



《环境友好材料丛书》之三

环境友好塑料

福建师范大学环境材料开发研究所 编著

HUANJIANG YOUHAO SULIAO



科学出版社

《环境友好材料丛书》之三

环境友好塑料

福建师范大学环境材料开发研究所 编著

科学出版社

北京

内 容 简 介

塑料由于量大、质轻、应用范围广,已成为现代社会不可或缺的材料之一,因此实现塑料材料与环境协调发展是实现社会可持续发展的重要组成部分。本书将符合“环境友好塑料”定义的技术和产品进行系统的总结,目的在于结合自身的科研经验引导相关行业开发生产“环境友好塑料”。

本书主要以塑料和环境协调发展为主线,从实现环境友好塑料的技术开始,介绍目前开发较为成熟的环境友好塑料品种,以及对于废旧塑料如何实现其环境友好化展开详细的探讨,共分为三篇十六章,近四十万字。

本书可以作为材料科学与工程、环境科学与工程、资源循环科学与工程、化学和化工等一级学科本科生和研究生必修课或选修课的教材或参考书;也可以作为从事相关学科科研、产业开发和管理部门的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

环境友好塑料 / 福建师范大学环境材料开发研究所
编著. —北京: 科学出版社, 2014. 11
(环境友好材料丛书; 3)
ISBN 978-7-03-042316-0

I. ①环… II. ①福… III. ①塑料—无污染技术
IV. ①TQ320.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 251059

责任编辑: 许 健 高 微 王艳丽
责任印制: 谭宏宇 / 封面设计: 殷 靓

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

南京展望文化发展有限公司排版

江苏省句容市排印厂印刷

科学出版社出版 各地新华书店经销



*

2014 年 11 月第 一 版 开本: 787 × 1092 1/16

2014 年 11 月第一次印刷 印张: 17

字数: 355 000

定价: 72.00 元

《环境友好材料丛书》简介

《环境友好材料丛书》是在构建“资源节约型,环境友好型”社会的大背景下,作者结合自身坚持“生态设计理念指导下开展环境友好材料研发”的心得,对传统材料、功能材料和智能材料进行梳理,归纳和总结国内外为实现材料与环境协调发展所开展的政策调研、技术创新和产品开发的一系列成果而形成的。其目的在于阐述人类在 21 世纪应如何充分利用已有的研究成果,开展集成创新,既让材料更好地适应环境,同时也让环境能更好地适应或消纳使用后的材料,从而保持资源能源和环境生态的平衡,这既是现代材料科学领域研究的一个重要课题,也是环境科学、资源循环科学、社会科学所要关注的重点。

《环境友好材料丛书》由《环境友好材料》、《含有毒有害物质的材料及替代技术》、《环境友好塑料》、《可环境消纳塑料》、《塑料用绿色助剂》五本书组成,由福建师范大学环境材料开发研究所编著,科学出版社出版发行。

《环境友好塑料》是该系列丛书的第三本书,于 2014 年 11 月出版,此系列丛书可以作为研究生、本科学生的教材用书或参考书,也可作为科研、企业开发和政府管理人员的参考书。

丛书序一

材料是人类生存和发展的基础。有人把社会进步从材料的角度划分为：石器、铜器、铁器和塑料时代，说明材料对人类的重要性。材料的生产和发展是以开发和消耗资源和能源为前提的，材料产业的发展是工农业等各种产业和高新技术发展的前提和先导。随着工业社会的发展，扩大传统材料的生产、改进和应用，开发使用新材料，在给人类社会带来福利和进步的同时，也带来了相应的资源、环境压力。过度的资源和能源开发，造成了地球生态环境的大量破坏，资源、能源逐步短缺，生态环境污染严重，温室气体排放大量增加，使世界面临着系列的重大难题。

我国改革开放以来经济有了快速发展，人民生活不断改善，各方面取得了巨大成就，国家逐步走向繁荣富强，随之也产生了大量资源环境等问题。加强能源、资源节约和生态环境保护，增强可持续发展能力，建设资源节约型，环境友好型和谐社会，是我国经济发展中的重要方面，也是材料工作者正在努力的方向。

《环境友好材料》系列丛书正是根据世界和我国面临的状况，在构建资源节约、环境友好、和谐发展，建设现代化强国的大背景下，将材料与环境协调发展的生态设计观念应用于材料研发的归纳总结。如何让材料更好地适应环境，同时也让环境能更好地消纳使用后的材料，两者达到平衡，是现代材料科学领域突出而重要的课题。本书主编福建师范大学环境材料开发研究所陈庆华教授级高工长期以来一直关注这些重大问题，并组织队伍进行不断的探索与研发。十多年来我由于与他有较多的接触机会，相互间常就各种问题进行海阔天空、无拘无束的畅谈，我们既为国家不断取得的巨大成就和快速发展高兴，也为世界和我国的生态环境担心，彼此有了很深的理解与支持，在材料与环境上有非常一致的观点，他的诚恳虚心、开朗活泼，创新精神和努力工作的态度都让我感动；在许多人的关心支持下，他一边教学，一边研发，开始了环境友好材料书籍的编写，并在各种大型学术

会议和学术论文上大力向社会推介“合理利用资源能源,开发生产环境友好材料,保护生态环境”的观点;从他所工作的专业出发,经过十年的不断努力,从初稿到多次学生试用,反复的修改补充,他和团队成员终于完成了《环境友好材料》、《含有毒有害元素、化合物的材料及替代技术》、《环境友好塑料》、《可环境消纳塑料》和《塑料用绿色化助剂》等五本专著,并得到科学出版社的支持即将出版。对于这样工作量极大的编写任务,他所付出的艰辛努力,超长时间的写作和身体的透支,都是我所见证的;当然不能认为这套书就是这一领域完美的著述,由于认识的局限,知识面的不足,时间的紧迫等都会造成各种疏漏和错误。而且随着时间的推移,人们会有更多新的更准确的认识,也会指出书中的各种错误,正是他在书上所阐述的环境友好材料具有“时代性、区域性和相对性”,同样的《环境友好材料》系列丛书也一定是有其“时代性、区域性和相对性”的缺陷,但就目前来讲,它应是我国这一领域较充实完整的著述,希望作者能在第一版的基础上,认真听取读者等各方面的意见和指正,不断充实完善,今后有更好的再版出世。为此我乐意向同行和读者推荐这套有意义的丛书。

四川大学高分子科学与工程学院 黄 锐 教授

2009 年 10 月于成都

丛书序二

高举环境友好旗帜,书写塑料等环境友好材料,促进人类社会和谐发展的新篇章——有感于《环境友好材料》系列丛书出版发行

鲜明的旗帜、永恒的主题——环境友好材料在新世纪阔步走入人们的视野,成为社会关注的热点、产业发展的方向。《环境友好材料》系列丛书的推出,有助于树立正确观念、掌握要点关键,当然也有利于引导社会舆论,为相关产业的健康发展扫除障碍,赢得广泛支持和宽松的环境,因此该书的撰写、编辑和出版是十分必要的、非常及时的。

从21世纪开始,在取得令人瞩目的经济发展成就的基础上,转变经济增长模式,用最少的能源消耗和最小的环境代价取得经济持续快速发展,建设能源、资源节约型和环境友好型社会,已成为举国一致的共识和永久性的基本国策,塑料及其众多品种的合成高分子材料虽然仅仅诞生一百余年,但是已对人类社会产生巨大的、不可替代的影响,而且必然还将伴随着人类社会前进的步伐,在不断自我完善的过程中,继续做出更大的贡献!

正像任何新生事物都具有双重性一样,科学技术的诞生和发挥作用同样是柄双刃剑:农药的使用保证了农作物的丰产,同时也带来了残留农药的隐患;汽车社会使人类尽享快捷舒适,但尾气的排放已成为人类不可缺少的空气中最致命的污染物;核能的释放既能给人类带来用之不竭的能量,又能成为威胁人类生命的大规模杀伤武器……塑料等高分子材料在为人类社会带来种种享受和方便的同时,它在制作生产和消费使用过程中,尤其是在使用后未能得到合理的回收和再利用时,对环境带来的负面影响(经常被称之为“白色污染”),已是不能回避、视而不见的问题,随之而来的指责和“禁”、“限”的呼声不断,成为塑料等高分子材料产业持续健康发展最严峻的挑战!

一个不容动摇的事实就是人类的生活已离不开塑料、橡胶、纤维等合成高分子材料,

未来也必然是各种高分子材料继续参与人类生活和社会发展的局面,我们的任务就是从思路、设计到加工制造,从消费使用到用后弃之都要从有利于环境保护,有利于人体健康的角度审时度势、把握斟酌。一个更不容轻视的事实就是在遵循市场经济规则的时代,环境友好材料不仅需要崇高的精神境界,还必须能够实现产业化、能被市场所接受,取得经济效益和社会效益的高度统一。这个艰巨而又光荣的任务要求从事于环境友好材料理论与实践工作的学者、科技人员和管理人员先行一步,认真回顾和总结我们已经取得的成绩和经验,加以整理、提高,从对环境友好重要性认知的必要王国走向引导材料与环境协调发展的“自由王国”。以陈庆华教授级高工为首的福建师范大学环境材料开发研究所的科技人员依据自身多年的教学与科研成果以及在与企业、行业交往过程中获得的丰富翔实的事例与数据撰写的《环境友好材料》系列丛书(《环境友好材料》、《含有毒有害元素、化合物的材料及替代技术》、《环境友好塑料》、《可环境消纳塑料》和《塑料用绿色化助剂》)正是从生态设计理念出发,对这些宝贵的知识和正、反两方面的经验教训进行的系统梳理,首次将“环境友好”的全新理念融汇到塑料等高分子材料的设计、制造、使用、再生或消纳的材料生态的全过程中,首次将与之相关联的功能助剂和加工助剂的设计、使用提升到与材料本身同等重要的高度,首次将产品、标准、技术等产业化、市场化所需要的三大要素加以恰如其分的综合考虑,因此该系列丛书不仅可供大专院校师生、产业界从业科技人员和管理人员学习和借鉴,而且可供政府管理部门制定政策、规范社会行为时参考,对广大消费者也可起到普及科技知识,提高绿色消费、保护环境自觉性的效果。

《环境友好材料》系列丛书的编著、出版和发行将成为“材料与环境协调发展”理念的深入人心、环境友好材料产业迅速发展的新里程碑,这套丛书本身也将以它的科学性、系统性和实用性相结合的鲜明特色载入环境友好材料发展的史册!为此我很乐意向同行推荐这套有意义的丛书。

中国塑料加工工业协会改性塑料专业委员会

副理事长兼秘书长

刘英俊

2009年10月于北京

前言

资源、能源与环境、生态是一对相辅相成的矛盾统一体,材料的研发与利用是连接资源、能源和环境、生态的纽带,究其本质,资源和能源主要是由矿物质和生物质两大部分组成。材料是构建人类和谐社会的三大支撑之一,作者认为:首先,在合理、适度、尽可能不影响环境生态的前提下,开发利用矿物质和生物质作为材料研发的原料和能源,如果研发出的材料具备性价比优良、寿命长、可采用清洁方法生产、对节能降耗有促进作用、可回收再利用或可环境消纳六种功能中的一种或几种,就能尽可能地保证材料在研发、利用和废弃过程中既减少对资源和能源的耗用,又可减少或不对环境生态产生破坏。其次,对材料及材料构建的产品系统及以研发产品为核心的工业园区等三个层面均采用绿色工艺、生态设计、回收与回收再利用和循环经济等措施,这就能保证整个工业系统对资源能源和环境生态的保护。再次,在社会层面,倡导绿色消费,建立资源回收再利用系统,构建“城市矿产”资源高质化利用产业园区。通过这三个层次的规划与建设,自然而然就会构建起区域和国家层面的“资源节约型,环境友好型”和谐社会。

基于对材料的上述认识,在提倡构建“资源节约型,环境友好型”和谐社会的大背景下,进行材料的环境友好化和高质化研发具有重大的学术、产业和社会价值。作者长期从事环境友好材料开发,希望通过《环境友好材料丛书》的出版,激起开发与应用环境友好材料的兴趣和热潮,从而推进材料产业与资源能源和环境生态的协调发展。

福建师范大学环境材料开发研究所承担环境友好材料系列课程建设,已用自编教材为研究生、本科生开课十年。通过十多年的教学实践,本研究团队跟踪国内外最新成果,不断补充和完善,目前提交出版的《环境友好材料丛书》书稿对环境友好材料的内涵和外延有了更深和更广的拓展,通过翔实的数据和案例分析,力争做到深入浅出、通俗易懂,内容涉及诸多行业,对资源循环利用、化工材料产业、农林业、环境生态保护等都具有一定的

参考价值。

《环境友好塑料》是《环境友好材料丛书》的第三本书。本书主要以塑料和环境协调发展为主线,通过讨论实现塑料环境友好化的技术,介绍目前国内外比较成熟的环境友好塑料品种,以及废旧塑料的处置、高质化的技术等,告诉读者原材料、助剂的选择、加工工艺的改善、人类正确的使用塑料品种,这都可以更好地促进塑料走向环境友好塑料的发展之路,进一步启发读者认真仔细地思考塑料产业如何适应环境的发展,塑料在制造、生产及使用过程中如何被环境消纳,这对于开发新型的环境友好塑料具有一定的指导意义。本书共分为三篇十六章。

第一篇“实现塑料环境友好化技术措施”,从实现塑料环境友好化的各种技术措施入手,包括配方设计原则,塑料加工过程中的节能降耗,以及环境友好塑料的评价体系等。主要从环境友好塑料的定义出发,逐步阐述环境友好材料的研究方向,以光钙型环境友好塑料为例分析环境友好塑料配方设计原则,为环境友好材料的配方设计提供借鉴。同时介绍塑料制品的质量监控体系和环境友好塑料评价体系的发展,给读者如何正确评价环境友好塑料的发展起到抛砖引玉的作用。

第二篇“环境友好塑料”,主要介绍目前开发比较成熟的环境友好塑料,分九章阐述“可环境消纳塑料”、“增韧改性塑料”、“纳米塑料”、“仿生塑料”、“抗菌塑料”、“抗静电塑料”、“无卤阻燃塑料”、“无铅化聚氯乙烯塑料”、“稀土改性塑料”等几种类型环境友好塑料,提供如何研发和评价不同类型的环境友好塑料,具有一定的参考借鉴作用。

第三篇“废旧塑料的环境友好化”,分别以“塑料适应垃圾综合处置技术的生态设计”、“废旧塑料的再利用设计及环境友好化”、“废旧塑料高质化改性和环境友好化”、“回收塑料静脉产业循环经济园区规划与建设”四章阐述废旧塑料回收再利用的发展现状,并提出废旧塑料高质化和环境友好化的一些途径。

本书是在华东师范大学何鸣元院士、四川大学黄锐教授和中国塑料加工工业协会改性塑料专业委员会刘英俊秘书长的鼓励和敦促下完成的,三位德高望重的教授对作者开展的环境友好材料的科研工作和编写《环境友好材料丛书》给予极大的关注和鼓励,使作者增强了信心,提出了许多宝贵的修改意见,同时为本书撰写了序言,使本书增色许多,得以在十年后的今天脱稿成书,在此作者对何鸣元院士、黄锐教授和刘英俊教授级高工表示崇高的敬意和最诚挚的谢意。

本书由陈庆华、刘欣萍、陈艺兰和夏新曙为主,肖良建、尚荔人、许兢、游瑞云、黄宝铨、陈荣国、刘敏毅、杨松伟、杨文卿、钱庆荣等参与编著;福建师范大学 2001 级到 2013 级环

境科学和 2004 级到 2013 级环境工程硕士点的全体研究生、2000 级到 2013 级高分子化学与物理和 2004 级到 2013 级材料加工工程硕士点部分研究生,共 100 多人参与了书稿资料的收集和演讲。正是由于有这批年轻又有朝气的学子的努力促成和认可,才使书稿不断完善,得以脱稿交付出版,由于参与研究生人数太多,无法一一列出,他们大多已走上材料或环保的教学、科研、管理和产业开发的工作岗位,在不同岗位为我国环境友好材料产业作出应有的贡献,作者向他们表示感谢;本书的成文更要感谢作者的四位导师——福建师范大学的章文贡教授、庄锦树教授和厦门大学的郭金泉、潘容华教授,是他们的精心授业、谆谆教导和鼓励,才使团队有能力和毅力完成本书。本书作者虽对环境友好材料的界定、定义、分类和研发环境友好材料的思路有所创新,也融入了本研究团队近十几年的研究成果,但本书仍是国内外专家集体智慧的结晶,因为本书引用了大量国内外文献资料,虽力求在图表和每章后面加以标注,但难免有所遗漏,在此一一表示感谢和歉意。

《环境友好材料丛书》由“环境友好材料”、“环境友好塑料”、“可环境消纳塑料的研发与应用”、“绿色高分子材料助剂”以及“含有毒有害物质的材料及替代技术”五本书组成,本书是该系列丛书的第三本。该系列丛书的出版获得了国家“十一五”科技支撑计划项目“替代毒害有机物的系列产品开发及产业化”(2006BAE03B06-03)和福建省“十二五”重大专项“新材料及器件开发与应用”专题“PBT 合成树脂原位改性及合金化关键技术研发及产业化应用”(2013HZ0005)的资助,同时获得了福建师范大学陈德仁资金的出版资助,在此一一表示感谢。该系列丛书也是“福建省改性塑料技术开发基地”和“福建省环境友好高分子材料工程研究中心”和“聚合物资源绿色循环利用教育部工程研究中心”等创新平台建设的成果之一。

由于水平所限,书中难免有疏漏之处,敬请批评指正。

陈庆华

2013 年 10 月于福州

目 录

《环境友好材料丛书》简介	i
丛书序一	iii
丛书序二	v
前言	vii

第一篇 实现塑料环境友好化技术措施

第一章 环境友好塑料的配方设计原则 3

本章导读	3
第一节 环境友好塑料的定义及研究方向	3
第二节 环境友好塑料实例——光钙型环境友好塑料	8
习题与思考	12
参考文献	13

第二章 塑料加工技术的节能降耗 15

本章导读	15
第一节 塑料加工传动系统的节能降耗	15
第二节 塑料加工成型系统的节能降耗	19
第三节 塑料加工辅助系统的节能降耗	26
第四节 塑料加工控制系统的节能降耗	30
习题与思考	30
参考文献	31

第三章 环境友好塑料的评价体系	32
本章导读	32
第一节 塑料制品的质量监控体系概述	32
第二节 塑料制品的质量监控体系实例	33
第三节 环境友好塑料的评价指标的发展	40
习题与思考	42
参考文献	42

第二篇 环境友好塑料

第一章 可环境消纳塑料	45
本章导读	45
第一节 无机粉体改性塑料环境友好材料的发展	45
第二节 无机粉体改性塑料环境友好材料的主要技术	48
习题与思考	56
参考文献	56

第二章 增韧改性塑料	58
本章导读	58
第一节 常用的增韧改性方法和机理	58
第二节 通用塑料的增韧改性	60
习题与思考	71
参考文献	71

第三章 纳米塑料	73
本章导读	73
第一节 纳米塑料定义	73
第二节 纳米塑料的研究现状	76
习题与思考	87
参考文献	87

第四章 仿生塑料	88
本章导读	88

第一节 仿生学概述	88
第二节 仿生塑料研究概况	91
第三节 仿生塑料研究展望	95
习题与思考	96
参考文献	96

第五章 抗菌塑料

本章导读	97
第一节 抗菌高分子材料概述	97
第二节 塑料抗菌剂	98
第三节 国内外塑料抗菌剂研究概况	103
第四节 抗菌剂和抗菌塑料的性能评价	106
第五节 抗菌塑料的开发与应用	108
第六节 抗菌塑料现存问题与发展趋势	109
习题与思考	110
参考文献	110

第六章 抗静电塑料

本章导读	111
第一节 静电的产生与危害	111
第二节 静电的消除与防治	112
第三节 抗静电材料概述	113
第四节 抗静电塑料的类型及原理	116
第五节 影响抗静电剂抗静电效果的因素	120
第六节 抗静电塑料研究进展	121
习题与思考	122
参考文献	122

第七章 无卤阻燃塑料

本章导读	123
第一节 无卤阻燃的概念	124
第二节 无卤阻燃的机理	124

第三节 聚烯烃无卤阻燃研究进展	126
习题与思考	132
参考文献	132
第八章 无铅化聚氯乙烯塑料	134
本章导读	134
第一节 PVC 热稳定剂的定义及机理	136
第二节 无铅化热稳定剂的应用研究进展	137
习题与思考	149
参考文献	149
第九章 稀土改性塑料	150
本章导读	150
第一节 稀土改性加工助剂	152
第二节 稀土改性成核剂	154
第三节 稀土改性润滑剂	156
第四节 稀土改性无机粉体塑料	157
第五节 稀土改性塑料的其他应用	161
习题与思考	165
参考文献	165
第三篇 废旧塑料的环境友好化	
第一章 塑料适应垃圾综合处置技术的生态设计	169
本章导读	169
第一节 生态设计概况	169
第二节 塑料适应垃圾综合处置技术的生态设计	172
习题与思考	176
参考文献	176
第二章 废旧塑料的再利用设计及环境友好化	177
本章导读	177
第一节 废旧塑料再利用现状	177

第二节 废旧塑料再利用原则	183
第三节 废旧塑料再利用设计	185
第四节 废旧塑料处理的环境友好化	191
习题与思考	196
参考文献	196
第三章 废旧塑料高质化改性和环境友好化	198
本章导读	198
第一节 废旧塑料高质化改性技术	198
第二节 废旧塑料环境友好化的发展	201
第三节 废旧塑料高质化改性技术的应用	204
习题与思考	229
参考文献	230
第四章 回收塑料静脉产业循环经济园区规划与建设	232
本章导读	232
第一节 塑料工业生态系统	232
第二节 回收塑料城市矿产园区的规划	238
第三节 回收塑料城市矿产工业园区的建设与管理	245
第四节 国内外回收塑料产业发展	249
习题与思考	252
参考文献	252

第一篇 实现塑料环境友好化 技术措施

塑料行业的快速发展与环境保护之间的矛盾日益突出,产业规模不断发展壮大,产品品种和产量不断增多,面对当前环境、能源、安全以及人类健康等问题的日益严峻,实现塑料高质化和环境友好化越来越受到重视。倡导绿色环保的消费理念、开发新型的生态环境材料、制定相关环保法律法规、规范生产厂商及消费者行为、健全回收体系、依靠科技进步不断降低塑料生产过程中的能耗,成为发展绿色塑料产业的内容,塑料环境友好化的呼声也越来越高。本篇主要从实现塑料环境友好化的各种技术措施入手,包括配方设计原则,塑料加工过程中的节能降耗,以及塑料环境友好的评价体系等,给读者一个从全方位角度去思考塑料和环境协调的真正内涵。