

华夏英才基金资助出版

淀粉塑料

——降解塑料研究与应用

○ 邱威扬 邱贤华 王飞镛 编著



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

淀粉塑料

——降解塑料研究与应用

邱威扬 邱贤华 王飞镝 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

淀粉塑料——降解塑料研究与应用/邱威扬, 邱贤华, 王飞镛编著. —北京: 化学工业出版社, 2002.3
ISBN 7-5025-3672-8

I. 淀… II. ①邱…②邱…③王… III. 塑料制品-降解-研究 IV. TQ320.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 002230 号

淀粉塑料

——降解塑料研究与应用

邱威扬 邱贤华 王飞镛 编著

责任编辑: 龚浏澄 邢 涛

责任校对: 陶燕华

封面设计: 蒋艳君

*

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

北京市燕山印刷厂印刷

北京市燕山印刷厂装订

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 8 字数 215 千字

2002 年 3 月第 1 版 2002 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-3672-8/TQ·1485

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

国家自然科学基金项目成果

项目批准号：29160011，2936410，
29564008，29864001

本书受华夏英才基金资助出版

前 言

为了解决世界性的塑料严重污染及开拓非石油基塑料原料的来源，20 世纪 70 年代降解塑料问世并发展迅速，目前已成为具有特殊功能的系列新材料，且得到广泛应用。由于其降解功能为当今世界性环境保护所急需，加上某些特殊功能已应用于生命科学和医疗领域，因此进入 21 世纪后，世界各国均投入大量人力、财力进行研究开发。

我们江西科学院是我国最早研究降解塑料的单位之一，从事淀粉、淀粉衍生物和降解塑料中的淀粉塑料研究逾 30 年，在国内率先研究成功淀粉塑料并通过正式鉴定，而后陆续办厂 4 家。

国家给我们的研究工作创造了良好的条件，我们先后承担了有关的国家自然科学基金课题四项、省自然科学基金课题及攻关项目四项，并多次受国家委派出席有关的国际学术会议。我们积极参与国内有关的学术、生产会议和组织活动，广泛与国内外同行交流，因此对这一领域的现状、动态及发展趋势有较深入的了解。

为了与我们的同行交流，为了使我们研究成果能更快更广泛地推广应用，为了使大家了解降解塑料及其应用前景，让更多的有兴趣的人投入到这一新型材料的研究开发和推广工作中，我们将多年的研究成果及收集的资料予以分析和总结，写成此书。

本书介绍了降解塑料问世的背景、发展的历程和所遇到的问题；对降解塑料的不同看法和学术上的争论；概括了降解塑料的分类和每类降解塑料的简要制备方法、性能和应用；汇集了降解塑料的国内外检测标准和方法；参考并分析了国内外自 20 世纪 70 年代以来有关降解塑料的专利、文献和资料的精华；对不同学派关于发展降解塑料的基础理论进行了介绍和评析；并着重总结了作者 30 年来对降解塑料中产量最大、目前应用最广的淀粉塑料的生产工

艺、形成机理、加工成型基础理论和降解机理的研究成果，并展望了未来降解塑料的发展趋势。

本书既有国内外最新降解塑料的发展动态和有关理论，也有各种降解塑料，特别是各类淀粉塑料的制备工艺、性能和应用概况描述；对各类降解塑料制品优劣的比较分析。因此，希望能对从事降解塑料研究开发的高等学校、科研单位和企业有参考价值，对化工、轻工和农产品深加工有关等专业的大中专师生、技术人员和工人也能从中得到降解塑料较系统的知识。本书也可对政府决策处理“白色污染”、一次性餐具和应用降解塑料制品提供现实的咨询。

参加本书编著的人员还有：邱清华（国外资料追踪检索）、江勇（国内资料追踪检索）、高岸涛（校对）、邱春荣（绘图）、喻继文（实验数据）、陈云（录入和打印）。另外，有关淀粉塑料应用及降解机理研究部分由北京农业大学王坚教授和中国科学院沈阳生态所刘增桢研究员协助测试，特此感谢。

鉴于这类新型材料问世和发展的历程中一直存在不同意见和争论；鉴于这类新型材料的应用时间尚短，而且在应用过程中暴露出许多缺陷；鉴于我们的学术水平和实践认识有限以及编写时间仓促等原因，本书可能还存在不少问题和错误，一些说法也会有不同的看法，我们仅是抛砖引玉，与大家探讨，恳切地希望读者提出宝贵意见，共同把降解塑料这一新型材料推向市场，广泛应用，造福人类。

编 者

2001年6月6日于江西科学院

目 录

1 概论	1
1.1 塑料——万能材料	1
1.2 塑料发展的困惑	5
1.3 降解塑料的出现	10
1.3.1 降解塑料问世概况	10
1.3.2 降解塑料应用	14
1.3.3 一次性降解塑料餐具	15
1.4 降解塑料分类	22
1.4.1 不完全生物降解性塑料	23
1.4.2 完全生物降解塑料	25
1.4.3 光降解塑料	47
1.4.4 光/生物双降解塑料	52
1.5 降解塑料发展历程及趋势	54
参考文献	61
其他参考文献	64
2 淀粉塑料兴起与发展	67
2.1 淀粉塑料的发展历史	67
2.2 淀粉塑料的研究开发机构	71
2.3 淀粉塑料发展过程中的争论	82
参考文献	90
其他参考文献	91
3 淀粉塑料基础理论	93
3.1 淀粉塑料形成机理	93
3.1.1 树脂相容性	94
3.1.2 淀粉接枝共聚形成淀粉-聚烯烃塑料	95
3.1.3 SP-87 淀粉塑料的形成机理	97
3.2 淀粉塑料成型加工基础	104

3.2.1	粘度对温度的依赖性	105
3.2.2	表观粘度的切变速率依赖性	107
3.2.3	零切粘度和表观粘度的切应力依赖性	107
3.2.4	粘度对浓度的依赖性	108
3.3	淀粉塑料降解机理	108
3.3.1	添加型淀粉塑料	109
3.3.2	双降解淀粉塑料降解机理	111
3.3.3	共混分解型淀粉塑料降解	113
3.3.4	SP-87 淀粉塑料降解	115
3.3.5	全淀粉或基本全淀粉塑料降解	118
3.3.6	国内学者对淀粉塑料的降解过程和机理解释	121
	参考文献	123
	其他参考文献	125
4	淀粉系列生物降解塑料	126
4.1	淀粉生物降解塑料的原料	126
4.2	淀粉生物降解塑料的制备	133
4.3	填充型淀粉塑料	140
4.3.1	SP-86 淀粉塑料生产工艺	141
4.3.2	国外填充型淀粉塑料	146
4.3.3	国内填充型淀粉塑料	146
4.3.4	对填充型淀粉塑料的评价	147
4.4	双降解型淀粉塑料	149
4.4.1	国外双降解型淀粉塑料	149
4.4.2	我国双降解型塑料	153
4.5	共混型淀粉塑料	156
4.5.1	国际概况	157
4.5.2	国内概况	160
4.6	SP-87 共混型淀粉塑料	160
4.6.1	树脂制备	161
4.6.2	生产工艺	161
4.6.3	性能检验	162
4.6.4	降解性能	162
4.7	天然淀粉冲压成型降解餐具	167

4.7.1	制备	168
4.7.2	结果和讨论	169
4.8	全淀粉热塑性塑料	172
4.8.1	全淀粉热塑性塑料目前概况	172
4.8.2	SP-90 全淀粉热塑性塑料	175
	参考文献	180
5	展望	187
	参考文献	193
附录 1	一次性可降解餐饮具通用技术条件 (GB 18006.1—1999)	194
附录 2	一次性可降解餐饮具降解性能试验方法 (GB/T 18006.2—1999)	206
附录 3	包装用降解聚乙烯薄膜 (GB/T 2461—1999)	217
附录 4	在受控堆肥化条件下测定塑料需氧生物降解的标准试验方法 (ASTM D5338—92)	222
附录 5	采用特定微生物测定降解塑料需氧生物降解性的标准 试验方法 (ASTM D5247—92)	231
附录 6	采用拉伸试验测定降解聚乙烯和聚丙烯降解终点 (脆点) 的 标准操作 (ASTM D3826—92)	237
附录 7	在模拟城市的废物堆环境下测定塑料好氧型生物降解的 标准法	242

1 概 论

1.1 塑料——万能材料

塑料已广泛应用于国民经济及人们日常生活的各个领域，上至航天航空器件，下至儿童玩具和日常用品，处处均有塑料的身影。特别是第二次世界大战以后，石油化工迅速发展，促进五花八门的塑料新产品诞生。就高科技的支柱之一——新材料而言，塑料是应用最广泛的材料，20 世纪末世界塑料产量已达到 1.3 亿 t，如按体积计，产量已居世界首位，超过了钢铁、铝、铜等金属材料的总和，成为名副其实的第一大材料工业。

美国的塑料制品年总产量达 3000 万 t 以上，日本、德国、法国、比利时、荷兰以及中国的台湾省其塑料制品的年产量均在数百万 t 到一千多万 t，而且多年来均以高达 5% 以上的速度递增着。我国塑料制品自 1996 年起已连续 3 年产量超过 1500 万 t，居世界第 2 位，有些品种产量已居世界首位，如农膜和地膜总产量超过 100 万 t，人造革和合成革总产量达 8.5 亿 m²，塑料编织袋总产量超过 100 万 t 等^[1~5]。

值得一提的是，塑料制品被誉为“坚强如钢铁；耐热如石英；质轻如羽毛；柔软如丝绸；弹性如海绵；色艳如鲜花”。

众所周知，塑料具有独特的优异性能。它的质量轻、比强度高、耐腐蚀性好，有些品种还具有光、电、磁、声和生物机能。一般说来，塑料的质量只有钢材的 $\frac{1}{5} \sim \frac{1}{4}$ ，比常用的铜、玻璃等材料要轻得多，通用塑料聚乙烯和聚丙烯塑料比水还轻，结构泡沫塑料（或称低发泡塑料）是一种相对密度在 0.5 左右并具有一定强度的新型材料，而高发泡塑料更是一种良好的隔音绝热材料和防震包装材料，虽然钢铁等一些传统材料与塑料相比，在强度，刚度，耐

温等方面占有明显的优势，但是塑料荣冠群材、无能媲美的耐腐蚀性和相对密度小、比强度和比刚度大、减摩、耐磨、绝缘、易成型、复合能力强等优良的综合性能，却大大提高了塑料的使用价值。结构发泡、使用各种高强度、高模量纤维增强以及各种各样的复合、增韧，更使塑料在机械力学性能方面得到了极大的改善，成为质轻而又兼具高模量、高强度的优质结构材料（塑料衬里、塑料喷涂、金属涂装等等塑料材料）；与天然材料的复合结构，使传统材料和塑料各尽其材、扬长避短地发挥了各自的特点，各种以塑料为基础的新型材料已进入结构材料的行列，这使塑料能在高技术领域中大显身手，应用塑料作为化工结构材料已经使化工材料发展上了一个新台阶。

塑料制品给人们的生活带来了许多方便，电视机、音响、电冰箱、空调器和电话机等等家用电器都是塑料制品，宾馆、饭店及家庭用餐的盘、碟、碗、勺乃至快餐饭盒和雪糕杯等均可由塑料制成。发达国家以及我国许多城市甚至将名菜佳肴蒸煮后迅速冷冻用塑料密封真空包装成为新型烹饪食品，不仅味美可口，还大大方便了顾客，节省了烧菜做饭的时间，很受人们的欢迎。

在农业上，塑料早就立下了汗马功劳。所谓的“白色革命”使农作物的产量跃上了一个新的台阶。据中国农业科学院土壤肥料研究所调查，如玉米覆盖塑料薄膜，增产 50~100kg/亩^①，棉花、花生、西瓜、烟草、蔬菜等增产率年均在 30%~50%。我国从 1979 年开始进行地膜覆盖试验，由于农民得益匪浅，推广应用迅速展开，仅 1993 年我国农地膜覆盖农田就已达八千万亩，1998 年后已超过亿亩，取得了巨大的经济效益和社会效益。利用农膜覆盖育秧，人们已不再害怕早春烂秧了。有了塑料农业大棚，即使是在寒冬腊月的北方，人们也可以吃到多种多样的新鲜蔬菜了。

塑料在农业的应用主要在三个方面。

① 农业覆盖材料 这是塑料制品的大用户，通常能按用途将

① 1 亩 = 666.7m²。

覆盖材料分为棚膜、地膜及其他覆盖材料。

棚膜按使用功能又有十多种，常见的有普通棚膜、耐老化膜、长寿膜、流滴长寿膜、保温长寿膜、三层复合功能膜、PE 多功能农膜、PE 与 EVA 三层复合功能膜、EVA/EVA/EVA 三层复合功能膜、PVC 无滴长寿膜、PVC 无滴长寿防尘膜、PE 转光膜、PVC 转光膜以及各种专用棚膜，如紫光膜、蓝光膜、日光膜、人参膜、流滴小棚膜、育秧膜等。地膜市场上常见品种有透明地膜、黑色地膜、银灰地膜、绿色地膜、除草地膜、流滴地膜、红光地膜。另外还有黑/白配色地膜、黑白双色地膜，黑/银灰双色地膜等。

其他覆盖材料还有遮阳网、防虫网、无纺布、反光幕、保温复合卷材、保温幕、保温被等。

② 农用塑料管材 我国市场上常见并在实际生产中使用较多的农用塑料管材包括灌溉用低压输水管材、喷灌微灌用高中压管材、排水管、供水管、节水灌溉用出水器及配件、农用防渗膜片。灌溉用低压输水管材有：地理 PVC 及 HDPE 管材，地理波纹管。地上用塑料管一种是薄壁柔性塑料膜管，另一种是维尼纶、涤纶纺织物涂塑料管。喷灌微灌用高中压管材：作用压力在 0.4 ~ 1.0MPa，有 PVC 管、PE 管及加筋管材。部分中小型喷灌机组也用涂塑软管。排水管常用单壁波纹管。供水管主要用于乡镇供水，采用小口径 PVC 管。

节水灌溉用出水器及配件，包括各种用途喷水、滴灌用滴头、微喷水、过滤器、注肥加压装置、连接件等、大量选用 PE 树脂等精密加工的塑料管件，喷头选用均聚甲醛等。

农用防渗膜片，用于水渠、水库、堤坝等土工工程防渗的塑料膜片主要有 LDPE、LLDPE、EVA、MDPE 或 HDPE 等材质单一或共混生产，也有部分 PVC 土工膜在市场上应用。我国自行开发的用防渗膜与土工布复合生产的一布一膜或两布一膜在市场上很受欢迎，具有广泛的发展空间。

③ 果蔬保鲜膜 果蔬保鲜膜材料经过 20 多年开发，现已形成 LDPE、LLDPE、EVA 等树脂制作的各種保鲜膜，但国际市场上

较多见的 PS 保鲜膜和聚异丁烯保鲜膜在我国鲜见。作为粮食贮存保质保鲜的薄膜品种有 PE/PA/PE 三层或五层复合膜，或将 PA 换成 EVOH 的多层复合膜。也有用厚型 PVC 农膜的。市场上常见的小型粮食贮运大多采用 OPP/PET/PE 或 OPP/CPP 复合产品，一批能够参与国际竞争的农用覆盖材料新产品将陆续投放市场，形成产业化，它们是寿命为 48~60 个月的长寿膜；具有消滴、消雾功能的流滴膜、防尘农膜；与使用寿命同步的外涂覆型流滴长寿膜；发光强度高、半衰期长、耐候性好的红光转光膜或者蓝-红光转光膜；解决耐候性、消滴性技术难题，将作为一种新的农用基材崭露头角的双向拉伸 PET 硬片；将作为超耐久高强度高透明新型材料在现代温室中得到广泛应用的 PC 中空板材；各种将给我国草害严重的广大地区带来福音，代替传统草苫、草帘、纸被的轻型、宽幅外保温覆盖材料。

塑料在工业上，特别在高新技术领域更是身手不凡，汽车工业越来越依赖塑料工业的发展，美国通用汽车公司研制出了汽车塑料弹簧比钢制弹簧轻了三十多 kg，而寿命比钢制弹簧还长；美国新泽西州发动机研究所制成了一台塑料发动机，比金属制造的轻 90kg，已在一辆赛车上应用；日本丰田汽车公司已制出了全塑料汽车并进行了各种性能测试。汽车工程师们经过对比分析认为，用金属制成的汽车零件加工程序十分烦琐，改用塑料后问题就迎刃而解了，因为塑料浇铸出来的零件精密，加工起来简单方便，生产周期大大缩短，另外设计师们可根据顾客的需要设计出多种塑料零部件新花样，让汽车也像服装家族一样，不断更新，合乎潮流。有专家预言汽车的外部零件将越来越多地被塑料取代，不久的将来，全塑料型的汽车将大量奔驰在高速公路上。

塑料建材近年来发展迅速，它不仅具有轻型、美观、保温和安装方便的优点，而且是一种节能产品，作为建材可大量代钢代木，且大大改善和优化建筑功能和条件，塑料门窗和泡沫绝缘材料可大幅度提高保温效能，与钢、铝窗比较，可节约采暖能耗 30%~50%。在发达国家和我国，建筑用铸铁管，供水镀锌管，农用灌溉

管等已逐步被各种塑料管材代替。

在电子工业中，1997 年美国宾夕法尼亚大学的阿曼迈克德耳密德教授研究成功导电塑料，现已成为电子工业中最富有魅力的材料广泛应用。20 世纪 80 年代末日本杜川田次士采用一种和制造半导体工艺十分相似的注入技术制造出了聚乙炔，用它制造了世界上第一个塑料二极管，这次研究成果表明，不久的将来二极管和晶体管也可用导电塑料制作了。

20 世纪 80 年代以后，在军事工业上也采用了很多塑料新材料，美国波音公司用塑料一次制成整个飞机机翼，美国海军则用塑料制造潜水艇外壳。

在医药卫生领域，用塑料制造了人工心脏和人工关节，并且已用在临床上；美国犹他大学的科学家研究制造塑料胰脏；最近已有液晶塑料纸条式体温计上市，只要把这种塑料条往患者前额上一贴，马上就能显示出病人的体温，减少了消毒的麻烦，测量准确，使用方便。

总之，由于塑料比强度高、质量轻、不锈蚀、有一定的绝热和绝缘性以及具有与金属材料某些相似性能，因而 20 世纪 80 年代以来，塑料工业发展突飞猛进，在当今世界，以塑料为基料的新材料层出不穷，塑料的应用范围每隔三四年就要翻一番。据统计，现今美国一年消耗的塑料就体积而言，比钢、铜、铝等常用金属材料的总和还要多，以至于一些材料专家预言，过去曾经占据天下的钢铁等金属材料和玻璃、纸张，很可能要被塑料取而代之，塑料将作为万能材料称雄世界。

1.2 塑料发展的困惑

正当塑料工业蓬勃发展之际，当今的化学家和生态学家却忧心忡忡。塑料的发展面临着两道严峻的难题：一是原料有限，越来越短缺；二是严重污染环境。

塑料制品所用的树脂原料绝大部分是来源于石油化工，人们在大力开拓石油化工产品的同时也发现了石油资源是有限的。据英国

石油公司早在 1988 年出版的《世界能源统计评论》一书中早就警告世人，世界上已探明的石油储量为 965 亿桶，按当时用量还可用 40 年。后来委内瑞拉、伊朗和伊拉克等石油资源国对他们的石油储量宣布做重大修改，一下子便使世界上已探明的石油储量增加了 27%，然而全世界的石油消费量在 20 世纪 80 年代初以每年 3% 的速度增长，1987 年以后虽然各国已认识到了问题的严重性，采取了许多有力措施，但消费量仍以 1.4% 的速度增长，20 世纪 90 年代以后，世界五大石油消费国美、俄、日、法和除俄罗斯外，消费量都以较大幅度增长，特别是我国，由于经济发展迅速，从石油输出国转变为石油进口大国了，因此有限的石油资源给塑料工业的发展蒙上了一层阴影。近年来发表的资料表明石油储量还有所增加，但大都估计总储量按现在的需求应用能支持不过 50 年左右，不管这些数字是否准确，但石油总有枯竭的一天，因而就世界而言，寻找新的对环境友好的塑料原料，发展非石油基聚合物迫在眉睫。

塑料材料由于受到本身的和外界的作用及影响（如热、光、电、机械、化学介质、霉菌等），将逐渐老化而成为废弃物，成为社会巨大的污染源。同时由于塑料制品的使用领域各异，其使用寿命也差异很大，如一次性使用的包装材料、医用器械、农用地膜、渔网等，使用寿命在 1~2 年；日用杂品、玩具等为 3~5 年；周转箱、电工制品等为 6~9 年；建筑材料约为 50 年，它们到时都会成为一堆难以处理的垃圾。

庞大的难降解的“白色污染”物——塑料严重污染环境是一个摆在人们面前的现实问题。一位生态学家曾警告说：“塑料！塑料！到处都是塑料，弄得不好，塑料会使人间乐土变得荒无人烟。”当然，这也有些言过其实了。但是，现行塑料在自然环境中很难分解是事实，日本科学家对聚乙烯、聚丙烯和聚氯乙烯等塑料制品做了长期的试验，数据表明，它们的分解至少需 300 年；而燃烧处理又会产生有害气体，人们看到越来越多的塑料垃圾正严重地危害生态环境。生态学家们提供的报告指出，由于遭受废弃的塑料困扰或吞

下废弃的塑料，每年都有大量的海鸟和野生动物死亡。另外，越来越多的塑料垃圾也在困扰人类，使人类生活的环境里到处都有塑料垃圾^[6~17]。

目前，全世界塑料的年总产量预计将达到每年 1.5 亿 t，废弃的塑料制品大约每年达 6000t，且数量正以惊人的速度增加，世界各国也已采取了多种手段来解决这个扰人的问题，现较有效的有：

- (1) 土埋 欧美等国 80% 以上的废弃塑料制品采用土埋的方法，这浪费了大量的土地，一些人口密度高的国家越来越难以承受；
- (2) 焚烧 日本对 70% 以上的废弃塑料制品进行焚烧处理，但焚烧产生大量的二氧化碳，助长了温室效应，同时由于塑料中氮、硫、磷、卤素皆存在于空气中，使之成为酸雨的一个来源。

据日本橡胶协会报道，日本大武义人等研究了将 LDPE、PS、PVC 及 UF 膜片等埋入微生物活性高的土壤 32~37 年，微生物对各种塑料的影响结果表明，PS、UF 没有变化；PVC 外观没有变化，但其表面上的增塑剂减少并发生了氧化作用，性能变劣；LDPE 伴随有发白现象，与土壤接触部分均成碎片，显示出严重的破坏和分解现象，在需氧细菌活跃的地表附近采集的试样，可见有非常严重的老化降解现象，但经评价方法检测，其失重仅约 15%，以此计算，厚度为 60 μ m 的 LDPE 薄膜要达到完全降解将需要近 300 年^[12~15]。

因此由废旧塑料制品组成的固体垃圾威胁着塑料工业的发展。据报道，仅美国在 20 世纪 70 年代与 80 年代间，各州和地方政府就通过了 800 多个有关处理固体垃圾的议案，而这些垃圾的主要来源是现已被以多种形式禁止的塑料包装材料。

鉴于摆在世界城市面前垃圾处理的难题，人们对于难分解的塑料垃圾怨声载道。据美国环保机构 (EPA) 估计，20 世纪 70 年代美国约有 18500 个垃圾场，而到 80 年代，该数字已降至 6000，因为其他的垃圾场已满容量，而在垃圾中纸和塑料所占份量最大，废塑料按质量约占 8%，而按体积则占 20%。纸虽然份量比塑料还大，但它可以降解，而难分解的废旧塑料却成为垃圾场的

永久居民。人们希望回收废旧物质，既减少资源的浪费，又可大大减轻垃圾场的负担。然而，20 世纪 80 年代塑料的回收利用率仅为 1%，与铝的 50%，纸的 30% 及玻璃的 25% 相比是太低了，虽然近期有所提高，但也只是徘徊在百分之几，根本不解决实际问题。

我国塑料工业起步较晚但发展迅速，20 世纪末塑料制品总产量已超过 1500 万 t，短期使用的包装材料和农用地膜约占塑料制品总量的 35%，达 500 万 t 以上，据资料显示，我国塑料加工业产量每年以 10% 的速度递增，预计到 2005 年，全国塑料制品产量达到或超过 2500 万 t^[3]。其中一次性塑料用品和地膜每年有超过 500 万 t 作为垃圾抛弃，因此“白色污染”也很严重。据报道，我国七大水系均受到塑料废弃物不同程度的污染，如长江上漂浮的垃圾就令人触目惊心，包括发泡餐具和废弃塑料的垃圾阻塞导致落差减少和停机清淤，使葛洲坝水力发电厂每天要少发电 200 万 kW·h。

我国在地膜覆盖量已居世界首位，2000 年已超过 1 亿亩，在人们庆幸这一新技术使农作物大幅度增产的同时也已惊呼其负效应严重，据山西省 1991 年调查，连续 5 年使用地膜的麦田，亩残留地膜碎片竟达到 23kg，导致小麦减少 26%；北京市农业局 1988 年在北京市近郊调查，花生、西瓜、蔬菜地中薄膜的残留量占投入量的 1/3 左右，受残留薄膜的影响，蔬菜品质下降，茄果类果实小、色淡；叶菜类叶色偏黄；根菜类根变细、须根多，同时这些蔬菜都易染病，主要原因是蔬菜种子有些扎根在膜上，不能很好地吸收养分，造成植株矮小、抗病力差。在对小麦田的观察中，可以看到，当小麦地里的残膜达到每亩 2.5kg，减产幅度可达到 7% 左右，《中国环境报》1990 年 3 月 20 日就已报道，大量废旧塑料残留田间，受污染的土壤使大片庄稼枯死，如河南省沈丘县调查的七个村麦苗枯死占 17%，一年中大牲畜因误吃薄膜死亡的有 53 头。特别需要指出的是，中国地膜不同于美国和日本等国家，我国农用地膜用量大，厚度极薄，回收非常困难，即使回收也难以清洗，且不易二次