

废旧纺织品回收 及其再利用技术

FEIJIU FANGZHIPIN HUI SHOU
JI QI ZAILIYONG JISHU

唐世君 杨中开 ◎ 编著

NEW

TEXTILE



中国纺织出版社

废旧纺织品回收及其 再利用技术

唐世君 杨中开 编著

 中国纺织出版社

内 容 提 要

本书系统地介绍了我国废旧纺织品的来源、数量、回收体系、分类方法、循环利用的技术途径及其关键技术,重点分析了纺织品组分快速检测技术、物理法再生利用技术、化学法再生利用技术及其工艺路线。同时概述了国外废旧纺织品综合利用现状,展望了我国废旧纺织品综合利用的应用前景和发展方向。

本书可供纺织、材料、轻化专业的高校师生参考、阅读,对从事环境保护、废旧纺织品回收再利用的相关企业、科研院所具有重要的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

废旧纺织品回收及其再利用技术 / 唐世君, 杨中开
编著. -- 北京: 中国纺织出版社, 2016.11

ISBN 978-7-5180-3045-3

I. ①废… II. ①唐…②杨… III. ①废旧物资—纺织品—废物回收—研究—中国②废旧物资—纺织品—废物综合利用—研究—中国 IV. ①X791

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 252358 号

责任编辑: 范雨昕 责任校对: 楼旭红
责任设计: 何 建 责任印制: 何 建

中国纺织出版社出版发行

地址: 北京市朝阳区百子湾东里A407号楼 邮政编码: 100124

销售电话: 010—67004422 传真: 010—87155801

http: //www.c-textilep.com

E-mail: faxing@c-textilep.com

中国纺织出版社天猫旗舰店

官方微博 http: //weibo.com/2119887771

北京京师印务有限公司印刷 各地新华书店经销

2016年11月第1版第1次印刷

开本: 710×1000 1/16 印张: 12.75

字数: 162千字 定价: 58.00元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社图书营销中心调换

序

中国是纺织服装生产、消费、贸易大国，因而也必然是废旧纺织品及废旧服装的重要产生地之一。近年来，随着人们生活水平的提高和纺织材料应用领域的拓宽，废旧服装和废旧纺织面料的总量不断增加，对社会造成了极大的资源及环境压力。目前，我国废旧纺织品回收再利用行业总体技术水平较低，废旧纺织品高附加值再利用企业占比很低，同时仍存在焚烧和填埋等污染环境的处置现象。在此情况下，该行业急需拓宽眼界，加强行业交流，攻克技术难题，提高总体技术水平。

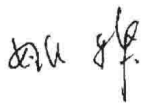
《废旧纺织品回收及其再利用技术》一书正是在上述背景下编著而成，它是我国第一部关于废旧纺织品回收再利用的专著。该书内容既涉及废旧纺织品回收再利用领域最实用的关键技术，又涉及该行业的管理现状和未来规划。在关键技术方面，包括了废旧纺织品的快速鉴别分拣技术、化学回收再利用技术、物理回收再利用技术、废旧纺织品综合再利用专用设备以及主要应用领域及相关技术等；在政策法规和行业规划方面，包括国外政策法规现状综述、国内政策法规缺陷以及对未来我国废旧服装纺织品综合利用的规划与展望。由于本书编著者均为我国最早开展废旧服装纺织品回收再利用的科研人员，同时又深度参与国家及行业对废旧纺织品回收再利用领域的标准、政策、法规的调研和制定过程，因此本书所介绍的关键技术和相关政策具有极强的可应用性。

《废旧纺织品回收及其再利用技术》一书涉及大量在废旧纺织品回收再利用过程中的工程技术问题。该书在讨论工程问题时提出了诸如废旧聚酯再生“轮回”极限、再生聚酯流变学劣化、高含杂物料纺丝、纺织工程逆过程等科学问题。这些工程问题的论述和科学问题的讨论，必将推动废旧纺织品回收再利用行业的技术进步，推动相关领域的理论研究工作，从而进一步完

善高分子材料与工程、纺织科学与工程等学科体系，进而促进基础科学的深化和相关工程技术的发展。从这个意义上讲，这部专著既适用于从事废旧纺织品回收再利用的企业工程技术人员，又适用于高校和相关科研机构从事基础及工程研究的科技人员和学生。

资源再利用是国家的长期发展战略，废旧纺织品回收再利用是国家战略的重要组成部分，废旧纺织品的回收及高效利用既节约了资源，又保护了环境，功在当代，利在千秋，因此，《废旧纺织品回收及其再利用技术》一书可以说是功德之作，感谢编著者的辛勤努力！

中国工程院院士



2016年8月15日于西安

前言

纺织工业是我国国民经济的传统支柱产业和重要的民生产业，也是国际竞争优势明显的产业，在我国国民经济中占有重要地位。2010年我国纺织纤维的消耗量达4150万吨，每年产生的废旧纺织品量可达2500多万吨。“十二五”期间，我国纺织品的消耗量以12%以上的速度增长，到“十二五”末，我国废旧纺织品累计产生量超过1.0亿吨，其中化纤类7000万吨左右，天然纤维类3000万吨左右。军警退役制服上交量累计达35万吨，废旧纺织品的综合利用面临巨大的压力。

由于我国纺织材料消耗量巨大，每年需要进口大量纺织品及其原材料。若能有效地将这些废旧纺织品回收再利用，则可以节约大量的纺织原料，创造出很高的经济价值，极大地缓解石油资源紧张、棉粮争地的问题。因此，大力开展废旧纺织品的综合利用，对减少废弃纺织品的环境污染、实现资源节约具有重大的现实意义。

目前，废旧纺织品再生利用的部分关键技术瓶颈已经攻克，再生产品的品质得到大幅提升，再生原材料的市场极好。随着再生技术的不断进步，再生原材料的物理性能将会大幅提高，其应用领域将会不断扩展，再生原材料将会大量应用于建筑、农用、汽车隔音材料等产业用纺织品和家用纺织品中；此外，翻新服装及再生纺织原材料由于价格低廉、性价比高，具有很高的竞争优势。我国二手服装市场还没有真正开发，据国外经验，每年将有数亿美元的市场需求，尤其是农村地区、城市学生等年轻人群、第三世界市场、抗震救灾等领域。废旧纺织品通过再生利用和翻新利用，必将产生极大的经济效益。

在废旧纺织品的回收再利用方面，美国、德国、日本等国家早在二三十年前就开始着手，国家通过并颁布有关法令，支持和鼓励再生利用。本书从

影响废旧纺织品综合利用的各个环节进行论述,详细介绍了世界发达国家的相关政策、参与回收的组织、我国废旧纺织品回收利用现状、回收体系、快速分拣技术、再生利用方法及关键技术以及再生产品出口等方面的进展情况。其中,纺织品组分快速检测技术、涤纶半醇解一再聚合技术、涤棉分离技术等一系列再生利用关键技术是“十二五”期间国家科技部“863”项目“涤纶及涤棉废旧纺织品再生利用关键技术”课题的研究成果,部分成果及数据是第一次公开,在此衷心感谢项目组的全体科研人员。

本书共分九章,其中第一章、第二章、第三章、第四章、第六章、第九章由唐世君编写;第五章由李文霞老师编写;第七章由裴广玲老师编写;第八章由杨中开老师编写;武汉纺织大学的陶辉教授参与了第四章第二节的编写、中国循环经济协会的顾明明参与了第三章第三节和第四节的编写;赵国樑老师负责全书的审阅与校对,在此一并表示感谢。

由于时间紧迫,作者能力有限,书中不妥之处在所难免,敬请读者不吝批评指正。

编著者

2016年3月于北京

目录

第一章 概述.....	001
第二章 世界各国废旧纺织品的回收利用现状.....	003
第一节 国外废旧纺织品回收利用现状	004
一、尼龙纤维的回收利用	004
二、棉纤维的回收利用	004
三、聚酯（或纯涤纶）的回收利用	005
第二节 法律法规	005
一、美国	006
二、日本	006
三、欧盟	007
四、英国	007
五、德国	008
六、法国	008
第三节 废旧纺织品回收组织	009
一、国际再生局	009
二、纺织品回收协会	009
三、纺织品回收联合会	010
四、回收企业联盟	010
五、纺织品回收贸易联盟	010
六、次级材料和再生纺织品协会	011
七、纺织品回收救助与发展组织	011
八、中国废纺联盟	012

第四节	各国废旧纺织品回收数量	013
一、	日本	013
二、	英国	014
三、	美国	014
四、	德国	014
第五节	主要纺织品回收再利用公司	014
一、	参与回收再利用的原材料公司	015
二、	参与回收再利用的服装公司	016
第三章	我国废旧纺织品的回收体系及其现状	019
第一节	我国废旧纺织品来源及产生量	019
一、	废旧纺织品的来源、含义及分类	019
二、	废旧纺织品的产生情况	020
第二节	我国废旧纺织品回收体系	020
一、	政府支持的回收体系	020
二、	民间自发形成的回收体系	023
第三节	我国废旧纺织品的综合利用现状	025
一、	我国废旧纺织品综合利用概况	025
二、	我国废旧纺织品回收数量及流向	028
三、	我国废旧纺织品综合利用存在的问题	031
第四节	我国废旧纺织品回收利用规划	032
一、	在我国开展废旧纺织品综合利用的重大意义	032
二、	指导思想和发展目标	033
三、	重点工作	034
四、	重点工程	036
五、	保障措施	037
第四章	废旧纺织品回收分类和循环利用方法	039
第一节	废旧纺织品回收分类方法	039

一、国外废旧服装的分类方法	039
二、我国废旧服装的分类方法	039
第二节 废旧纺织品循环利用方法	041
一、翻新利用	041
二、破碎利用	043
三、再生利用	045
 第五章 废旧纺织品快速分拣技术	047
第一节 近红外光谱技术	047
一、近红外光谱技术简介	047
二、近红外光谱技术的特点	048
三、常用的化学计量学方法	049
四、定量建模方法及检验	053
五、近红外技术在纺织行业的应用	055
第二节 废旧涤棉混纺织物近红外快速检测技术	056
一、建模涤/棉样本的快速筛选	057
二、建模样本涤、棉含量的化学分析	060
三、涤棉混纺样本原始光谱数据库的建立	060
四、涤棉混纺织物半定量—定性分析模型的建立及预测	062
第三节 废旧涤毛混纺织物NIR快速检测技术	068
一、建模涤/毛样本的快速筛选	068
二、建模样本涤、毛含量化学分析	070
三、涤毛混纺样本原始光谱数据库的建立	070
四、涤毛混纺织物半定量—定性分析模型的建立及预测	072
第四节 国内外快速分拣技术及关键设备	078
一、典型塑料快速分选技术介绍	079
二、典型纺织品快速分拣技术介绍	081
三、便携式纺织品成分快速检测设备	088

第六章 废旧纺织品的快速消毒技术	093
第一节 概述	093
第二节 消毒灭菌方法及分类	094
一、消毒灭菌的基本概念	094
二、消毒灭菌方法的分类	095
三、最新型消毒灭菌技术	098
第三节 低温消毒灭菌技术	100
一、低温灭菌技术的特性	100
二、灭菌机制	100
三、几种现代主流的低温灭菌技术	101
第四节 大批量废旧服装的快速消毒技术	103
一、消毒剂的选择	104
二、常压等离子化技术	105
三、工业化实施方案	106
四、效果评估方法	107
第七章 废旧纺织品的再生利用技术——物理开松法	110
第一节 物理开松法概述	110
第二节 物理开松回收废旧纺织品工艺过程	111
一、废旧纺织品的开松前处理	111
二、废旧纺织品的切割	111
三、废旧纺织品的撕破	112
第三节 非纤维制品组分分离技术	120
第四节 废旧纺织品开松技术	121
第五节 废旧纤维混合技术	121
第八章 废旧纺织品的再生利用技术——化学回收法	123
第一节 化学回收法概述	123
一、废旧涤纶纺织品的化学回收	124

二、废旧涤/棉纺织品的化学回收	127
第二节 废旧涤纶纺织品全降解回收技术	128
一、废旧涤纶纺织品的乙二醇全降解回收	128
二、废旧聚酯纺织品乙二醇全醇解—甲醇酯交换脱色回收 技术	131
第三节 废旧涤纶纺织品直接增黏回收技术	135
一、反应釜直接增黏回收技术	135
二、扩链剂增黏技术	136
第四节 废旧涤纶纺织品部分醇解—液相增黏回收技术	138
一、部分醇解—液相增黏回收技术	138
二、部分醇解—液相增黏回收技术优劣分析	154
第五节 废旧涤/棉纺织品单组分全降解—分离回收技术	154
一、影响废旧涤棉混纺织物醇解分离回收的主要因素	155
二、主要工艺流程	164
三、废旧涤/棉纺织品单组分全降解—分离回收技术优劣 分析	168

第九章 再生纺织品的应用..... 169

第一节 在纺织领域的应用	169
第二节 在劳保领域的应用	171
第三节 在农业领域的应用	172
一、农用保温被的保温原理	173
二、农用保温被的结构设计	173
三、农用保温被的保温效果	174
第四节 在建材领域的应用	176
一、气流成网的概念	176
二、气流成网的流程	176
三、气流成网方式及典型设备	178
四、不同领域的应用	178

第五节 在石油钻井助剂领域的应用	180
参考文献.....	182
主题词.....	187
索引词.....	188
后记.....	190

第一章 概述

中国是纺织、服装大国，也是棉花进口大国。据统计，我国纺织纤维的年消耗量达 4500 多万吨。由于资源短缺，每年需要大量进口纺织原材料，其中棉花进口量占加工总量的 30% ~ 40%，绵羊毛进口量占 75%，亚麻纤维进口量占 70%，黄麻纤维进口量几乎为 100%，粘胶纤维生产用浆粕进口量占 60%，合成纤维生产用的石化原料进口量也近 60%。因此，废旧纺织品的回收利用，将对我国纺织行业产生重大的影响。

纺织服装工业是我国的传统支柱产业，历史非常悠久，发展到今天一直充满着生命力和活力。进入 21 世纪以后，我国加入 WTO，迎来经济全球化，在国民经济高速增长、庞大内需的驱动下，我国纺织行业迎来了十年黄金增长期，无论是总量、结构、科技、品牌、效率等等都取得了前所未有的成绩。但从金融危机以后，随着金融危机不断发酵，从 2011 年年底开始，我国纺织行业进入一个经济增速明显放缓的时期。由于国际市场不景气，国内经济处于趋缓状态，加上劳动力、资源、环境成本压力等，使得纺织行业进入了一个深度调整期。调结构，调一系列结构：市场结构、区域产业结构、企业组织结构、技术结构、原料结构。现在我国纺织行业纤维原料结构大体为七成化纤，三成天然纤维。天然纤维即棉毛麻丝，棉花是大头，基本占了九成。但是这些纤维的供给和我国纤维的加工能力相比，纤维供给存在很大缺口，棉、毛和化纤原料很多都需要进口，原料短缺是现实，迫切需要开拓新的纤维原料的来源。一方面我国纺织原料紧缺，另一方面我国废旧纺织品利用远远不够，形成了巨大反差，这对原料结构调整提出了一个严峻而富有挑战性的任务。

经中国纺织工业联合会估算，我国废旧纺织品的产生量每年将达 2000 多万吨。此外，我国也是制服生产和消耗大国，每年部队、公安、工商、税务等退役的行业制服也达到数 10 万吨。但是，目前我国绝大部分废旧纺织

品未能有效回收利用,致使废弃量巨大,或被焚烧,或被填埋,造成了严重的环境污染。焚烧处理中,由于纺织品中存在的催化剂、染化料以及聚合物本身的分解,会产生大量含氮、含硫的有毒、有害气体,并产生大量的碳排放,加剧温室效应。填埋处理对于在废弃纺织品中占 50% 以上的合成纤维制品来说,尤其不适合。聚丙烯、聚酯等聚合物在土壤中的降解周期为 120 ~ 200 年,未降解的聚合物会引起土地板结,失去可耕性,因此会带来长达 200 年的土地污染。回收利用废旧纺织品,可极大地减少有害气体排放,减少碳排放,减少对土地的污染,具有极其重要的环境和社会意义。

废旧纺织品的再生利用可以节省大量的纺织原材料。据估计,我国每年将产生 2000 多万吨废旧纺织品,如果回用率能够达到 60%,则可节约化学纤维 940 万吨、天然纤维 470 万吨,预计每年可以节约原油 1880 万吨,节约耕地面积 1634 万亩,占全年棉花耕种面积的 46%。可见,若能有效地将这些废旧纺织品回收再利用,则可以节约大量的纺织原料,创造出很高的经济价值,极大地缓解石油资源紧张、棉粮争地的问题。

我国大力发展资源节约、环境友好的循环经济,这是转变发展方式的一个战略性的举措,目前我国资源环境压力非常巨大,原料的短缺已经现实地摆在面前,如何把闲置的未被利用的资源能够变为资源,需要人们的高度重视。这个问题解决不了,纺织工业就难以实现真正的可持续发展,因此,废旧纺织品的综合利用对我国纺织行业的深度调整、发展循环经济、转变发展方式具有重大的现实意义。

以废旧纺织品高值化再利用为目标,通过科研攻关,攻克纯涤纶类和涤/棉类废旧纺织品高值化再生利用关键技术,形成一批具有原创性、系统集成创新和自主知识产权的废旧纺织品再生利用技术成果,通过政府引导、产学研用相结合,建设一系列不同应用的产业链的示范工程,从而带动废旧纺织品回收利用的推广示范效应。

第二章 世界各国废旧纺织品的回收利用现状

在废旧纺织品的回收再利用方面，美国、德国、日本等国早在二三十年前就开始着手，这些国家通过和公布有关法律，支持和鼓励再生利用。自1996年以来，日本化纤协会成立了合成纤维循环推进组织、地毯等废弃物循环研讨会等官方组织；美国的回收循环是以大企业为主进行的；德国则以严格法制来控制，与美国相比德国的小企业多，但企业回收意识强。这些发达国家由于纤维人均消耗量大，废弃量大，且经济发达，研究经费充足，居民资源、环境意识强，政府、行业协会、企业、居民组织、研究单位协同工作，开展了大量的有关合成纤维纺织品废弃物的回收、再生等工作，部分废旧纺织品的回收再利用生产线也已比较成熟，再生材料已进入部分消费市场。

纺织品和服装的循环再制造可以采用多种形式。目前最成熟的方法是利用塑料瓶、塑料袋等生活废弃物，或者工厂的废旧聚酯纤维纱及织物来制造再生涤纶短纤维，进而织造纺织品和制作服装。其他形式包括将废旧纺织品和服装开松成纤维用来做隔音产品；以二手服装通过慈善商店或纺织品贸易商（也被称为旧衣物收集商“rag collector”）进行销售；重新使用布料做生态时装（eco-fashion）等。

本章将重点介绍西方发达国家废旧纺织品回收利用的法律法规、扶持政策、参与的回收组织、主要参与企业等情况，简要介绍世界各国废旧纺织品的回收利用现状。

第一节 国外废旧纺织品回收利用现状

目前, 国外的废旧纺织品回收主要集中在三种纺织材料的回收:

一、尼龙纤维的回收利用

美国每年就要丢弃数十亿千克废旧地毯, 需要大量土地填埋。2009 年, 美国常青回收公司共回收旧地毯达 3.11 亿磅 (1 磅 = 0.4536 千克), 其中可利用原料达 2.46 亿磅, 其回收率已超过 2008 年。该公司计划在 2012 年将回收率再提高 20% ~ 25%, 其中大多数是尼龙纤维。目前, 该公司已在全国建立回收网点, 并建立了分类体系, 可直接加工废地毯, 然后直接利用回收加工的尼龙纤维。此外, 该公司还将新旧聚酯纤维混合使用, 开发出新型地毯。常青公司每年消耗 8000 万至 1 亿磅 PC 地毯产品, 包括汽车靠背、黏合剂和其他同类材料, 他们已获得美国“摇篮银质证书”。其做法是, 回收来的纤维材料全部集中在道尔顿, 然后分类, 再分别发往不同的工厂进行再加工。该公司认为, 这样做可以减少能源的消耗并提高再利用率。凡回收的材料几乎全部都能再利用。

当然, 开发废旧尼龙纤维再生产品的难度要比开发原材料新产品更困难, 原因是废旧纤维加工不当就可能产生新的污染和增加废物。此外, 废旧纤维也涉及标准的问题, 所有方面的标准都必须与原材料纤维的标准一致, 如染色标准、沾污标准、防腐标准、健康指标等。

美国尼龙 66 纤维与尼龙 6 纤维或其他回收的纤维回收利用率从 2009 年的 18% 提高到 2010 年的 33%, 其中衬背的回收利用率达到 39%, 而包装用废旧纤维的回收利用率可达 46%。

二、棉纤维的回收利用

在西方国家, 棉纤维的回收利用主要用在非织造布或者再生纱线产品上。传统的废旧棉纺织品的回收方法一般会降低纤维长度, 破坏纤维的力学性能, 这样的回用纤维只能应用于开发低档产品。为此, 美国一些公司开发出先进