



“十三五”普通高等教育本科部委级规划教材
化纤专业开放教育系列教材



中国化学纤维工业协会·恒逸基金



中国化学纤维工业协会·绿宇基金

循环再利用化学纤维 生产及应用



XUNHUAN ZAILIYONG HUAXUE XIANWEI
SHENGCHAN JI YINGYONG

王华平 主 编

汪丽霞 林世东 钱 军 戴泽新 张 朔 副 主 编

中国化学纤维工业协会 组织编写

出版社



中国纺织出版社

全国百佳图书出版单位



“十三五”普通高等教育本科部委级规划教材
化纤专业开放教育系列教材

循环再利用化学纤维 生产及应用

王华平 主编

汪丽霞 林世东 钱 军 戴泽新 张 朔 副主编

中国化学纤维工业协会 组织编写



中国纺织出版社

内 容 提 要

本书内容主要包括废旧原料资源化原理与技术、物理法再利用技术、化学法再利用技术,同时以聚酯纤维为重点,探讨了再利用聚酯纤维成型工艺,差别化、功能化再利用聚酯纤维产品及其应用,产品标准体系与认证。旨在为读者较为全面地了解国内外最新的循环再利用技术发展现状与趋势,熟悉循环再利用技术方案与产品开发。

本书可作为高分子材料科学与工程相关专业的基础教材,同时可供再生纺织品开发、材料加工专业的科研人员参考阅读,为废旧化纤再利用的工程师提供理论与实践指导,为生产企业的产品开发提供技术支持。

图书在版编目(CIP)数据

循环再利用化学纤维生产及应用/王华平主编. —
北京:中国纺织出版社,2018.6

“十三五”普通高等教育本科部委级规划教材. 化纤
专业开放教育系列教材

ISBN 978-7-5180-5089-5

I. ①循… II. ①王… III. ①循环使用—化学纤维—
生产工艺—高等学校—教材 IV. ①TQ340.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 115534 号

策划编辑:范雨昕

责任编辑:范雨昕 孔会云 朱利锋 沈 靖 李泽华

责任校对:寇晨晨 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>

北京玺诚印务有限公司印刷 各地新华书店经销

2018 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:13.5

字数:272 千字 定价:78.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社图书营销中心调换

丛书编写委员会

顾 问：郁铭芳 蒋士成 孙晋良 姚 穆 俞建勇

主 编：端小平

副主编：赵 强 邱奕博

委 员（按姓氏笔画排序）：

万 蕾	马小民	尹翠玉	王玉萍	王华平
王 桦	王 锐	兰建武	叶光斗	叶新建
任 杰	刘向阳	吕佳滨	孙玉山	朱 波
朱美芳	许贤文	吴文静	张冬霞	张红光
张国良	张定金	张凌清	张 朔	张清华
李乃强	李东宁	李增俊	李德利	杨占平
杨 涛	汪丽霞	肖长发	陈文兴	陈 龙
林世东	姚菊明	赵庆章	赵 昕	郝新敏
夏延致	徐 坚	徐樾华	殷敬华	钱 军
顾书英	黄玉东	黄 庆	程博闻	靳高岭
戴泽新	臧慧卿			

序一

党的十九大报告指出“中国特色社会主义进入了新时代，我国经济发展也进入了新时代”，我国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段。高质量发展根本在于经济活力、创新力和竞争力的持续提升，这都离不开高质量人才的培养。

近年来，化纤科技进步快速发展，高性能化学纤维研发、生产及应用技术均取得重大突破，生物基化学纤维及原料核心生产技术取得新进展，再生循环体系建设成效显著，化纤产品高品质和差异化研发创新成果不断涌现，随着化纤行业的科技进步，专业知识爆炸性的增长亟须相适应人才的培养以及配套的化纤教材和图书作支撑，专业人才和专业知识是保证行业科技持续发展的源泉。为此，中国化学纤维工业协会携手“恒逸基金”和“绿宇基金”与中国纺织出版社共同谋划组织编写出版“化纤专业开放教育系列教材”，为促进化纤行业技术进步，加快转型升级，实施行业高质量发展和提高人才培养质量等提供智力支持。

该系列教材力求贴近实际，突出体现化纤领域的新技术、新工艺、新装备、新产品、新材料及其应用。这是一套开放式丛书，前期先从《高性能化学纤维生产及应用》《生物基化学纤维生产及应用》《循环再利用化学纤维生产及应用》三本书开始编写，将根据化纤行业技术进步和图书市场的需要，适时增编其他类化学纤维生产技术及应用分册。

该系列教材由纺织化纤领域的专家、学者以及企业一线技术人员共同编写，详细介绍高性能化学纤维、生物基化学纤维、循环再利用化学纤维的原料、生产工艺、装备及其应用，内容翔实，与生产实践结合紧密，具有很强的行业权威性、专业性、指导性和可读性，是一套指导生产及应用拓展的实用教材。

在该系列教材的编写过程中，得到了行业内知名专家、学者和行业领导的指导和帮助，同时，得到业内龙头企业的大力支持，在此一并表示衷心的感谢！

中国化学纤维工业协会

2018年6月

序二

循环再利用化学纤维是采用废旧纤维及制品或其他废弃的高分子材料，经熔融或溶解进行纺丝，或将回收的高分子材料进一步裂解成小分子重新聚合再纺丝制得的纤维。以聚酯循环再利用为例，我国聚酯年产量达 4000 万吨，纤维及饮料瓶占 90% 以上，其废旧品总储量超过 1 亿吨，但再利用纺丝产能仅 1000 万吨，再生利用率不足 10%；不仅资源浪费大，且环境负担重，是国际纺织循环经济发展的重点。国际废旧聚酯再利用主要是实现资源化处理，解决污染问题，重点发展分拣清洗技术及旧衣回用体系；美国、日本等国家开发的以解聚提纯再聚合的化学法技术，由于工艺复杂、成本高，未能产业化推广，国内大多采用简单熔融再生纺丝工艺，产品品质低，应用受限。废旧纤维材料再利用成为我国纺织及循环经济领域迫切需要解决的方案。

《循环再利用化学纤维生产及应用》一书正是在这样的背景下应运而生。该书内容涉及国内外废弃资源循环再利用发展现状、废旧原料资源化原理与技术、纤维成型技术，差别化、功能化产品及其应用，产品标准体系与认证。同时书中详细分析了废旧资源再利用过程中废弃资源前处理、物理化学法调质调黏、化学法醇解动力学、再利用纺丝动力学、再利用过程 VOC 迁移及评价等原理与多组分识别分拣、在线添加、共聚合等技术问题。我们相信这些科学问题与工程技术的探讨对促进我国废旧资料的再利用基础理论与高品质、高效再利用技术的发展具有显著的推动作用。

在本书的编写过程中，参加教材编写的人员参与了中国工程院咨询研究项目“废旧化纤纺织品资源再生循环技术发展战略研究”，先后赴浙江宁波、绍兴、苍南，福建、江苏等地进行实地调研、走访生产一线企业、组织相关企业座谈，听取了再利用行业各方的意见与建议。书中介绍的关键技术与装备极具实际应用性。

本书在循环发展的回收、再利用、应用评价及产品标准等四大系统进行了详细的研究，理论与工程实践高度融合，既适用于在企业一线生产、管理的工人，也适用于高校的学生和研究院所从事基础与工程研究的技术人员。

废旧纺织品或瓶片等循环再利用的目的是实现“废而不废、废而更优”，关

键是合理、高效地再利用。《循环再利用化学纤维生产及应用》教材必将促进我国废旧资源再利用行业朝着健康、绿色的方向发展。对参与本书编写的所有人员表示衷心祝贺。

中国工程院院士

蒋士成

2018年5月于仪征

前 言

我国的废旧化纤纺织品社会储量已达到近 1.5 亿吨，且纺织品的年消耗量增长速度保持在 12% 以上，但目前回收利用率却不足 10%，废旧化纤制品被当作垃圾进行填埋或焚烧等简单处理，不仅严重污染了环境，而且也造成资源极大的浪费，严重影响可持续发展。

采用废旧纺织品及其他废弃的高分子材料，经熔融或溶解进行纺丝；或将回收的高分子材料进一步裂解成小分子重新聚合再纺丝制得的纤维，称为循环再利用纤维。循环再利用纤维与原生纤维在成分、结构、物化性质等方面基本相同，可经过纺纱等加工制成纺织品或复合材料。中国是世界最大的循环再利用纤维生产国，其中聚酯循环再利用纤维产量最大，年产量达 1000 万吨以上。中国特色的调质调黏、解聚再聚合循环再利用纤维，不仅满足国际纺织原料质量与生态安全标准，更可以通过差别化、功能化开发赋予产品高色牢度、吸湿排汗、保暖、抗菌、抗紫外、耐污易清洗、阻燃等功能，成为国内外服装、家纺、汽车内饰、建筑工程等知名品牌重点推广热点与市场亮点。

循环再利用纤维最突出的特点在于对资源的循环利用以及显著降低固废。产品的综合能耗、碳排放量仅为原生纤维的一半或更低，顺应“绿色、低碳、循环”的可持续发展理念，体现了制造业与消费者的社会责任，是国际与国家重点发展的领域。我国废旧化纤纺织品资源循环再利用发展，可以缓解废旧纺织品的不可降解给环境带来的巨大压力，促进我国纺织品可持续发展，引领中国纺织产业在低碳与资源等更高层次上参与国际竞争，并进一步提高我国在国际化纤产业发展进程中的话语权。

本书结合目前国内外废旧纤维回收再利用技术的发展动向及最新的研究成果，根据不同来源的再利用原料的性质、特点等差异，介绍不同再利用技术，着重对物理法再利用、化学法再利用展开说明。内容主要包括废旧原料资源化原理与技术、物理法再利用技术、化学法再利用技术，同时以聚酯纤维为重点，探讨了再利用纤维成型工艺，差别化、功能化再利用聚酯纤维产品及其应用，产品标准体系与认证。

本书主要以废旧资源再利用制备成纤维为应用目标,根据不同来源的再利用原料的性质、特点等差异,介绍不同再利用技术,包括机械法与热能法,同时着重对物理法再利用、化学法再利用展开说明。

本书由王华平担任主编,汪丽霞、林世东、钱军、戴泽新、张朔担任副主编,负责全书的大纲制定、修改,由王华平、吉鹏负责统稿。参编本书的作者均有长期从事废旧化纤的工作经历。第一章绪论部分对循环再利用纤维的基本定义、再利用原料种类、再利用方法以及国内外再利用历史、发展战略进行总体说明,主要编写人员王华平、林世东。第二章从资源化原理与技术角度对再利用原料的来源、瓶片与废旧纺织品等原料的鉴别、分离及其预处理技术等,主要编写人员吉鹏、王朝生、陈烨。第三章从物理再利用的角度,分为针对废旧纺织品、废旧瓶片这两大原料调质、调黏的技术进行了介绍,主要编写人员吉鹏、王华平、钱军、戴泽新。第四章化学法再利用技术从分子的内部结构发生解聚进而转变成单体或低聚物,去除杂质后再利用生成的单体或低聚物制造出纤维的方法。以废旧的PET聚酯化学法再利用为主,对聚酰胺、聚丙烯腈、聚氨酯、纤维素纤维及涤棉混纺制品化学法再利用进行介绍,主要编写人员吉鹏、王少博、王朝生、王华平、张朔。第五章重点介绍了热裂解再利用方法,主要编写人员柯福佑、陈向玲。第六章介绍了再利用聚酯纤维成型工艺。再利用聚酯纺丝主要包括短纤纺丝技术、长丝纺丝技术、非织造布制造、复合纤维、功能纤维纺丝,主要编写人员汪丽霞、吉鹏、陈烨、王华平。第七章介绍了差别化功能化再利用聚酯纤维产品及其应用,主要编写人员吉鹏、王华平、钱军、张瑞云。第八章介绍了再利用纤维产品标准体系与认证,主要编写人员柯福佑、邵正丽、陈向玲、王华平。

以上章节的设立,旨在为读者较为全面地了解国内外最新的循环再利用技术发展现状与趋势,希望本书能为废旧化纤再利用的科研人员、工程师等提供理论与实践指导,能为生产企业的产品开发提供支持。

本书在编写过程中得到了许多同行的帮助与配合,中国化学纤维工业协会、大连合成纤维研究设计院股份有限公司、宁波大发化纤有限公司、优彩环保资源科技股份有限公司、浙江绿宇环保股份有限公司、仪征市仲兴环保科技有限公司,上海纺织科学研究院,在此一并表示由衷的感谢。

限于作者水平和本书的篇幅,不足之处在所难免,诚挚欢迎读者批评指正。

编著者

2018年5月

目 录

第一章 绪论	001
第一节 循环再利用化学纤维	001
一、循环再利用化学纤维的定义	001
二、循环再利用化学纤维与循环经济	001
第二节 循环再利用技术	003
一、循环再利用化学纤维原料来源及特征	003
二、循环再利用技术	003
第三节 循环再利用纤维发展历史与现状	006
一、国际发展历史	006
二、国内发展现状	008
第四节 我国循环再利用纤维发展战略	010
一、加强总体设计, 推进包容发展	011
二、强化行业规范、促进产业升级	012
三、融合产学研用, 推进技术创新	012
四、深化宣传推广, 提升品牌建设	013
五、加强基地建设, 培养专业人才	013
第二章 资源前处理	015
第一节 废旧瓶前处理	015
一、废旧瓶的基本特性	015
二、废旧瓶资源化工艺流程及装备	016
三、瓶片质量标准与影响因素	022
第二节 废丝、废块前处理	024
第三节 废旧纺织品前处理	025
一、物理开松法	025
二、泡料、摩擦料制备法	031
三、泡料质量标准与影响因素	038
第三章 物理化学法循环再利用技术	039
第一节 物理化学法循环再利用技术概述	039
一、物理化学法循环再利用技术定义及原理	039
二、调质调黏方式	039

第二节 调质调黏装备	045
一、熔体增黏脱挥设备	045
二、泡料螺杆微醇解及过滤设备	045
三、熔体的脱挥除杂与再利用聚合增黏设备	046
第三节 调质调黏后聚酯性能	048
一、调质调黏后聚酯结晶性能	048
二、调质调黏后聚酯流变性能	049
三、废旧聚酯制品的特性黏度	052
四、废旧聚酯制品的端羧基含量特征	053
五、废旧聚酯制品的色泽特征	054
六、废旧聚酯的热降解特征	057
第四章 化学法循环再利用技术	061
第一节 PET 的化学解聚	061
一、PET 化学解聚基础	061
二、PET 的解聚方式和解聚机理	062
三、PET 醇解反应的催化剂和催化机理	067
四、PET 解聚动力学	070
五、PET 醇解的影响因素	077
第二节 PET 解聚单体的纯化和再聚合	079
一、解聚单体的纯化	079
二、PET 甲醇醇解后再聚合	081
三、PET 乙二醇醇解后再聚合	081
第三节 其他纤维化学法循环再利用	083
一、聚酰胺纤维化学法循环再利用	083
二、聚丙烯腈纤维化学法循环再利用	084
三、聚氨酯纤维化学法循环再利用	084
四、纤维素纤维化学法循环再利用	086
五、涤/棉混纺制品化学法循环再利用	087
第五章 热能法循环利用技术	088
第一节 热能回收法	088
一、定义和原理	088
二、工艺流程和设备	088
三、特点和适用范围	091
第二节 热裂解法	091
一、定义和原理	091
二、工艺流程和装备	092

三、特点和适用范围	095
第三节 催化裂解法	096
一、工艺流程	096
二、催化机理与催化剂	097
三、催化裂解的特点及催化剂的应用开发	098
第四节 催化改质法	099
一、定义和工艺流程	099
二、工艺设备和催化剂	099
三、热裂解的特点和适用范围	101
第六章 循环再利用纤维成型工艺	102
第一节 循环再利用聚酯熔融纺丝原理	102
一、模型的假设	103
二、熔融纺丝的基本模型的建立	104
第二节 循环再利用聚酯熔体制备	107
一、循环再利用聚酯熔融挤出	107
二、熔体过滤	111
三、熔体的输送与分配	112
第三节 喷丝板的设计	112
一、普通喷丝板设计	113
二、中空纤维喷丝板设计	114
第四节 循环再利用聚酯短纤纺丝技术	115
一、短纤纺丝工艺流程简介	115
二、短纤前纺工艺流程	116
三、短纤后纺工艺流程	118
四、工艺参数选择	120
五、再利用聚酯短纤的工艺计算	123
六、首次开车操作步骤	124
七、纺丝生产与设备管理	126
第五节 循环再利用聚酯长丝纺丝工艺	127
一、长丝纺丝工艺流程	127
二、纺丝与卷绕流程	127
三、主要工艺设备	128
四、工艺参数选择	131
五、循环再利用聚酯纺长丝工艺计算	134
六、首次开车操作步骤	134
七、纺丝生产、设备及品质管理	135
第六节 循环再利用聚酯复合纺丝生产工艺	138

一、复合纺丝的定义与原理	138
二、复合纺丝工艺流程与设备	138
三、复合短纤生产工艺流程及参数选择	139
第七节 循环再利用聚酯非织造布生产工艺	142
一、循环再利用非织造布概念、分类及用途	142
二、循环再利用聚酯非织造布生产工艺流程简介	143
三、生产非织造布对循环再利用聚酯纤维的要求	144
四、循环再利用聚酯非织造布生产主要工艺参数选择	144
第七章 循环再利用纤维产品开发及应用	145
第一节 循环再利用差别化聚酯纤维	145
一、循环再利用差别化聚酯纤维	145
二、循环再利用有色聚酯纤维	146
三、循环再利用混纤丝	150
四、循环再利用异形聚酯纤维	154
第二节 循环再利用功能化聚酯纤维	159
一、循环再利用功能化聚酯纤维	159
二、循环再利用低熔点聚酯纤维	161
第三节 循环再利用纤维品质影响因素	164
一、色差或横条	164
二、僵丝	165
三、毛丝	166
四、退绕	166
五、网络不良	167
第四节 再利用纤维产品应用领域	168
一、服用面料及鞋材领域的应用	168
二、家纺装饰用	169
三、汽车内饰用	170
四、土工、建筑上的应用	171
五、循环再利用聚酯纤维在其他领域的应用	171
第八章 循环再利用纤维的产品标准	172
第一节 循环再利用纤维的外观标准	173
一、检测项目和测试方法	173
二、质量标准和影响因素	173
第二节 循环再利用纤维的理化性能标准	174
一、检测项目和测试方法	174
二、循环再利用纤维质量标准的特点	174

第三节 循环再利用纤维的差别化、功能化标准	175
一、差别化纤维标准	175
二、功能化纤维	179
第四节 循环再利用纤维的生态安全性标准	181
一、挥发性有机物	181
二、重金属	184
三、其他毒害物质的测试标准	187
第五节 循环再利用纤维的鉴别	188
参考文献	192

第一章 绪论

第一节 循环再利用化学纤维

一、循环再利用化学纤维的定义

循环再利用化学纤维 (Recycled Chemical Fibers) 是采用废旧化学纤维或纺织品及其他废弃的高分子材料, 经物理开松后重新使用, 或经熔融或溶解后进行纺丝, 或将回收的高分子材料进一步裂解成小分子重新聚合再纺丝制得的纤维。由于其利用废旧纤维为原料制备纤维, 实现了再生, 故又称再生化学纤维 (Regenerated Chemical Fiber), 循环再利用化学纤维品种主要包括聚酯纤维、聚酰胺纤维、聚丙烯纤维、聚氨酯纤维、聚丙烯腈纤维、聚氯乙烯纤维等。循环再利用化学纤维与原生化学纤维在成分、结构、物化性质等方面基本相似, 可经过纺纱等加工制成纺织品或复合材料。

二、循环再利用化学纤维与循环经济

循环经济模式, 即“资源—产品—废弃物—再利用资源”的反馈式循环过程, 实现“低开采、高利用、低排放”, 以最大限度利用进入系统的物质和能量, 提高资源利用率, 最大限度地减少污染物排放, 提升经济运行质量和效益。

循环再利用化学纤维最突出的特点在于对资源的循环利用、显著降低固废。产品的综合能耗、碳排放量仅为原生纤维的一半或更低, 顺应“绿色、低碳、循环”的可持续发展理念与趋势, 体现了制造业与消费者的社会责任, 是国际与国家重点支持与发展的领域。循环经济理念示意如图 1-1 所示。化学纤维循环再利用, 是以“减量化、再利用、资源化”(3R) 为原则, 把传统的依赖资源消耗的线形增长的化纤制造, 转变为依靠再利用资源循环发展的经济理念。化学纤维再利用与循环经济的定位, 与人类的消费理念及生活水平密切相关。中国和欧美发达国家差异显著, 发达国家的循环经济首先是从解决消费领域的废弃物问题入手, 向生产领域延伸, 最终旨在改变“大量生产、大量消费、大量废弃”的社会经济发展模式。重点在于构建回收与资源化的处理体系, 往往在生产体系中布局很少。而从我国目前对循环经济的理解和探索实践看, 发展循环再利用的目的是以改变“高消耗、高污染、低效益”的传统经济增长模式, 走出新型工业化道路, 解决资源、生产、消费、废弃全过程复合型生态环境问题, 保障全面建设小康社会目标的顺利实现。因此, 我国循环再利用发展实践最先是从小工业领域开始, 其内涵和外延逐渐拓展到包括清洁生产(小循环)、生态工业园区(中循环)和循环型社会(大循环)等三个层面, 已经形成规模最大的再生循环生产体系, 但相对于欧美国家, 由于在垃圾分类及回收系统建设方面比较薄弱, 资源利用率相对较低。

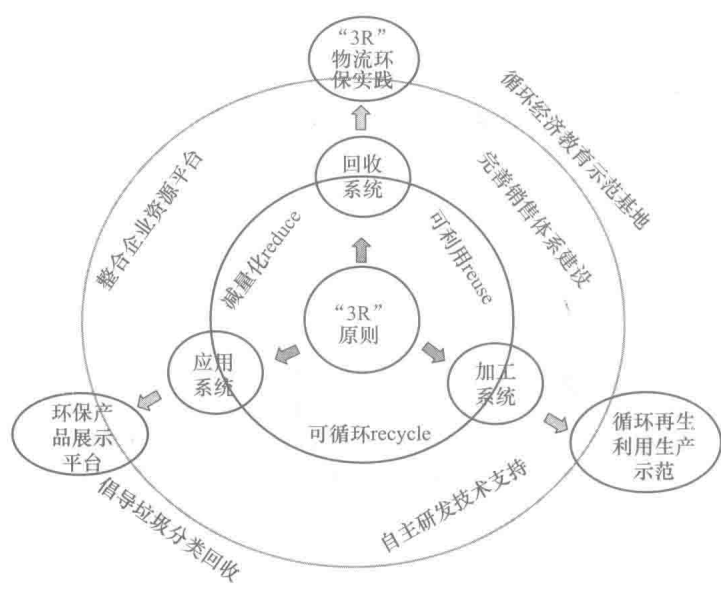


图 1-1 循环经济理念示意图

化学纤维循环再利用，不仅可以缓解资源短缺的现状，而且可以减少纺织废弃物对环境造成的污染，具有显著的经济效益和巨大的社会效益，并且随着石油、棉花等纤维资源的紧缺及环境压力的加大，循环再利用化纤的地位将不断强化，化学纤维再利用与循环产业不仅是国际的朝阳产业，更是我国的静脉产业。

以聚酯瓶循环再利用制备聚酯纤维为例，15~20 个 500mL 的聚酯瓶可以制作一件上衣，5 个 2L 的聚酯瓶再利用纤维可以制成 0.09m² 的地毯，35 个 2L 的聚酯瓶可以制成一个睡袋所用的全部填充纤维。按照一次循环计算，与原生聚酯相比，每吨循环再利用聚酯对原油的消耗量减少 39%，CO₂ 排放量减少 3.2 吨（图 1-2）。目前我国每年的循环再利用聚酯瓶约为 400 万吨，可减少 CO₂ 排放量 1280 万吨，相当于新增了 33 万~66 万公顷的森林。

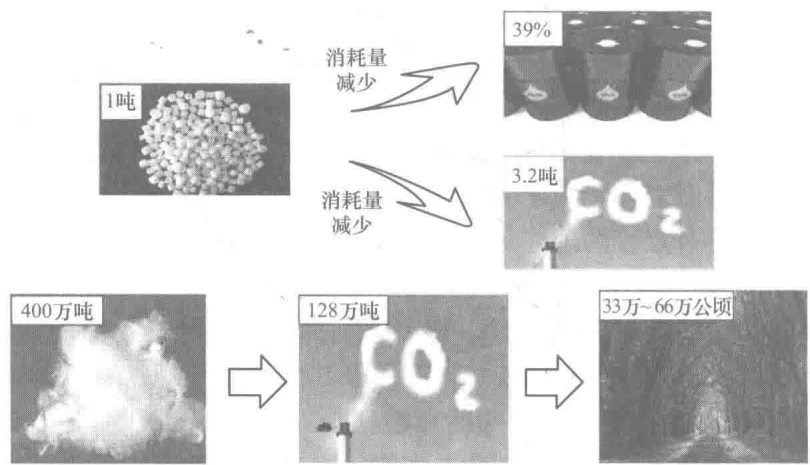


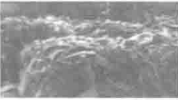
图 1-2 循环再利用绿色、低碳与环保

第二节 循环再利用技术

一、循环再利用化学纤维原料来源及特征

循环再利用化学纤维原料主要来源于纤维制备过程中产生的废丝废块、纺丝织造过程中产生的废料、印染服装加工过程中产生的废布料及边角料以及各种消费后产生的废旧纺织品。这些原料来源不一致、批与批之间存在差异,尤其是在使用过程中还会引入杂质,如废旧瓶片在使用后丢弃经常与一些其他生活垃圾接触,接触油污等杂质。因此循环再利用化学纤维的原料特性是来源多渠道、成分不确定、杂质多样化。表1-1中是纤维级聚酯不同阶段产生的废料中含杂种类及成分。由表可见,循环再利用原料含杂成分较多,再加上不同批号之间波动大,给循环再利用产业化带来了一定的困难。

表 1-1 纤维级聚酯废料的种类及其含杂组分

纤维级聚酯废料种类		含杂种类	成分
聚合废料		低聚物、共聚物 催化剂	IPA、SIPA Sb 类/Ti 类
纺丝废料		油剂 添加剂	表面活性剂 TiO ₂ 、 炭黑、BaSO ₄ 等
织造染整废料 服装边角料		分散染料 助剂	偶氮、蒽醌、杂环 匀染剂
废旧纺织品		多组分高聚物 无机物、灰分等	PE、PA、PU 等 Fe、Si 等

二、循环再利用技术

根据化学纤维原料的特征,循环再利用技术可分为三类,即物理法循环再利用技术、化学法循环再利用技术、热能法循环再利用技术。

(一) 物理法循环再利用技术

1. 物理开松法再利用技术

物理开松法再利用是指将废旧纺织品不经分离而直接加工成可以纺出纱线的纤维,然后织出具有穿着性或有一定使用功能的面料,或直接将废旧布片经简单加工后直接使用,纤维层面的循环再利用方法,此法在棉纺等天然纤维制品的回收中应用较多,同样适用化学短纤制品的回收,尤其是对织物结构相对疏松的针织面料等,其再利用技术路线如图1-3所示。