素。

第二, 塑料制品受到外力强冲击后也会废弃。表 1-4 表明了部分塑料的悬臂梁冲击强度。

表 1-4 部分塑料的悬臂梁冲击强度

塑料名称	冲击强度/ (J/m)	塑料名称	冲击强度/ (J/m)
PS	16.0	F ₄	113
PP	19.8	HDPE	130
PA ₁₀₁₀	51	PA-6	146
PSF	61	ABS	183
POM	68	PC	422
PA66	90	LDPE	534

当外力冲击大于它的冲击强度值后就会受到破坏而废弃。

第三, 塑料制品有一定的压缩强度, 当外压大于自身指标时也会废弃, 表 1-5 表明了部分塑料的热变形温度和压缩比。

表 1-5 部分塑料产品的热变形温度和压缩比

塑料名称	热变形温度/℃	压缩比	洛氏硬度	塑料名称	热变形温度/℃	压缩比	洛氏硬度
PE	50~100	—	46	ABS	103	0.7~0.9	108
PP	80~115	0.4~0.6	78	PA	180~210	4~5	120~210
PS	105	0.5~0.9	70	PC	139	0.6~0.8	R75
PVC	40~80	—	0~40	PET	59	2~4	R118

该数据表明了它们的热破坏点、变形破坏点, 一般负载大于此值就会废弃。

第四, 塑料的吸尘。塑料回收物表面上积附着一层粉尘, 这表明塑料有吸尘

性，而造成吸尘的就是静电。静电的实际结构是长链的单烃，它对灰尘有吸附性。其中亲水基用于吸附（接纳），亲油基负责运送（向内传递），这样就形成了尘浸，结果造成塑料变色、变光、含杂。塑料吸尘与结构有关，含烃、含酯的塑料产品易于吸尘（LPVC、PE、PU、PP、ABS），高极性塑料（PC、PET、PPO、PA）不易吸尘。

塑料的抗溶剂性见表 1-6。

表 1-6 部分塑料的抗溶剂性

塑料名称	抗油性	抗溶剂性	塑料名称	抗油性	抗溶剂性
PE	差	25℃可	PVC	优	可
PP	优	抗酮差	PC	可	抗酸碱差
PS	优	抗苯差	PET	可	抗醇差
ABS	可	差	PA	可	抗氯差

表 1-6 说明了这些塑料一旦接触到某些溶剂就会废弃，如 PS 遇到苯、二甲苯及此类化合物就会分解。

（二）塑料废弃的外在原因

我们知道聚合物的生产包括原料合成、加工成型、定型修饰，其间由于材料、工艺、操作诸方面因素就会产生废弃物。来自这些过程中的废弃物都是半成品，因此称其为废塑料。

1. 合成生产工序中产生塑料废弃物

塑料作为高分子聚合物是由单体经过加聚、缩聚、均聚、挤出造粒等工艺、反应、混炼而制得的，在这一过程中就会出现废料。合成生产中出现的废塑料主要有以下几种：①更换牌号时出现的废料。单体聚合物反应通常是在反应釜中连续进行的，更换树脂牌号时，前后 2 种牌号混在一起，这种不稳定的组合物就是废料，也叫作过渡料。②低分子量树脂与硫化过度废料。在树脂合成中，配方设计是按一定参数计算的（平均相对分子质量及其分布、结晶度、有规立构物含量），但是在反应中总会出现部分低相对分子质量产物，如无规聚丙烯就是这类产品，由于其无法加工，所以被称为废料。在树脂生产中，催化剂、引发剂、反应温度、溶合时间都很关键，但是一旦外购材料不合格、操作规程有失误，就会造成不合格产品，过度反应、超温都会产生废料。③操作与配混、混炼中的废料。在操作中产生的溶剂带出物（水涝料）、运送中间的落地物（落地料）、混炼中的

机头块（机头料）、试验料（未定型、化验料）也是废料。

近年来出于成本核算，树脂厂都将这些料以产品向市场供应，因此它是原料形废料。

2. 成型加工过程中出现塑料废料

混炼挤出、模塑成型、定型修饰是塑料成型中的主要工艺。在这一过程中，溢流体、次品、飞边、裁切边角都是常见的废料。实际上，在成型过程中废料几乎是不可避免的。这类废料一般都由加工商直接利用，但也有许多废料无法直接利用。

①热固性塑料边角料。酚醛、氨基、环氧、不饱和聚酯、液晶等塑料的边角，因无法逆塑而成为废料。

②交联、发泡共挤、层合、印字类废料。交联料（包括化学、物理交联产品）主要指发泡板、管材，它们的边角因无逆塑性而成为废料。泡沫料又因无法压实也变成废料。还有层合物、印字物也会由于产品问题变成废料。

③安装部门出现的废料。随着建筑装修业的发展，塑料的配套安装越来越多。塑料在配套应用中要经过定尺、刨磨，因此下脚料也越来越多。2005年，因此而产生的废弃塑料几乎占到建筑用塑料的5%。目前这些废料主要来自建筑、水利、门窗加工部门。

除此之外，分装中的落地料、换代产品、变质产品也会产生一定量的废弃塑料。

成型中的废弃塑料一般可占到总产量的15%。其中，注塑、拉丝、中空、浇铸过程中的废料可达到20%，二次加工中的废料约为5%。1979年国内回收利用的总量为9万t，目前可供回收的不足5%。

3. 消费应用后产生废塑料

塑料产品主要是投入应用。经过流通、应用而使其丧失使用价值的废料称为废旧塑料。由于它发生的面宽（积压类品种都有）、量大，年废弃量占总消费量的40%以上。因此，它是废旧塑料中最大的一类，也是废旧塑料回收利用研究的重点。

4. 废旧塑料从用途上划分

①农用中产生的废旧塑料。用于农田的塑料主要是薄膜与水管，其主要品种是PE、PVC，还有近年来出现的“反光膜”OPP。农用塑料是国内塑料应用的主要市场，发展极为迅速，已从1999年的110万t增长到2005年的520万t，其中

农膜占总量的 65%。农用塑料年消费量占塑料总消费量的 20%。农用塑料应用的环境是室外,因此光氧化与外力破坏较严重;一般农用塑料移动性大,所以损坏率高;特别是农地膜,它们的使用寿命几乎伴随农作物循环,仅为半年,因此产生了大量的废旧塑料。其废弃量占年消费量的 70%。

②包装中产生的废旧塑料。用于包装的塑料面广而量大,其中 PE、PVC、PP、PS、PET、PC、PA 都在包装行业中占有主要市场。编织袋国内年产量约占塑料总产量的 22%,已从 1999 年的 360 余万 t 增加到 2005 年的 570 余万 t。聚酯瓶也达到 10 万 t 左右。

包装物有一次性使用的特点(食品、面粉、饮料、奶制品、快餐的包装,矿粉包装,果菜包装,商务包装,医用包装等);也有破损率高的特点(装载、搬运、氧化、污染、破裂等)。特别是编织袋、网袋、食品、医用、农产品、饮料瓶这几种包装物,基本上是一次性使用后即废弃。其年废弃量约占总产量的 70%。

③家电与电子应用中产生的废旧塑料。家电包括电视机、洗衣机、电冰箱、音响等,它们虽然使用寿命长(约 10 年),但每年也产生 20% 的废旧塑料。电子产品包括复印机、电话机、计算机、学习机,它们与日用塑料合在一起也产生一个很大的废弃量。国内年用于工业(电子、电器、通信、交通)、日用的塑料,约占塑料总产量的 40%。特别是日用塑料 2005 年的产量已占到塑料总产量的 20%。

上述塑料使用寿命长,生产中的废料已被利用,因此形成的市场废旧塑料较少,约占总产量的 25%。

④建筑装修行业中的废旧塑料。建筑用的塑料主要是管道、门窗、板材,2005 年用量占塑料总产量的 16%,约 400 万 t。用于建筑的塑料原料主要是下脚料。废料循环一般为 15 年,因此废旧量仅为 7% 左右。

5. 废旧塑料从结构上划分

塑料有结构上的不同。塑料废旧与结构有着密切的关系,一般而言,强度越低、性能越差,废旧率就越高。

①通用塑料。通用塑料包括 PVC、PE、PP、PS 4 种。它们的拉伸强度仅限于 6.86~62.03 MPa,热变形温度低,仅限于 40~96 ℃;压缩强度仅限于 22~110 MPa;低温脆化点仅为 -1~50 ℃;且多数不抗还原剂、氧化剂,易受光氧化。通用塑料的这些自身结构与使用环境的偏差使其成为最易废弃的一类品种。通用塑料的废弃料可占塑料总废弃物的 70%。

②通用工程塑料。通用工程塑料包括 PA、PC、PET、ABS、POM、PBT、

PPO 7 种, 其中常见的只有 PA、ABS、PET、PC 4 种。与通用塑料比, 它们的物理性能较好, 其中拉伸强度约为 31 ~ 90 MPa; 热变形温度也高, 约在 100 ~ 150 ℃。但是它们对强氧化剂敏感, 同时易接触溶剂, 虽然自身结构好, 但应用环境也易造成损坏。例如, PA 会因水解废弃, PET 会因沸水废弃, PC 与 ABS 耐候性差, 因此它们主要是由力学变化导致废旧。

通用工程塑料产量非常小, 仅占塑料总产量的 3%。2003 年世界总产量仅为 600 万 t, 我国占有率不到 20%, 其废旧量仅占总废弃量的 15%。

③热固性塑料。热固性塑料不仅包括 PF、AF、UP、EP, 还包括交联型塑料 (PEX、PPX、PVCX、PUX)。热固性塑料主要用于电子、化工、机械、汽车; 进入 21 世纪后, 发展很快, 2003 年的世界消费量为 3200 万 t, 国内的消费量为 420 多万 t, 其中汽车应用就占到 32 万 t。它产生循环形类废弃物, 年废弃量 (废料和维修) 约占产量的 20%。

④高性能塑料。高性能塑料包括聚氟、硫醚、聚酰亚胺、聚砜塑料等。它们与通用工程塑料相比, 强度高、耐热性好, 热变形温度可达 150 ℃ 以上, 主要用于机械方面; 但价格高, 用量小。2003 年世界总产量仅为 25 万 t, 因此也出现不了过多的废旧物。

6. 从应用性上产生的废塑料

理论上认为塑料的废弃是失去再使用价值后成为废旧物, 但从实际废弃原因上看并不是都失去了使用价值。例如, 饮料瓶、编织袋、医用塑料、化工包装、购物袋的废弃就不是因为失去了使用价值而遭到废弃。

塑料废弃物是多渠道形成的: ①由于污染而致废的塑料。农副产品用塑料, 特别是瓜果、蔬菜、餐具用塑料, 会因污染而变成废旧塑料, 这类塑料的废弃率也是百分之百。②由卫生、法令规定的废旧塑料。医用塑料、食品包装、饮料瓶、农药、种子包装塑料属于禁止继续使用的塑料, 这类塑料几乎占原产品产量的 90%。③由于失去使用价值而废弃的塑料。塑料在应用中, 因外力作用发生变形、变色、损坏, 因而失去继续使用的价值。例如, 农用管材漏水, 包装物发生变形, 电器、绝缘产品漏电, 机械配件破损后就无法应用。它是塑料废旧物出现量最大的一个来源。

(三) 塑料废弃物聚集物大量出现

塑料从生产到应用要经历化学合成、物理制备、承受外力 3 次过程。在这些过程中, 光、热、氧化与外力都可能使它们产生一定的废旧物。这些废旧物或因

结构的影响、利用的难度、经济上的不可行,被丢弃于社会各个角落,因而出现了大量的聚集物。其重量虽然不大,但分散面却占总垃圾的48%。这样就使环境受到了影响。

总体上看,废塑料总量中有5%来自合成之中,有15%来自成型加工,有80%来自使用之时。其总量占总产量近半。

第二节 废旧塑料回收业的形成

废旧塑料的大量出现,不仅耗费了能源,还影响了人类的生存环境,同时也加剧了有限资源的消耗。为了保护环境和利用有限资源,从20世纪70年代到90年代,塑料废弃物的回收和利用就被列入“资源再循环”工程之中,成为世界关注的一项工程。

一、废旧塑料的回收治理

废塑料含15%的加工废料和85%的废旧塑料,它们一般为塑料年产量的40%~50%,2000年废塑料的世界总量大约为7650万t,占塑料总产量的45%。^①

塑料的废弃与自身结构有关,因此它的周期性废弃是不可避免的。虽然塑料在各个生产阶段都可能出现废弃,但只有废旧塑料才对环境和资源构成威胁,因而目前的研究重点是废旧塑料。

(一) 废旧塑料的回收

塑料工业在20世纪70年代以前,由于还处在新品种开发和工艺完善阶段,因此产量不大,应用市场也小。到1979年,人均年消费占有量还达不到5kg,所以虽然也产生了塑料废弃物,但并未引起环境污染。然而一些发达国家,如美国和日本及欧洲地区已意识到了塑料生产中存在的废弃物出路问题,于是倡导性地提出了废旧塑料的治理问题。

进入20世纪80年代,塑料基料的开发已基本定型,合金塑料进入兴盛时期,塑料产量也因市场扩大而连年以12%的速度增长,于1988年世界塑料总产量就突破了亿万t大关,人均占有量接近10kg,而塑料也从通用市场进入工程领域,废塑料也增加到5000万t左右。

^① 孟继宗. 塑料回收高效利用新技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2013: 14.