

塑料改性与配方丛书

废旧塑料 回收利用技术 与配方实例

轻松选择原料，最佳配方设计

包含5大类废旧塑料

详解15种塑料再生利用配方

介绍80余种回收实例

赵明
◎ 编著



印刷工业出版社

废旧塑料 回收利用技术 与配方实例

赵
明◎编著

内容提要

本书内容主要由两部分构成：第一部分综述了废旧塑料回收利用的基本知识，包括再生方法、鉴别方法以及加工设备；第二部分从实用性出发，列举了主要废旧塑料品种回收利用的配方和实例，包括工艺及产品性能。

本书的特点在于，不是简单地罗列出配方，而是提供了较为详细的工艺，同时给出了不同的实例及产品的基本性能，使得读者能够对比参考。本书可供大专院校师生、科研单位及生产企业的工程技术人员，以及有志于从事再生回收行业的人员借鉴、参考和应用。

图书在版编目(CIP)数据

废旧塑料回收利用技术与配方实例/赵明编著. —北京:印刷工业出版社, 2014.6
(塑料改性与配方丛书)

ISBN 978-7-5142-0834-4

I. 废… II. 赵… III. ①塑料垃圾—废品回收②塑料垃圾—废物综合利用 IV. X783.25

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第100609号

废旧塑料回收利用技术与配方实例

编 著: 赵 明

策划编辑: 张 琪

责任编辑: 张宇华

责任校对: 郭 平

责任印制: 杨 松

责任设计: 张 羽

出版发行: 印刷工业出版社(北京市翠微路2号 邮编: 100036)

网 址: www.keyin.cn www.pprint.cn

网 店: [//pprint.taobao.com](http://pprint.taobao.com)

经 销: 各地新华书店

印 刷: 河北省高碑店市鑫宏源印刷包装有限公司

开 本: 880mm × 1230mm 1/32

字 数: 250千字

印 张: 10

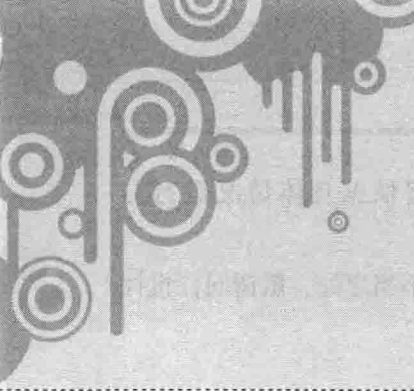
印 数: 1~2500

印 次: 2014年6月第1版 2014年6月第1次印刷

定 价: 42.00元

I S B N: 978-7-5142-0834-4

如发现印装质量问题请与我社发行部联系 发行部电话: 010-88275811



PREFACE 前言

中国是世界上塑料生产和消费的大国，随着资源的紧缺和环境保护的迫切要求，废旧塑料的再生利用日益得到重视。废旧塑料的再生利用为相关企业提供了广阔的市场和资源。如何能够再生利用好废旧塑料，在日趋竞争激烈的塑料加工行业中，选择合适的再生利用方法，降低生产成本，提高经济效益，是废旧塑料加工企业面临的重要问题。有鉴于此，结合多年实际工作经验，并参考了相关资料，作者编写了这本《废旧塑料利用技术与配方实例》。

本书内容主要由两部分构成。第一部分综述了废旧塑料的回收利用基本知识，包括再生方法、鉴别方法以及加工设备。第二部分从实用性出发，列举了主要废旧塑料品种回收利用的配方和实例，包括工艺及产品性能。

本书的特点在于，不是简单地罗列出配方，而是提供了较为详细的工艺，同时给出了不同的实例及产品的基本性能，使得读者能够对比参考。考虑到生产的实用性，所选择的大多数配方生产方法较为简便，利于实施。配方具有实用性和复制性。可供大专院校师生、科研单位及生产企业的工程技术人员，以及有志于从事再生回收行业的人员借鉴、参考和应用。需要指出的是废旧塑料的情况比较复杂，加工企业的设备存在差异，书中所列的配方仅供参考。

借鉴。在塑料品种再生生产中，还需根据具体情况进行分析和改进。

由于作者水平有限，本书可能存在不当之处，敬请同仁批评指正！

CONTENTS 目 录

第一章 废旧塑料的回收利用概述	1
第一节 废旧塑料再生方法	1
一、熔融再生	2
二、化学回收法	5
三、能量回收	9
第二节 废旧塑料鉴别技术	10
一、外观鉴别法	12
二、燃烧鉴别法	14
三、密度鉴别法	18
四、仪器分析鉴别法	19
五、综合鉴别法	24
第三节 废旧塑料回收加工	24
一、废旧塑料来源	24
二、废旧塑料的分选	26
三、废旧塑料的粉碎	31
四、废旧塑料的造粒	33
五、废旧塑料的塑化和再生	35
六、废旧塑料回收的共混改性	39
第二章 通用热塑性塑料的再生利用	42
第一节 废旧聚乙烯的再生利用配方实例	42

一、再生PE地膜	42
二、硫酸钙晶须填充改性废旧聚乙烯再生料	44
三、废旧聚乙烯一步法制备聚乙烯管材	46
四、废纸增强再生高密度聚乙烯复合材料的制备方法	49
五、废旧轮胎胶粉/聚乙烯发泡材料的制备方法	51
六、回收再利用交联聚乙烯电缆绝缘皮的方法	55
七、用再生PE料作部分原料的彩色接枝共聚物黏合剂及制法	57
八、利用废旧HDPE塑料制备大口径双壁波纹管的方法	60
第二节 废旧聚丙烯的再生利用配方实例	63
一、汽车内饰件边角料的回收再利用	63
二、无卤阻燃长玻璃纤维增强回收聚丙烯材料及其 制备方法	65
三、用废旧聚丙烯塑料生产聚丙烯纤维的方法	71
四、聚丙烯再生料制备发泡板材料	74
五、再生聚丙烯改性增强模压产品专用料及其生产方法	76
六、回收汽车保险杠的脱漆方法	79
第三节 废旧聚氯乙烯的再生利用配方实例	82
一、利用废旧硬质PVC材料生产双壁波纹管	82
二、用废旧PVC料制造汽车脚踏垫的方法	87
三、废旧PVC电缆料的利用	89
四、废旧PVC膜重新造粒再生PVC软管	93
五、回收PVC门窗软硬共挤废料制备热塑性弹性体	95
第三章 热塑性工程塑料的再生利用	100
第一节 废旧聚酯的再生利用配方实例	100
一、PET瓶回收料制备塑料管件	100
二、再生PET热轧纺粘无纺布制作	104
三、回收吹塑PET为基材的超韧工程塑料	106
四、废旧PET材料生产编织袋	108

五、改性PET瓶回收料制备塑料模板	111
六、回收PET塑料制备砂浆黏合剂	114
七、废旧PET增韧增黏	118
八、解聚废旧PET的方法	122
九、用废弃的PET瓶片制备无卤阻燃工程塑料	125
第二节 聚碳酸酯的再生利用配方实例	131
一、高透明高韧性聚碳酸酯再生料增韧改性	131
二、智能水表壳体用聚碳酸酯/玻璃纤维合金的制备	137
三、废旧聚碳酸酯材料制备高性能聚碳酸酯合金	140
四、高韧性无卤阻燃聚碳酸酯再生料复合物	144
五、废旧聚碳酸酯/聚对苯二甲酸乙二醇酯复合材料	149
第三节 废旧聚酰胺的再生利用配方实例	152
一、注塑级高抗冲再生尼龙的制备	152
二、单体浇铸尼龙的制备	153
三、尼龙废料制备聚己内酰胺地毯丝	153
四、废旧尼龙短纤维制备增强丙烯酸酯复合材料	154
第四节 废旧ABS的再生利用配方实例	155
一、回收的ABS的改性增韧	155
二、聚碳酸酯再生料/ABS再生料合金的制备	158
三、PC/ABS废旧料回收配方	162
第五节 废旧聚苯乙烯的再生利用配方实例	165
一、改性废旧高抗冲聚苯乙烯抗老化母料	165
二、用废旧聚苯乙烯塑料制备涂料用树脂	171
三、用废旧聚苯乙烯塑料制备无毒无污染聚苯乙烯涂料	175
四、高冲性/可发性聚苯乙烯回收料制备可发性 聚苯乙烯改性材料	178
五、耐冲击型聚苯乙烯次料回收改性配方	182
六、用废旧电器类聚苯乙烯材料制备高性能聚苯乙烯合金	184

第四章 热固性塑料的回收利用	188
第一节 废旧酚醛树脂再生利用配方	188
一、印刷线路板酚醛树脂固化物的再生	188
二、热固性酚醛塑料边角、废旧料的回收再利用	194
三、酚醛电木板再生	197
第二节 废旧热固不饱和聚酯再生利用配方实例	201
一、不饱和聚酯制品加工中的废料再利用配方	201
二、不饱和聚酯纽扣及工艺品废料用于改性塑料	203
三、不饱和聚酯交联废弃物制备模塑料	208
第三节 废旧热固聚氨酯再生利用配方实例	211
一、用废旧聚氨酯鞋底湿法生产聚氨酯树脂	211
二、废聚氨酯和废纤维制备建筑填缝材料	215
三、微波解聚废旧聚氨酯再生多元醇	218
四、用废旧聚氨酯鞋底生产己二酸	221
五、回收聚氨酯制备聚氨酯丙烯酸酯液态树脂	223
第四节 其他废弃热固性塑料再生利用配方	230
一、废弃热固性塑料(环氧树脂)的循环再塑	230
二、溶剂回收废旧热固性树脂及其复合材料	233
第五章 泡沫塑料的回收利用	238
第一节 废旧聚苯乙烯的再生利用配方实例	238
一、用废旧泡沫塑料生产防火阻燃聚苯乙烯泡沫塑料	238
二、废旧聚苯乙烯泡沫塑料的静电纺丝方法	243
三、用废旧轮胎橡胶粉和废旧聚苯乙烯泡沫塑料改性生产 CPVC和PVC产品	246
四、溶剂再生法回收废旧聚苯乙烯泡沫塑料	249
五、改性废旧聚苯乙烯泡沫塑料涂料	252
六、用废旧聚苯乙烯泡沫塑料制备溴化聚苯乙烯	254
七、用废旧聚苯乙烯泡沫塑料生产防锈漆	258

第二节 废旧聚氨酯泡沫塑料再生利用配方实例	260
一、废硬质聚氨酯泡沫塑料回收利用再生制作保温板	260
二、聚氨酯泡沫塑料的连续化学回收法	261
三、木质素、废旧硬质泡沫塑料粉无氟聚氨酯保温材料	262
四、废弃硬质聚氨酯泡沫塑料的再生	265
五、用废旧聚氨酯泡沫塑料和聚丙烯回收料制板材	268
六、废旧硬质聚氨酯泡沫塑料的回收利用方法	271
 第六章 废塑料塑木制品的再生利用配方实例	273
一、废旧聚乙烯基木塑复合材料再生	273
二、利用植物秸秆和废旧塑料制造木塑复合材料	278
三、废旧聚苯乙烯木塑复合材料	282
四、聚氯乙烯基木塑复合材料制备配方	285
五、废旧改性塑料制备阻燃型木塑复合材料	288
六、回收材料制备建筑专用塑料模板	292
七、木塑网络地板的制备	296
八、再生塑料基木塑发泡材料	300
九、再生木塑复合结构型材	304
 参考文献	308



第一章 废旧塑料的回收利用概述

第一节 废旧塑料再生方法

废旧塑料是一种通俗的说法，并不是指废的、旧的和完全没用的塑料制品。绝大部分塑料制品，特别是大量的一次性使用的，使用后其塑料材料本身的性能并没有大的改变，因此完全可能回收后用适当的方法重新加工成塑料制品后再次使用。据国家环境保护部统计，2011年，我国仅一次性塑料饭盒及各种泡沫包装就高达9500万吨，报废家电、汽车废旧塑料6500万吨，再加上其他废弃塑料，总量已近2亿吨，而回收总量仅为1500万吨，回收率不及10%。而日本废旧塑料回收率已达到26%。

在我国，废旧塑料回收为环保朝阳产业，发展潜力大，价格优势突出，经济效益好。针对国内的生产和技术现状，系统地进行废旧塑料再生技术的研究和开发，是解决废旧塑料问题的有效方法，是塑料行业持续发展的必由之路。

消费后塑料的处理有下述几种途径：填埋、焚烧、堆肥化、回收再生、采用降解塑料。塑料回收后再生方法有：熔融再生、热裂解、能量回收、回收化工原料及其他方法。

◎ 一、熔融再生

熔融再生是将废旧塑料重新加热塑化而加以利用的方法。从废旧塑料的来源分,此法又可分为两类:一是由树脂厂、加工厂的边角料回收的清洁废塑料的再生;二是经过使用后混杂在一起的各种塑料制品的回收再生。前者称单纯再生,可制得性能较好的塑料制品;后者称复合再生,一般只能制备性能要求相对较低的塑料制品,且回收再生过程较为复杂。在熔融再生的过程中,还可以进行物理和化学改性。

1. 物理改性

物理改性主要是指将再生料与其他聚合物或助剂通过机械共混,如增韧、增强、并用、复合活性粒子填充的共混改性,使再生制品的力学性能得到改善或提高,可以做档次较高的再生制品。这类改性再生利用的工艺路线较复杂,有的需要特定的机械设备。

(1) 填充改性

填充改性是指通过添加填充剂,使废旧塑料再生利用。此改性方法可以改善回收的废旧塑料的性能、增加制品的收缩性、提高耐热性等。填充改性的实质是使废旧塑料与填充剂共混合,从而使混合体系具有所加填充剂的性能。填充剂(也称填料)的品种有很多,按化学组成为无机(如碳酸钙、陶土)和有机(如木粉、纤维);按形状分为粉状、纤维状、片状、带状、织物、中空微孔等;按用途分为补强性(可改进物理、力学性能,赋予特殊功能性)和增量性(增加体积或质量以降低成本)。

(2) 增强改性

回收的通用塑料的拉伸强度明显降低,要提高其强度,可以通过加入玻璃纤维、合成纤维、天然纤维的方法,扩大回收塑料的应用范围。回收的热塑性塑料经过纤维增强改性后,其强度、模量大大提高,并明显地改善了热塑性塑料的耐热性、耐蠕变性和耐疲劳性,其制品成型收缩率小,废弃的热塑性玻璃纤维增强

塑料可以反复加工成型。

影响复合材料性能的还有纤维在塑料基质中的分散程度和取向。分散越均匀,取向程度越高,复合材料的性能越好。分散均匀性在选定设备后主要取决于混炼工艺,并且使用适当的表面处理剂(或偶联剂)进行处理,能够增加与树脂的黏合性,纤维在热塑性塑料中的分散取向也能得到一定的提高。

(3) 增韧改性

塑料制品在使用过程中,由于受到光、热、氧等的作用,会发生老化现象,使树脂大分子链发生降解,所以回收的塑料其力学性能发生了很大变化,耐冲击性随老化程度的不同而变化,改善回收塑料耐冲击性的途径之一是使用弹性体或共混型热塑性弹性体与回收料共混进行增韧改性。弹性体有顺丁橡胶、三元乙丙橡胶、SBS、丁苯橡胶、丁基橡胶等;还可以使用非弹性体,如高密度聚乙烯、EVA、ABS、氯化聚乙烯、活化有机粒子等,对回收塑料进行增韧改性,从而提高其耐冲击性。

2. 化学改性

回收的废旧塑料,不仅可以通过物理改性的方法扩大其用途,还可以通过化学改性,拓宽回收塑料的应用渠道,提高其利用价值。化学改性包括氯化改性、交联改性、接枝共聚改性等。

(1) 氯化改性

氯化改性即对聚烯烃树脂进行氯化,制得因含氯量不同而特性各异的氯化聚烯烃。废旧聚烯烃通过氯化可得阻燃、耐油等良好特性,产品具有广泛的应用价值。例如废旧聚乙烯膜(PE)的氯化改性,将废PE膜进行洗涤、脱水、粉碎后,送入反应釜进行氯化,可制得氯化聚乙烯(CPE)。用废旧聚乙烯通过氯化得到的产品,具有良好的性能,可以用来代替市售CPE。又如废旧聚氯乙烯的氯化改性。废旧PVC的缺点之一就是最高的连续使用温度仅在65℃左右,经过氯化改性的聚氯乙烯的最高连续使用温度可达105℃。除了提高使用温度外,强度和模量等性能也得到了

改善；第二个目标是氯化改性后可用作涂料和胶黏剂。

(2) 交联改性

回收的聚烯烃，可通过交联大大提高其拉伸性能、耐热性能、耐环境性能、尺寸稳定性能、耐磨性能、耐化学性能等。

交联有三种类型：辐射交联、化学交联、有机硅交联。聚合物交联度可通过加交联剂的多少或辐射时间长短来控制。交联度不同，其力学性能也不同。轻度交联的聚烯烃可具有热塑性，易于加工；交联度比较高的聚合物，其大分子链之间已形成三维网络结构成为热固性材料，力学性能改善相当显著。因此，交联聚合物的加工方法有两种：一种是在聚合物熔点之上，加入交联剂，混合均匀，在低于交联剂分解温度情况下进行造粒，最后成型与交联反应一步完成；另一种是在低于交联剂分解温度情况下成型，然后在高于交联温度情况下完成交联。目前比较先进的技术是利用反应挤出技术，聚合物和交联剂在双螺杆挤出机中混合和交联反应，并直接制成产品，如制造管材。

(3) 接枝共聚改性

废旧塑料的化学改性还有接枝、嵌段等共聚改性，目前实用性较强的属回收聚丙烯（PP）的接枝共聚改性，即用接枝单体通过一定的接枝方法对聚丙烯进行接枝，接枝改性的聚丙烯性能取决于接枝物的含量、接枝链的长度等，其基本性能与聚丙烯相似，但其他性能有很大改变。接枝改性聚丙烯的目的是为了提高聚丙烯与金属、极性塑料、无机填料的黏结性或增容性。对废旧聚丙烯再生材料而言，具有两点意义：一是当回收的聚丙烯料中混杂着部分PVC等极性树脂制品时，可不必分离而直接实施共混，在混塑炼过程中引入接枝改性反应，使PP与PVC相间增容；二是经接枝改性后的PP再生料可拓宽其应用范围，不仅可与极性高聚物制品共混，也可以较大量地进行填充或增强改性，以达到提高再生制品的性能并降低生产成本的目的。

◎ 二、化学回收法

化学回收是指利用化学手段使固态的废旧塑料重新转化为单体、燃料或化工原料,仅回收废旧塑料中所含化学成分的方法,也称为“二级回收”。化学回收大致分热分解和化学分解两种。热分解是在高温下,使聚合物裂解而得到油品和气体用作化工原料或燃料的方法,有隔绝空气状态下的热分解法和氢气中的热分解法等;化学分解则是回收单体的方法,按所使用的催化剂或溶剂的不同可分为水解、醇解等。

理论上,化学回收得到的单体和化工原料都具有很高的经济价值,单体又可合成得到塑料,如此反复,实现理想的循环使用。但目前化学回收的实际应用还远比不上物理回收,即使在发达国家,化学回收的比例也不大,原因并不仅仅是化学回收在技术和工艺上不成熟,事实上化学回收的有些技术和工艺已很成熟,在实际生产上已有大规模的应用,主要原因在于其设备、工艺路线复杂,造价昂贵,以及有些技术需要高能耗等,造成回收成本的居高不下,限制了其实际应用。但是化学回收是最理想的回收方法,可实现真正意义的资源循环使用,随着石油资源的日趋紧张以及技术工艺上的不断改进,化学回收的发展空间非常巨大。

1. 热分解

所谓热分解,是指有机高分子物质在还原性气体中以及高温下分解为低分子的工业气体、燃料油或焦炭的过程。热力学理论表明:要使高分子主链断裂、降解成小分子,需要较高的能量,温度要在 500°C 甚至以上才能完成,这就使得生产工艺和设备都很复杂,能耗很大,生产成本很高,因此纯粹的热解工艺商业价值不大。真正有前途的是催化热解,因为催化剂可以大大降低热解温度,提高产品的转化率,从而提升该工艺的经济性。热分解法适用于PE、PP、PS等非极性塑料和一般废弃物

中混杂废塑料的分解，特别是塑料包装材料，例如薄膜包装袋等使用后污染严重，难以用机械再生法回收，可以通过热分解来进行化学回收。

由于塑料是热的不良导体，要将热量从反应器内壁的塑料传导到反应器中间的塑料，需要花费很多时间，效率很低，而且反应器内壁的塑料由于长时间高温易炭化而黏结在内壁上，为解决这一问题，开发出不同的设备和工艺。一般根据分解产物的不同分为油化法、汽化法和炭化法3种工艺。

油化法要求全部以废旧塑料为原料，不能混有其他的非塑料杂质，热分解温度较低，约为450~500℃，主要回收品为油类。油化法适合处理的废旧塑料主要有PE、PP、PS、PMMA等，不适用于PVC、PA等塑料。主要工艺见表1-1。

表1-1 油化工艺中各方法的比较

方法	特点	优点	缺点	产物特征
	熔融分解			
槽式法	外部加热或不加外部加热	技术较简单	加热设备和分解炉大；传热面易结焦；因废旧塑料熔融量大，紧急停车困难	轻质油、气（残渣）
管式炉法	用重质油溶解或分解外部加热	加热均匀，油回收率高；分解条件易调节	易在管内结焦；需均质原料	
流化床法	不需要内部加热（部分燃烧）	不需熔融；分解速度快；热效率高；容易大型化	分解生成物中含有有机氧化物，但可回收其中馏分	油、废气
催化法	外部加热 外部加热（用催化剂）	分解温度低，结焦少；气体生产率低	炉与加热设备大；难于处理PVC塑料；应控制异物混入	

2. 解聚回收

废旧塑料的化学解聚就是使用催化剂或者溶剂使废旧塑料重新还原为单体的过程，实际上是聚合的逆反应，它有水解和醇解等方法。

化学解聚的产物组成较为简单，且易于控制，生产设备也相对简单。通常分解产物几乎不需要分离和精制。不过化学解聚法要求所提供的废旧塑料相对清洁和单一，混杂废旧塑料不适用。对于大多数结构稳定的碳链和杂链塑料，如聚烯烃等，其化学结构很稳定，是不能进行化学解聚的；理论上，适合化学解聚的是具有对水或醇敏感基团的聚合物，如酰胺、酯、腈、缩醛，实际应用中主要有聚氨酯类和热塑性聚酯类。此外，还有聚酰胺类、聚甲基丙烯酸甲酯（即有机玻璃）、聚甲醛等。

所谓水解，就是在水的作用下使缩聚或加聚物分解成为单体的过程。因为水解与缩合互为逆反应，只要缩聚物或加聚物中含有对水解反应敏感的基团，均可被水解。这类聚合物有PU、热塑性聚酯（PET、PBT）、FC和PA。它们在通常的使用条件下是稳定的，因此这类塑料废弃物必须在特殊的条件下才能够进行水解得到单体。下面是对PU进行水解的几个实例。

将低密度的PU泡沫塑料与160~190℃的过热蒸汽混合15min以上，转换成密度大于水的液体，除甲苯二胺和PP氧化物外，还有多元醇（聚酯型或聚醚型）。多元醇可直接用于新泡沫的成型，而胺类则必须采用化学方法转化为异氰酸酯才能使用。

通用电机公司PU泡沫水解工艺：废泡沫块经粉碎后投入反应器，在温度约315.6℃的条件下与蒸汽接触进行水解。多元醇为含水单体，经冷却和过滤后可直接回收。蒸汽从反应器进入喷雾冷凝器内，与苯胺或苯甲醇接触。各种溶剂回收过程有水、溶剂和有机物的分离。蒸馏有机溶剂可分离出主产物二胺、副产物