

15.48

塑料的回收 与再生

SULIAODE
HUI SHOU YU
ZAI SHENG

董明光 编

轻工业出版社

塑料的回收与再生

董明光 编

轻工业出版社

内 容 提 要

本书介绍了废旧塑料的回收、利用及再生加工等方面的基本知识,内容包括废旧塑料的来源与利用方式,以及再生塑料生产工艺的主要环节:分类、鉴别、分选、清洗、粉碎、配料、造粒和成型等。对于使用设备的型号、规格也作了介绍。

本书可供塑料行业从事废旧塑料回收利用的技术人员和工人阅读、参考。

塑料的回收与再生

董明光 编

*

轻工业出版社出版

(北京阜成路3号)

八九九二〇部队印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

787×1092毫米 1/32印张, 228/32字数, 58千字

1984年12月 第一版第一次印刷

印数: 17000 定价: 0.63元

统一书号: 15042·1943

前 言

随着塑料工业的迅速发展、废旧塑料的数量也不断增加。废旧塑料的回收利用不仅可以使废物得到充分利用，增加国家财富，而且也有利于防止污染，改善环境卫生，因此受到了世界各国的普遍重视。为了普及废旧塑料回收利用的基本知识，我们编写了本书。

书中对回收废旧塑料所需的专用设备、加工工艺作了较详细的叙述。

本书在编写过程中参考了上海塑料制品十一厂、上海解放塑料厂、泉州塑料厂等单位提供的有关技术资料，并承龙文宝同志审阅，特在此一并致谢。

由于我们水平有限和经验不足，书中错误和不当之处在所难免，请读者批评指正。

目 录

概 述	(1)
第一章 废旧塑料的来源及利用方式	(4)
第一节 废旧塑料的来源	(4)
第二节 废旧塑料的回收利用方式	(5)
第二章 废旧塑料的分类、鉴别与分选	(8)
第一节 分类	(8)
第二节 鉴别	(12)
第三节 分选	(14)
第三章 清洗与粉碎	(19)
第一节 清洗	(19)
第二节 粉碎	(20)
第四章 配料与造粒	(33)
第一节 概述	(33)
第二节 配料原则及计算	(33)
第三节 主要助剂	(36)
第四节 造粒	(40)
第五章 废旧塑料的成型加工	(48)
第一节 挤塑成型	(48)
第二节 注塑成型	(56)
第三节 压延成型	(61)
第四节 中空成型	(65)

第五节 模压发泡成型.....	(66)
第六章 再生塑料制填充材料.....	(69)
第一节 概述.....	(69)
第二节 再生钙塑材料.....	(70)
第三节 再生赤泥塑料.....	(75)
第七章 再生塑料制品的性能与应用.....	(78)

概 述

塑料是一种以高分子量合成树脂为主要成分，在一定的条件（如温度、压力等）下可塑制成具有一定形状且在常温下能保持形状不变的材料。合成树脂是一种高分子化合物。这些化合物的分子量一般在一万以上，有的高达数百万。高分子化合物按结构可分成线形、体形两种类型。线型高分子化合物是由许多单体分子联成卷曲状主链，有时还带有支链的大分子；而体型则是高分子链之间通过支链联结成一个三维空间的网形大分子。按性质分塑料有两大类：热塑性塑料和热固性塑料。热塑性塑料是线形高分子化合物，例如聚乙烯、聚氯乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、尼龙等。若把固态线形高分子化合物加热，它将逐渐变软直至熔融；冷却后则变硬成为固体。这个过程可以反复多次。目前废旧塑料的再生利用绝大多数是热塑性塑料，就是因为它的物理状态的变化可随温度的变化而多次反复。热固性塑料如酚醛塑料、脲醛塑料、环氧树脂等，在受热时，可塑制成一定形状，但再加热时不会熔融，只会分解；因为它们在加热塑造时分子间发生了化学交联反应，形成了不溶和不熔的网状体形结构，所以热固性塑料只能一次成型，其再生利用比较困难。

塑料在使用过程中，由于受到外界的热、光、电、机械、化学、微生物等方面的作用，高分子链逐渐发生断裂，或化学结构及侧链基团发生变化，因而其物理性能也随着改变，制品质量逐渐降低，这种现象就是我们常说的老化现象。

塑料品种繁多，性能各异，但通常都具有重量轻、耐化学腐蚀、比强度高、电气绝缘性能优异，易于加工成型等特点。因此，塑料被广泛应用于农业、工业、国防、医疗卫生、日用等各个方面，成为国民经济各部门不可缺少的材料。

塑料工业发展的速度很快，远远超过其它工业。但随着塑料产量的增长，废旧塑料的数量也随着增加。废旧塑料是塑料在合成、成型加工、使用过程中由于工艺条件不当、老化、降解等各种原因而造成的。一些塑料工业发展较早、产量较大的资本主义国家，废旧塑料的数量早已达到数百万吨以上，成为一个严重的公害问题。因此，废旧塑料的再生利用已受到了普遍重视。我国从六十年代起就开展了废旧塑料的再生利用工作，迄今已取得了不少成绩。

废旧塑料的再生利用是一项极为重要的工作。它具有巨大的政治意义和经济意义，主要有以下几点：

1. 节省大量的石油资源

现代塑料工业大部分是建立在石油化学工业的基础上，从石油裂解可得到乙烯、丙烯、乙炔、苯、甲苯等。由乙烯可制得聚乙烯；从丙烯可得到聚丙烯；丙烯与氰化氢又可制得聚甲基丙烯酸甲酯；从乙烯与苯又可制得聚苯乙烯。制造塑料需耗用大量石油。我国虽有丰富的石油资源，但也必须充分有效地利用它。废旧塑料的再生利用就是有效地节省石油资源的一个重要途径。

2. 改善环境卫生

废旧塑料被抛弃在城市垃圾堆里，严重地妨碍环境卫生；若进行掩埋处理，要占去大量土地，影响地力；烧毁处理，则由于其燃烧值大，会损伤炉体，且聚氯乙烯一类塑料会产

生氯化氢等有毒气体，造成公害。废旧塑料的再生利用可避免上述弊病，增加国家财富，而且有助于改善环境卫生。

3. 代替新料、充分挖掘原料潜力

废旧塑料的再生利用可以代替一部分新料，为国家节约大量树脂、增塑剂、各种助剂以及木材、金属等。

我国是一个发展中国家。为了在本世纪末把我国建成四个现代化的强国，我们必须充分合理地利用一切资源。废旧塑料的再生利用也是一个重要方面。

第一章 废旧塑料的来源及利用方式

第一节 废旧塑料的来源

在树脂生产、塑料成型加工以及使用过程中均会产生废旧塑料。绝大多数废旧塑料产生于使用过程中，而包装材料及农用薄膜则是废旧塑料最大的来源。

一、生产树脂时产生的废料

在树脂生产过程中产生的废物有聚合中产生的副产品（如无规聚丙烯）；不合格产品；反应釜中形成的附壁料（或称锅巴）；在成品包装、输送中发生的落地垃圾料等。但一般说，这些形式的废料不太多，而无规聚丙烯之类副产品也可直接应用于某些方面。

二、成型加工时产生的废料

在塑料的各种成型加工过程中（如压延成型、挤塑成型、注塑成型、中空成型等）均会产生废品及边角料，如注塑成型产生的废料有浇口、流道、飞边；压延成型与热成型产生的切边边料；中空成型时产生的飞边；机械加工时产生的切屑等。上述这些废旧塑料多半按树脂品种产生，故容易收集、区别，而且污染也少，便于处理。

成型加工过程中产生的废料的数量随成型加工条件的不同而不同，而且随着成型加工技术与设备的改进，废料的数量也会逐步减少，例如改进注塑模具设计，采用无飞边模具，热流道模具等就可以大大减少流道冷料等造成的废料；在中空成型时，通过型坯控制装置自动控制型坯的形状，也能

减少飞边的产生。在成型加工过程中产生的废料，大都由本厂加以回收利用。

三、在使用中产生的废料

不同的塑料制品其使用寿命不同，而相同的塑料制品在不同的使用条件下，其使用期限又各不相同。使用过程中产生的废旧塑料是废旧塑料的主要来源。

使用过程中产生的废旧塑料有农业、渔业上的农用薄膜、渔网及绳索；工业上的重包装薄膜、编织袋、板材、防震材料；日常生活中的鞋类、日用制品、包装材料等等。这一类废旧塑料一般由物资回收部门收购，集中后送交工厂进行再生利用。

第二节 废旧塑料的回收利用方式

废旧塑料的利用方式很多。随着技术的进步，不仅热塑性塑料可以加以利用，热固性塑料也能加以利用。废旧塑料的利用方式大致有以下几种：1. 熔融再生利用，2. 热分解回收油、气的利用，3. 燃烧热利用，4. 回收化工原料的利用。

一、熔融再生利用

熔融再生利用方式就是将废旧塑料重新塑化加以利用。熔融再生利用又可分为两类，一类称为单纯再生，主要指树脂厂、加工厂的边角残料和清洁的废塑料的再生利用；另一类称为复合再生，主要指使用过的混杂在一起的各种塑料制品的回收利用。前者是将相同种类的塑料进行处理，通过分选、洗净、粉碎、熔融塑化成型、冷却固化而得到再生制品；后者是将不同种类的废旧塑料及混杂在一起的砂、锯末等混合物经粉碎、熔融塑化成型而得到再生制品。单纯再生塑料

制得的制品性能较好，可用于制造农用薄膜、包装薄膜及各种日用制品。复合再生塑料则由于各种塑料混入的比率不同及相容性各异而造成制品质量不稳定，性能较差。一般多用作土木建筑材料如桩子、牧栅、栏干、枕木等。

二、热分解回收油、气的利用

热分解回收油、气利用是将废旧塑料经挑选后加热分解成燃料油、燃料气作为能源使用。所采用的方式有：熔融槽式（用于聚乙烯、无规聚丙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚氯乙烯等废旧料）、微波式（用于聚乙烯、无规聚丙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚氯乙烯等废旧料）、螺杆式（用于聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、有机玻璃）、管蒸发器式（用于聚苯乙烯、有机玻璃）、沸腾床式（用于无规聚丙烯、交联聚乙烯、聚丙烯、有机玻璃、聚苯乙烯、聚氯乙烯等废旧料）、催化分解式（用于聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚氯乙烯等废旧料）。上述各种方式，有些国家曾进行了许多试验，也设计了多种专用装置，但尚未实现大规模的工业化生产。

三、燃烧热利用

塑料燃烧时都能释放出大量热量，如聚乙烯和聚苯乙烯都有很高的热值，每公斤达46000焦耳，接近于燃料油的热值，而高于一般油脂的平均热值（37700焦耳/公斤），聚氯乙烯的热值约为18800焦耳/公斤，约等于纤维制品的热值。燃烧热利用方式就是利用废旧塑料燃烧时所产生的热量，一般都使用专门设计的燃烧炉。最近，国外将燃烧热利用结合城市垃圾处理技术进行研究。

四、回收化工原料的利用

塑料通过裂解等途径可以回收各种化工原料，如将废旧

有机玻璃裂解产物精馏，回收甲基丙烯酸甲酯单体后，再行聚合生产有机玻璃。聚氨酯泡沫塑料可回收多元醇。据国外报道，废旧聚乙烯在 740℃ 时裂解可生成 25% 的乙烯、16% 的甲烷、12% 的苯以及 10% 的丙烯。聚酯树脂通过醇解法可以生成对苯二甲酸及乙二醇。

五、粉碎后再利用

废旧泡沫塑料可以粉碎成不同直径的颗粒后加以利用，如将废聚苯乙烯泡沫塑料粉碎成 6 毫米左右的粒子同土壤混合，能改善土壤的保水性、通气性、排水性；若粉碎成 10 毫米以下的粒子则可作为填料同水泥等混合制造轻质混凝土；泡沫塑料粉碎后，可作为缝制儿童玩具的填料，也可加入粘结剂压制成衬垫材料。

第二章 废旧塑料的分类、鉴别与分选

第一节 分 类

目前回收利用的主要废旧塑料数量最多的是聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯等热塑性塑料。

一、聚氯乙烯

聚氯乙烯由氯乙烯单体聚合而成，其分子结构为 $\text{—CH—CH}_2\text{—}$ ，
 $\begin{array}{c} \text{Cl} \\ | \\ \text{—CH—} \end{array}$ 。聚氯乙烯塑料的优点是化学稳定性好、电性能优良、耐油、不易燃烧、机械强度较好、易于着色，可以制成透明或半透明的制品。由于添加助剂的种类和用量不同，可以制得软质或硬质聚氯乙烯制品。硬质聚氯乙烯的拉伸强度、弯曲强度、冲击韧性等均较软质高，但断裂伸长率较软质低。

软质聚氯乙烯制品有农用薄膜、包装薄膜、人造革、拖鞋、凉鞋、电缆电线包皮、软管、日用制品、玩具等。硬质聚氯乙烯制品有硬板、管材管件、异型材、焊条、离心机及通风机部件、中空容器等。聚氯乙烯制品广泛应用于建筑、电器、化工、交通、轻工、医疗、日常生活等各部门。据初步统计，聚氯乙烯制品超过 4000 多种，而且随着社会主义建设的发展，聚氯乙烯塑料的新制品还在不断出现。

聚氯乙烯是我国目前应用数量最多的塑料之一。聚氯乙烯废料中数量最多的是农用薄膜、包装薄膜和鞋类。

二、聚乙烯

聚乙烯与聚丙烯、聚异丁烯等都属于聚烯烃塑料。这类塑料的原料是石油化工生产中得到的烯烃，原料来源丰富、价格低廉、生产发展速度很快，目前已成为我国产量较多的塑料品种之一。

聚乙烯的分子结构式为 $[-CH_2-CH_2-]_n$ 。它可分为三大类，即低密度聚乙烯、高密度聚乙烯和线性低密度聚乙烯。低密度聚乙烯密度在0.91~0.92之间，分子中含有较多的短支链，分子量、密度、结晶度均低，质地柔韧，宜于制造薄膜。高密度聚乙烯密度在0.94~0.965之间，分子中含有的短支链较少，分子量、密度、结晶度均较高，因此质地坚硬。线性低密度聚乙烯的密度与低密度聚乙烯相等，但结构上与高密度聚乙烯基本上相似，性能上兼具高密度聚乙烯和低密度聚乙烯的优点，被称为第三代聚乙烯。

聚乙烯具有化学稳定性好、渗湿性低、吸水性小、比重小、电性能优异和耐辐射性好等优点。其缺点是机械强度不高，热变形温度低。

聚乙烯运用于注塑、挤塑、中空吹塑等成型工艺。它广泛地应用于电气工业、化学工业、包装、机器制造、农业、医疗卫生等各方面。其制品有农用薄膜、包装薄膜、管材、水底电缆包皮、电话、电讯、电视、电线绝缘材料，中空制品（如热水瓶壳、暖壶、塑料瓶、桶等）、单丝、扁丝等。

聚乙烯的用量在不断增加，因此，它的废旧料也将随之增加。目前，聚乙烯废料主要来自包装薄膜，另外，重包装薄膜、农用薄膜、中空容器等废旧聚乙烯塑料也在迅速增长。

三、聚丙烯

聚丙烯是六十年代发展起来的，历史虽短，但发展速度极快，目前它已成为世界上主要的塑料品种之一。聚丙烯是由丙烯聚合而成，其分子结构式为 $\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} \right]_n$ ，它的主要

优点是比重小，约为 $0.90 \sim 0.91$ ，仅次于比重为 0.83 的聚4-甲基戊烯-1，是最轻的塑料之一。它的机械性能如拉伸强度、硬度和弹性模量均优于高密度聚乙烯，并有突出的刚性。聚丙烯耐热性好，可在 100°C 以上的条件下使用，化学稳定性好，几乎不吸水，电性能优良，容易成型。缺点是收缩率较大，低温时呈脆性。

聚丙烯适应于注塑、挤塑、中空成型等工艺，目前广泛地应用于机械工业，化工、包装、食品、医疗卫生等方面。其制品有包装薄膜、编织袋、各种机械零件、化工容器、管材、水产养殖用单丝、绳索、医疗器械、无线电、电视机零件、板材等。

目前聚丙烯塑料的应用范围越来越广泛，新的制品不断出现，预计今后聚丙烯的废料数量将迅速增长。目前，聚丙烯废料的主要来源是包装薄膜、编织袋等。

四、聚苯乙烯

聚苯乙烯由苯乙烯聚合而成。其分子结构式为 $\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}} \right]_n$ ，聚苯乙烯具有机械强度较高、化学稳定性好、电气



性能优良、透光性好、着色性佳、易于成型、耐水性特别优良等特性。缺点是耐热性低、性较脆、一般用于制造低负荷

和使用温度不高的制品。

聚苯乙烯适用于注塑、挤塑、压塑、中空成型等工艺。聚苯乙烯也是应用范围较广的热塑性塑料之一，其制品有泡沫塑料、日用器皿、仪表外壳、灯罩、光学仪器零件、透镜及薄膜等。

聚苯乙烯废料主要来自用作缓冲包装材料的泡沫塑料。因为缓冲材料往往是一次性使用的，所以回收废料的数量较大。

五、聚酰胺（尼龙）

凡主链上含有许多重复的酰胺基团的高分子化合物统称为聚酰胺，俗称尼龙。尼龙的主要品种有尼龙6、尼龙66、尼龙610、尼龙1010、尼龙11、尼龙12等。

尼龙具有高的冲击强度，突出的耐磨性，综合机械性能良好，因此广泛用作塑料制品。尼龙的缺点是吸湿性高，尺寸稳定性差。

尼龙适应于注塑、挤塑、中空吹塑、浇铸成型等工艺，用于制造耐磨的轴承、齿轮、轴套、电动工具、电器设备零件以及船舶的螺旋桨等。其废料有尼龙纤维下脚料以及塑料成型时的回料等。

六、聚甲基丙烯酸甲酯（有机玻璃）

聚甲基丙烯酸甲酯是含有碳-碳主链骨架，并带有很长的支链的线型无定形聚合物，俗称有机玻璃。它的特点是具有极优良的光学性能，高的透光率（90~92%），耐候性、着色性和耐电弧性良好，其缺点是硬度低、耐热性、耐磨性差。

聚甲基丙烯酸甲酯常用浇铸成型，也可制成压缩粉，进行压制或用注塑成型生产制品。有机玻璃可进行切削、钻