

塑料成型加工技术读本

塑料回收利用

周凤华 编著

PLASTIC

25



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

塑料成型加工技术读本

塑料回收利用

周凤华 编著



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

塑料回收利用/周凤华编著. —北京: 化学工业出版社, 2005. 4

(塑料成型加工技术读本)

ISBN 7-5025-6812-3

I. 塑… II. 周… III. ①塑料-废品回收②塑料-废物综合利用 IV. X783. 25

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 023392 号

塑料成型加工技术读本

塑料回收利用

周凤华 编著

责任编辑: 白艳云 李晓文 王苏平

文字编辑: 李 玥

责任校对: 于志岩

封面设计: 潘 峰

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市前程装订厂装订

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 11 $\frac{1}{4}$ 字数 316 千字

2005 年 5 月第 1 版 2005 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6812-3/TQ·2179

定 价: 25.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

出版者的话

近年来我国塑料加工工业一直持续快速发展，塑料制品在各个领域得到越来越广泛的应用，从事和关注塑料研究、生产与应用的人也日益增多。随着新技术、新材料和新工艺的不断涌现，特别是技术力量相对薄弱的民营企业逐渐成为行业中的重要生力军，使得塑料加工从业人员技术培训显得日益重要。为适应市场的迫切需求，我们特组织全国塑料技工培训中心、北京塑料工业学校和北京化工学校的教师编写了这套《塑料成型加工技术读本》。

本套书根据塑料加工的特点选择相关内容确定了 11 个分册，分别为《塑料注射成型》、《塑料挤出成型》、《塑料中空吹塑成型》、《塑料压延成型》、《塑料压制成型》、《泡沫塑料成型》、《塑料装饰》、《塑料热成型》、《塑料浇铸成型与旋转成型》、《塑料配混》、《塑料回收利用》。各分册在保证编写体例统一、内容格局基本一致前提下，各有侧重和特色。每册内容一般包括加工原理、常用原材料性能、典型工艺、生产设备、操作规程、常见问题分析与解决办法等。整套书的编写原则为实用性、先进性相结合，特别强调可操作性。为适应企业培训和技术人员自学，在书中还安排了思考题，希望《塑料成型加工技术读本》的出版对行业有促进作用。

化学工业出版社

前 言

塑料材料作为四大基础材料之一，因其具有质量轻、加工方便、产品美观、经济实用等特点，颇受人们青睐，广泛应用于各行各业，发展速度相当快，产量逐年增加，但塑料材料具有一定的稳定性，在环境中一二百年不分解，造成垃圾增加、土质恶化。目前废旧塑料对环境已经造成严重的污染；而当今石油危机，能源紧张，对“放错位置的垃圾”——废弃塑料进行回收并加以科学的、合理的利用，不仅可以作为 21 世纪的新能源，而且是保护环境，实现可持续发展的有效手段。

本书就废旧塑料的来源、鉴别、分选、清洗、干燥、利用等进行分别论述，有工艺、方法、设备、操作规程、设备的使用、操作注意事项、产品出现问题的解决方法、举例等。内容丰富、图文并茂、实用性强，特别是塑料再利用方面重点讲述，通俗易懂、简单易记。

本书特别适合于从事塑料加工、物资回收和环境保护等的工人及技术人员阅读。

作者

2005 年 4 月

目 录

第一章 绪论	1
一、塑料与环境	1
二、废旧塑料的再生利用	2
三、废旧塑料再利用展望	3
思考题	6
第二章 废旧塑料的回收	7
第一节 废旧塑料的来源	7
一、树脂合成过程中产生的废料	7
二、塑料制品成型加工产生的废料	8
三、塑料制品应用产生的废料	8
第二节 废旧塑料的种类及性能	12
一、热塑性塑料（含共聚物、共混物）	12
二、热固性塑料	25
第三节 废旧塑料的鉴别方法	28
一、根据塑料回收标志进行鉴别	28
二、常规鉴别法	29
三、密度鉴别法	30
四、加热分析法	32
五、其他鉴别方法	33
第四节 废旧塑料的分选	37
一、手工分选法	37
二、风筛分选法	38
三、浮选分离法	38
四、密度分选法	39
五、其他分选法	40

六、塑料废弃物与其他物质的分离方法	42
思考题	44
第三章 废旧塑料的再生利用	46
第一节 废旧塑料的直接再生利用类别	46
一、根据不同的废旧塑料来源采用的工艺方法	46
二、废旧塑料的再生利用成型生产工艺	49
第二节 废旧塑料再生料的制备	50
一、破碎及其设备	50
二、预洗	56
三、精洗	56
四、干燥	57
五、塑料泡沫材料的预处理	60
六、塑炼、均化与造粒	60
第三节 挤出成型工艺及设备	70
一、挤出成型设备	71
二、挤出成型工艺过程	107
三、挤出机的操作有关事项	108
四、废旧塑料挤出成型典例	117
第四节 吹塑与吹塑中空成型工艺及设备	127
一、吹塑薄膜	129
二、中空吹塑成型	134
第五节 注射成型工艺及设备	140
一、注射成型设备	140
二、注射成型工艺	157
三、废旧塑料注射成型典例	164
四、废旧塑料注射成型制品产生缺陷的主要原因及解决 办法	167
第六节 压延成型工艺及设备	169
一、压延成型设备	169
二、压延成型工艺	174
三、回收塑料的压延成型典例	182

四、压延机操作与维护	185
第七节 其他再生利用方法及设备	192
一、浇铸成型方法	192
二、发泡成型方法及设备	198
三、热成型方法及设备	200
四、模压成型方法及设备	214
思考题	223
第四章 废旧塑料的改性利用	225
第一节 废旧塑料的物理改性利用	225
一、成型前的预处理	225
二、共混改性	228
三、充填改性	251
四、增强改性	259
五、增韧改性	266
六、其他性能的改性方法	271
第二节 废旧塑料的化学改性	274
一、聚烯烃的氯化改性	274
二、聚烯烃的交联改性	276
三、聚烯烃的接枝共聚改性	280
四、回收塑料物理与化学的同时改性方法	282
第三节 混合废旧塑料的利用	283
一、混合废旧塑料材料的结构与性能	284
二、加工方法	285
三、混合废旧塑料的回收利用	286
第四节 热固性塑料的利用	288
一、聚氨酯回收利用	289
二、酚醛树脂回收利用	290
三、不饱和聚酯树脂回收利用	292
四、环氧树脂回收利用	292
五、其他热固性树脂的回收利用	293
六、热固性复合材料的回收利用	293

思考题	296
第五章 废旧塑料的其他利用	298
第一节 废旧塑料的热分解	298
一、废旧塑料油化工艺	299
二、热分解的汽化工艺	303
三、炭化	304
四、回收废旧塑料的热分解典例	305
第二节 化学分解	309
一、水解法	309
二、醇解法	310
三、废聚酯的解聚	310
第三节 分解工艺及设备	311
一、槽(釜)式反应器	311
二、窑式反应器	312
三、流化床反应器	312
四、螺旋反应器和螺杆挤出反应器	314
第四节 废旧塑料的热能利用	317
一、废旧塑料焚烧工艺及设备	317
二、残留物的处理	321
思考题	321
第六章 废旧塑料回收利用典型实例	323
第一节 常用塑料回收利用途径	323
一、回收废旧聚乙烯的利用途径	323
二、回收废旧聚丙烯的利用途径	323
三、回收废旧聚氯乙烯的利用途径	323
四、回收废旧聚苯乙烯的利用途径	324
第二节 薄膜的使用回收与利用	324
一、薄膜的使用	324
二、薄膜的回收	326
三、薄膜回收料的利用	332
第三节 塑料容器的使用与回收	334

一、容器的使用	334
二、容器的回收	334
第四节 编织袋和周转箱的回收	336
一、编织袋的回收	336
二、周转箱的回收	336
第五节 聚氯乙烯门窗回收利用	337
第六节 利用废旧塑料生产塑木制品及塑木托盘	338
一、塑木技术发展背景及概况	338
二、塑木制品的生产工艺过程	338
第七节 废 PET 塑料饮料瓶的回收利用	355
第八节 塑料包装材料容器直接回收再作包装	359
第九节 聚苯乙烯制备涂料和黏合剂	360
一、制高分子快干漆	361
二、制防潮涂料	361
三、制保护漆	362
四、制不干胶	362
五、制塑料漆	362
思考题	363
参考文献	364

第一章 绪 论

一、塑料与环境

环境是指人类赖以生存和发展的物质空间。在《中华人民共和国环境保护法》中明确指出：环境是指大气、水、土地、矿藏、森林、草原、野生植物、名胜古迹、风景游览区、温泉、疗养院、自然保护区、生活居住区等。可以看出，环境包括社会环境和自然环境，社会环境是由政治、经济、文化等要素组成的。自然环境是指环绕人群空间，可以直接或间接影响人类生活、生产的一切自然形成的物质和能量的总体，如空气、土壤、动植物、岩石、矿物、太阳辐射等，这些都是人类赖以生存的物质基础。这里所提到的环境指自然环境。

“人类既是环境的创造物，又是环境的创造者”。就是说环境不但创造了人类，人类也在改造、影响环境。

塑料材料从 20 世纪初问世以来，因其具有质量轻、加工方便、产品美观、经济实用等特点，颇受人们青睐，广泛应用于各行各业，发展速度相当快，可以说，从人们的日常生活到高、精、尖的技术领域，都离不开塑料。我国每年塑料的生产量已经超过 2000 万吨，稳居世界前列。塑料产量的不断增加，对地球生态环境的危害越来越大，废弃塑料导致的环境污染，俗称“白色污染”，其危害包括：环境中的废弃塑料不易腐烂，堆放会造成垃圾增加；焚烧塑料垃圾可获得一些能量，处理不当会给环境造成二次污染；埋入地下不易分解，使土质恶化；漂浮在水中造成海洋污染，使海洋生命咽下塑料会有死亡的危险等。基于上述塑料废弃于环境中给环境造成的危害，必须重视对废旧塑料的处理和利用，塑料工业要持续、高速发展，就必须正视塑料工业在发展过程中带来的负面影

响，而将对废旧塑料进行回收并加以科学的、合理的利用，不仅可以做 21 世纪的新能源，而且是保护环境，实现可持续发展的有效手段，回收利用废旧塑料具有战略性意义。

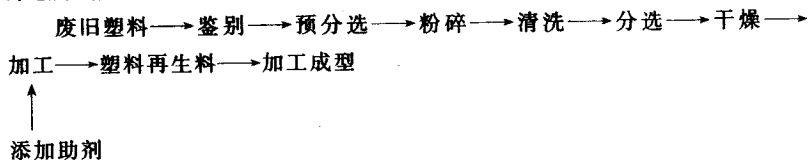
二、废旧塑料的再生利用

为了防止废旧塑料对环境的影响及充分利用有限能源，废旧塑料必须回收再利用。塑料回收后，特别是回收的塑料包装容器可通过一些严格工序进行直接回收再作包装使用，但更多的塑料回收后是进行再生利用，其方法有熔融再生、化学改性、热裂解、能量回收、回收化工原料及生产防水抗冻胶产品等。

1. 熔融再生利用

废旧塑料的熔融再生利用一般是指废旧塑料的再加工过程，包括直接再生利用和经添加助剂的改性利用方法。

直接再生利用是从废旧塑料的来源分为两类：一是由树脂厂、加工厂的边角料回收的清洁废塑料的回收；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差的塑料制品，且回收再生过程较为复杂。而改性利用可提高塑料的某些性能，满足制品性能的需要，具体如下面流程所示。



2. 化学改性

回收的废旧塑料可以通过化学改性的方法拓宽再生利用废旧塑料的渠道，还可以提高再生改性塑料的应用价值，它包括氯化改性、交联改性、接枝改性。氯化改性即对聚烯烃树脂进行氯化，制得含氯量不同而特性各异的氯化聚烯烃；交联改性即对聚烯烃树脂通过一定方法进行交联成热塑性或热固性塑料，交联后其性能有很大改变；接枝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，其接枝改性的聚丙烯性能取决于被接枝物的含量、接枝链的

长度等，但其基本性能与聚丙烯相似，其他性能有很大改变。

3. 裂解产物及能量的利用

(1) 裂解产物的利用 废旧塑料在有氧或无氧的条件下，经热或水、醇、胺等物质的作用，使其发生降解反应，形成的低分子量产物（气体、液体、油）和固体（蜡、焦炭）等可进一步再利用的方法。

(2) 能量的利用 废旧塑料是高热量值的材料。废旧塑料的热能利用是指将其作为燃料，使用以焚烧炉为主的设备，通过控制燃烧温度，充分利用废旧塑料焚烧时放出的热量或取热或发电，并将废旧塑料进行焚烧、使其转化为热能的方法。

4. 回收化工原料

一些品种的塑料加入聚氨酯后，可通过水解获得合成时的原料单体。这是一种利用化学分解废旧塑料变成化工原料进行回收的方法。

除了上述废旧塑料的回收方法外，还有各种利用废旧塑料的方法，如将废旧聚苯乙烯泡沫塑料粉碎后混入土壤中以改善土壤的保水性、通气性和排水性，或作为填料同水泥混合制成轻质混凝土，或加入黏合剂压制成垫子材料等。

而废旧塑料再生利用是废旧塑料利用的主要途径，不仅使环境污染得到妥善的解决，而且资源得到有效的节省和利用。

三、废旧塑料再利用展望

世界塑料工业的发展带来塑料制品的普遍使用，同时产生了大量塑料废弃物，给环境带来巨大的负担。美国、日本等国在塑料废弃物的回收利用方面制订了比较完善的政策法规，建立了行之有效的社会回收与再利用系统。而中国塑料废弃物的回收利用形势严峻，应建立更为完善的法规与社会回收系统，支持企业销纳塑料废弃物的项目建设。塑料废弃物的回收利用需要具备两项最基本的条件：一是完备的社会回收系统，这需要一系列完善的政策法规的保证；二是塑料废弃物的处理技术。

1. 国外塑料废弃物的再利用现状

随着塑料工业的发展，塑料废弃物的回收利用作为一项节约能源、保护环境的措施，日益受到各国的重视，特别是发达国家在这方面积累了较为丰富的经验。

美国一直是世界塑料生产第一大国，每年产生的塑料废弃物居世界首位。2000年，美国生产塑料3500余万吨，塑料废弃物超过1700吨（约占塑料年产量的48%，相当于1.5亿吨钢的体积）。20世纪80年代末，美国的塑料废弃物回收率为9%，2000年塑料废弃物回收率达到45%；燃烧塑料废弃物回收能源率由20世纪80年代的3%增至18%；掩埋处理率从96%下降到37%。

美国政府及其他政府机构制定了涉及塑料废弃物的法规，除联邦议会关于处理塑料废弃物的措施及开发研究议案外，各州还制定了近800项有关城市垃圾管理的法规。尤其是对塑料废弃物，各州的立法不尽相同。除了用立法的强硬措施解决塑料废弃物问题外，一些民间组织也采取了一些有效措施和切实可行的办法。如新泽西州的塑料再生中心（CPRR）建造了一个处理热塑性塑料废弃物的装置，具有年产3500吨再生粒料的能力。

日本是世界塑料生产的大国，其中塑料废弃物排放量相当于生产量的46%，已成为日本的严重环境问题。20世纪90年代初，日本回收利用塑料废弃物回收率为7%；到1997年，日本塑料废弃物回收率达到40%，填埋占34%，焚烧占26%。日本还成功地研制出塑料废弃物的处理设备，正在运行的设备约有20台，并向国外出口。

日本固体废弃物再利用与循环经济对策的原则：一是抑制废弃物的产生；二是重复使用经济制品；三是将回收物作为原料来循环利用。产业废弃物的最后处理场所的占用，废弃物非法丢弃现象，给生活和生产带来极大的影响，必须给予足够重视。1997年6月，在促进废弃物减量化及再生利用、改进废弃物处理方式、解决非法丢弃等方面形成综合治理对策，修订了《关于废弃物处理和清扫法》，并从2000年12月开始实施。

废旧塑料的发热量高达8000~9000kcal/kg(1kcal=4.18kJ)，

比煤高而比重油略低，故国外将废塑料用于高炉喷吹代替煤、油和焦炭。许多钢铁企业投入到废塑料再资源化领域，在废旧塑料的回收利用中进行了卓有成效的工作。钢铁业作为废塑料的有效利用技术，主要是把废塑料在高炉和焦炉做还原剂利用的化学回收及作燃料（热源）利用的热回收。日本钢铁行业在这方面更为突出。

2000年，川崎钢铁公司与地球环境产业技术研究机构共同开发成功高炉喷吹混合废塑料技术。在高炉喷吹废塑料时，为了防止含氯废塑料产生的氯损害炉体和煤气管道，一般多采用将含氯废塑料选出，经单独脱氯处理后再喷入的方式。新技术将未经分选的混合废塑料在300℃的溶酶中浸渍，将氯作为盐酸回收而除去，对脱氯后的废塑料再送去供高炉喷吹，以代替煤和焦炭。在千叶厂建成500kg/天试验装置后试验成功，今后将建设实用装置，以达到实用化的目的等。

2. 我国塑料废弃物的回收利用现状与对策

（1）现状 我国每年产生的废塑料处理方法中，填埋占93%，焚烧占2%，回收率仅占5%。与发达国家比较，塑料废弃物的资源化率极低。我国能源紧缺，而废旧塑料综合利用水平也低，通过废旧塑料焚烧回收热能，具有重要的现实意义。在我国，通过燃烧从废塑料废物中回收热量的工作进展缓慢，没有形成工业体系，相关技术还有待于开发。

（2）展望 根据国家中长期科学技术发展纲要，对再生资源领域里废塑料部分规划的战略目标是：到2020年，再生利用废塑料率达到50%；研究废旧有机高分子材料再生利用技术，提出现行废塑料再生工艺的改进方法，在解决预处理技术的基础上，借鉴国外先进经验，研究推广适合我国国情的废塑料再生技术，以提高产品性能和质量。

（3）对策 建立一套完善、切实可行的有关塑料废弃物的回收、管理、利用的法规和制度。支持企业对塑料废弃物再利用，调动和发挥企业再利用塑料废弃物的积极性，需要给予优惠政策。为了不增加政府负担，可以借鉴国外塑料包装物生产销售者负责处理

包装废弃物的办法，同时体现“污染者付费”的原则，应要求产生废弃物者自行回收利用，不能自行回收利用的企业或个人要交纳回收处理费，作为对回收利用者的补偿。

思 考 题

1. 何为环境及自然环境？
2. 什么叫“白色污染”？
3. “白色污染”的危害？
4. 简述废旧塑料的再生利用。
5. 什么是废旧塑料化学改性？
6. 简述废旧塑料再生利用的意义。

第二章 废旧塑料的回收

随着我国塑料工业的发展,我国的塑料制品在包装、建筑、农业、工业等领域得到了广泛应用,但伴随而来的是塑料废弃物也日益增多,甚至已影响到人们的生存空间。因此,废弃塑料的处理已成公众关注的热点。

从保护环境资源的综合利用角度考虑,回收利用是我国当前消除塑料废弃物对环境污染的首要途径,而塑料回收利用中的关键问题之一是需要对不同回收塑料制品按材质分类收集与分选。因为各种塑料的物理、化学性质相差较大,随意混合在一起不能进行加工利用,必须对回收的塑料制品按材料分选归类,才能成为可适合加工的材料。废旧塑料回收不但有利于保护环境,而且可充分利用有限的资源发展生产,提高经济效益和社会效益。

第一节 废旧塑料的来源

一、树脂合成过程中产生的废料

塑料树脂作为高分子是由单体经过加聚、缩聚等反应而制得的,在树脂生产过程中(即单体聚合而成高聚物树脂的反应过程中),一般可因以下因素产生废料。

1. 更换合成树脂牌号时产生废料

单体的聚合反应通常是在反应釜中连续进行的,更换合成树脂的牌号时,在两种牌号更换之间聚合的树脂,包含前、后两种牌号的成分,这种树脂叫做过渡料,即废料。

2. 聚合时产生低分子量的副产品

在聚合时,除按原设计要求合成出合乎原结构参数(如平均