

功能性 塑料薄膜

温耀贤 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

功能性塑料薄膜

主 编 温耀贤
编写人 温耀贤
邓汉英
温 静



机械工业出版社

本书主要介绍功能性塑料薄膜的性能、生产工艺、配方及应用。全书分为8章,第1章为概况;第2章介绍塑料及其薄膜的性能;第3章介绍塑料薄膜的主要成型方法;第4章至第8章,分别介绍功能性农用薄膜、抗静电薄膜、收缩薄膜(包括热收缩薄膜及拉伸薄膜)、降解薄膜、高阻隔薄膜。本书内容丰富、通俗易懂、实用性强,可供从事塑料薄膜生产及应用企业的工程技术人员、高级技术工人及大专院校师生阅读。

图书在版编目(CIP)数据

功能性塑料薄膜/温耀贤主编. —北京:机械工业出版社, 2005.9
ISBN 7-111-17149-7

I. 功... II. 温... III. 塑料薄膜 IV. TQ320.72

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第089429号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:张秀恩 责任编辑:王兴垣 版式设计:冉晓华

责任校对:樊钟英 封面设计:张静 责任印制:洪汉军

北京瑞德印刷有限公司印刷

2005年9月第1版第1次印刷

1000mm×1400mm B5·10.625印张·414千字

0001-4000册

定价:30.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68326294

封面无防伪标均为盗版

序

工业化的塑料薄膜起源于各种改性纤维素膜，这段历史在 20 世纪几乎持续了近半个世纪。直到 20 世纪 50 年代开始，聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚酯等由石油化工发展带来的高分子材料的出现及其作为塑料薄膜的应用，使塑料薄膜在产品品种、性能、产量以及市场扩展等方面，出现了一次又一次的飞跃。塑料薄膜在农业、包装、化工、电子、建筑、国防、交通运输和人们日常生活中扮演了越来越重要的角色。

特别是近十多年来，塑料薄膜向功能化发展，对工农业生产和人民群众的日常生活产生了巨大的影响。仅就包装用塑料薄膜而言，它极大地提升了产品的质量和保质期，更方便了人们的日常生活。

本书作者温耀贤同志长期在塑料薄膜领域从事研究开发和生产，从理论到实践都积累了丰富的知识和经验，特别是他参与主持开发的《耐候光转换无滴农膜的研制》，获上海市科学技术进步一等奖和国家科学技术进步二等奖。编写这样一本《功能性塑料薄膜》是非常合适的。

本书对常见的功能性塑料薄膜的原料、性能、配方原则和加工工艺进行了深入详尽的叙述，对塑料薄膜领域从事研究开发和生产的工程技术人员来说，这无疑是一本非常有用的工具书。

我认为，本书的一个最大的特点，是它的内容来自生产第一线，又将服务于第一线的生产企业。

我们国家正处于奔小康的关键时期，塑料薄膜在工农业生产和人民群众日常生活中的作用优势非常明显，所以我非常高兴地向读者推荐此书。我相信本书必将受到塑料薄膜从业人员的欢迎，也将对我国塑料薄膜的开发和生产产生积极影响。

许乾慰

前 言

近年来,随着合成树脂业、塑料添加剂业、塑料机械业的发展,塑料制品业也得以飞速发展。塑料已成为人类活动必不可少的材料。作为大量塑料制品的塑料薄膜,在生产、应用和市场开发等方面,正以一个崭新的面貌,呈现在我们面前。在无数种塑料薄膜新品中,我们注意到一类既保持塑料薄膜基本性能,又具有某种特殊功能的薄膜——功能性塑料薄膜,它在工业、农业、电子、资讯及日常生活等领域,都在发挥着极其重要的作用。编者根据多年的专业技术工作实践收集和整理了一些高效低成本功能性塑料薄膜的研究、开发经验,编著了本书。

本书注重功能性塑料薄膜的实用技术,以功能性农用塑料薄膜为重点,同时介绍抗静电薄膜、收缩薄膜、降解薄膜、高阻隔薄膜等功能性薄膜的生产原理、配方和工艺技术、发展趋势。此外,还介绍了相关的合成树脂、添加剂、塑料薄膜成型机械的性能、品种及技术参数,为企业研究、开发功能性塑料薄膜,提供大量有益的技术资料。由于功能性塑料薄膜涉及的合成树脂品种及成型方法较多,难于详细论述,故在叙述时,常以聚乙烯塑料、挤出吹膜成型为例。本书在介绍功能性薄膜的工艺配方时,虽然编者认为是有效的,但由于应用条件的差异,不能保证其准确性,读者在实际使用时,还需重新验证。

在编写本书过程中,参阅了大量专著、期刊、论文及文献资料,对参考量大的文献,已在书后列出。此外,还参阅了美国氟特公司、瑞士汽巴公司、德国科莱恩公司等供应商的技术资料。在此对文章作者表示感谢!

本书内容通俗易懂,实用性强,适应于不同文化层次的读者,可供塑料薄膜生产及应用企业的工程技术人员、高级技术工人及大专院校塑料专业学生阅读。

本书由温耀贤主编;邓汉英编写了第4章之4.4.7及4.5.6;温静为本书提供了多篇技术资料译文。本书承蒙许乾慰教授、茅雅英高级工程师审阅。本书的编写和出版,得到了机械工业出版社的热情支持和指导,在此深表谢意。

功能性塑料薄膜涉及的领域广泛,技术更新速度快,加之编者水平有限,不妥之处,在所难免,敬请读者指正。

编 者

目 录

序

前言

第1章 绪论 1

1.1 塑料薄膜及功能性塑料

薄膜 1

1.1.1 塑料薄膜的发展 1

1.1.2 我国功能性塑料薄膜的发展 2

1.2 功能性塑料薄膜的特点 3

1.3 功能性塑料薄膜的发展趋势 5

1.3.1 改善功能性塑料薄膜的功能, 扩大其应用范围 5

1.3.2 研究和开发新的功能性塑料薄膜 8

第2章 塑料及其薄膜的性能 11

2.1 塑料薄膜用聚合物 11

2.1.1 塑料 11

2.1.2 热塑性塑料 11

2.1.3 薄膜用的热塑性塑料 12

2.2 聚乙烯 (PE) 16

2.2.1 聚乙烯的种类 16

2.2.2 聚乙烯的性能 18

2.2.3 低密度聚乙烯 (LDPE) 20

2.2.4 线形低密度聚乙烯 (LLDPE) 23

2.2.5 超低密度聚乙烯 (ULDPE) 28

2.2.6 茂金属线形低密度聚乙烯 (mLLDPE) 29

2.2.7 中密度聚乙烯 (MDPE) 31

2.2.8 高密度聚乙烯 (HDPE) 32

2.3 乙烯-醋酸乙烯共聚物 (EVA) 35

2.4 聚丙烯 (PP) 38

2.4.1 聚丙烯型号的命名 38

2.4.2 聚丙烯及其薄膜的外观特征 40

2.4.3 聚丙烯及其薄膜的基本性能 40

2.4.4 聚丙烯及其薄膜的加工性能 41

2.5 聚氯乙烯 (PVC) 43

2.5.1 聚氯乙烯树脂及塑料的种类 43

2.5.2 聚氯乙烯及其薄膜的外观特征 45

2.5.3 聚氯乙烯及其薄膜的基本性能 45

2.5.4 聚氯乙烯及其薄膜的加工性能 47

2.5.5 聚偏二氯乙烯 (PVDC) 49

2.6 聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET) 52

2.6.1 PET 及其薄膜的外观特征 52

2.6.2 PET 及其薄膜的基本性能 52

2.6.3 PET 及其薄膜的加工性能 53

2.7 聚酰胺 (PA) 54

2.7.1 聚酰胺及其薄膜的外观

特征	55	标准	93
2.7.2 聚酰胺及其薄膜的基本性能	55	3.3 挤出流延法	93
2.7.3 聚酰胺及其薄膜的加工性能	56	3.3.1 挤出流延法的生产特点	93
2.8 聚苯乙烯 (PS)	57	3.3.2 挤出流延法的生产设备	94
2.8.1 聚苯乙烯及其薄膜的外观特征	57	3.3.3 挤出流延法的生产技术	96
2.8.2 聚苯乙烯及其薄膜的基本性能	58	3.3.4 挤出流延法常见薄膜及用途	98
2.8.3 聚苯乙烯及其薄膜的加工性能	59	3.3.5 挤出流延薄膜的适用标准	98
2.8.4 苯乙烯-丁二烯共聚物 (BS)	59	3.4 溶液流延膜法	99
2.9 聚乙烯醇 (PVA)	60	3.4.1 溶液流延膜法的生产设备	99
2.9.1 聚乙烯醇及其薄膜的外观特征	61	3.4.2 溶液流延膜法的生产技术	100
2.9.2 聚乙烯醇及其薄膜的基本性能	61	3.5 薄膜的压延成型	101
2.9.3 聚乙烯醇及其薄膜的加工性能	63	3.5.1 薄膜压延成型的特点	101
2.9.4 聚乙烯醇缩丁醛 (PVB)	64	3.5.2 软聚氯乙烯薄膜压延成型的生产技术	102
第3章 塑料薄膜的成型方法	66	3.5.3 压延成型薄膜的适用标准	104
3.1 概述	66	第4章 功能性农用塑料薄膜	106
3.1.1 薄膜的挤出成型	66	4.1 农用塑料薄膜	106
3.1.2 薄膜的溶液流延成型	66	4.1.1 农用塑料薄膜的种类	106
3.1.3 薄膜的压延成型	67	4.1.2 塑料棚膜的市场	106
3.1.4 薄膜的干式复合	67	4.2 棚膜的光学性能	107
3.1.5 薄膜的机械加工法	67	4.2.1 塑料温室 (大棚) 中的太阳光传播	108
3.2 挤出吹膜法	67	4.2.2 太阳光波长与农作物栽培	108
3.2.1 挤出吹膜法的分类	67	4.2.3 太阳光与棚膜的使用	109
3.2.2 聚乙烯薄膜的生产	70	4.3 聚乙烯农膜的流滴性	110
3.2.3 苯乙烯-丁二烯 (BS) 共聚物薄膜的生产	87	4.3.1 普通聚乙烯棚膜滴水的危害性	111
3.2.4 聚丙烯薄膜的生产	89	4.3.2 聚乙烯棚膜的防滴水	112
3.2.5 挤出吹膜产品的适用		4.3.3 流滴剂的选择	116
		4.3.4 聚乙烯无滴棚膜的生产	119
		4.3.5 流滴减雾棚膜	123

4.3.6 聚乙烯农膜的流滴功能 检测	126	4.7 其他功能农膜	194
4.4 聚乙烯棚膜的防老化	128	4.7.1 紫外线隔绝棚膜	194
4.4.1 影响聚乙烯棚膜使用寿命 的原因	129	4.7.2 光转换棚膜	199
4.4.2 聚乙烯棚膜的老化机理	131	4.7.3 聚乙烯漫反射棚膜	207
4.4.3 聚乙烯棚膜防老化的 对策	133	4.7.4 着色塑料农膜	208
4.4.4 聚乙烯棚膜的稳定剂	135	第5章 收缩薄膜	212
4.4.5 聚乙烯棚膜常用的稳定剂 品种	138	5.1 概述	212
4.4.6 聚乙烯棚膜稳定体系 的设计	142	5.2 热收缩薄膜	213
4.4.7 聚乙烯棚膜防老化性能 的验证	147	5.2.1 薄膜热收缩的机理	213
4.4.8 聚乙烯防老化棚膜的 生产	160	5.2.2 热收缩薄膜生产的主要技术 参数	213 *
4.5 聚乙烯棚膜的保温性	162	5.2.3 典型的热收缩薄膜	218
4.5.1 塑料温室栽培与温度	162	5.2.4 LDPE 热收缩膜的生产 技术	224
4.5.2 影响温室内温度变化 的因素	162	5.2.5 PVC 热收缩膜的生产 技术	226
4.5.3 提高聚乙烯棚膜的 保温性	164	5.3 拉伸收缩薄膜	230
4.5.4 聚乙烯棚膜用的保温剂	168	5.3.1 聚乙烯拉伸薄膜	231
4.5.5 聚乙烯棚膜保温的技术 要点	173	5.3.2 聚氯乙烯拉伸薄膜	240
4.5.6 聚乙烯棚膜保温性的 检测	174	5.4 收缩薄膜的应用	241
4.6 聚乙烯多功能棚膜	175	5.4.1 热收缩薄膜的应用	241
4.6.1 概述	175	5.4.2 拉伸收缩薄膜的应用	244
4.6.2 聚乙烯多功能棚膜的 材料	176	5.4.3 收缩薄膜的适用标准	245
4.6.3 聚乙烯多功能母料的 制造	178	第6章 降解塑料薄膜	246
4.6.4 聚乙烯多功能棚膜的 生产	183	6.1 降解塑料概况	246
4.6.5 聚乙烯多功能棚膜的 使用	192	6.1.1 降解塑料的种类	247
		6.1.2 我国降解塑料的应用 现状	247
		6.1.3 我国降解塑料的发展 趋势	248
		6.2 生物降解塑料及薄膜	249
		6.2.1 添加型可生物降解塑料 及薄膜	249
		6.2.2 完全生物降解塑料 及薄膜	255
		6.3 光降解塑料及薄膜	262

6.3.1 添加型光降解塑料薄膜 的特点	262	因素	288
6.3.2 添加型光降解塑料薄膜	263	7.3.4 抗静电薄膜的生产	290
6.3.3 聚合型光降解塑料薄膜	265	7.4 抗静电薄膜的静电性 检测	293
6.4 光-生物降解塑料薄膜	266	7.4.1 抗静电薄膜试样的 处理	294
6.5 水降解塑料薄膜	267	7.4.2 空心胶囊滚动摩擦法	294
6.5.1 聚乙烯醇薄膜的降解 机理	267	7.4.3 烟灰吸附法	295
6.5.2 聚乙烯醇水降解薄膜的生产 技术	267	7.4.4 表面电阻率及体积电阻率 的测定	296
6.6 降解塑料薄膜的适用 标准	270	7.4.5 静电半衰期	297
第7章 抗静电薄膜	271	第8章 高阻隔薄膜	299
7.1 静电及抗静电薄膜	271	8.1 塑料薄膜的阻隔性能	299
7.1.1 静电的产生	271	8.1.1 塑料薄膜的阻隔性指标	299
7.1.2 静电的危害	272	8.1.2 影响薄膜阻隔性的主要 因素	300
7.1.3 抗静电塑料的种类	273	8.1.3 合成树脂的阻隔性能	302
7.2 聚乙烯-炭黑导电塑料 薄膜	278	8.1.4 高阻隔薄膜的适应性	304
7.2.1 炭黑的性能	279	8.2 提高塑料薄膜阻隔性 的方法	305
7.2.2 炭黑对薄膜导电性的 影响	279	8.2.1 塑料的共混改性	305
7.2.3 聚乙烯-炭黑导电塑料薄膜 的生产	281	8.2.2 阻隔涂(镀)层	305
7.3 内添加型抗静电塑料 薄膜	284	8.2.3 干式复合	308
7.3.1 抗静电剂的发展与应用	284	8.2.4 挤出复合	312
7.3.2 抗静电剂的种类	285	8.2.5 共挤出复合	317
7.3.3 影响抗静电薄膜性能的主要 因素	288	8.3 高阻隔薄膜的适用标准	328
		参考文献	330

第 1 章 绪 论

1.1 塑料薄膜及功能性塑料薄膜

1.1.1 塑料薄膜的发展

早在 19 世纪 80 年代, 硝酸纤维素膜已进入工业化生产。但直到 20 世纪 40 年代, 在聚氯乙烯薄膜、聚乙烯薄膜进入工业化生产后, 塑料薄膜才有较快速度的发展。20 世纪 50 年代至 60 年代, 聚丙烯、聚酯、尼龙等新品种合成树脂的批量投产, 双向拉伸成型技术及新设备的问世, 添加剂的品种增多和质量的提高, 使 PVC、PE、PP、PET、PA 等塑料薄膜, 在品种、产量、市场扩展等方面, 都出现了飞跃。20 世纪 70 年代至今, 塑料薄膜进入鼎盛发展期, 塑料薄膜的发展, 既体现在数量上, 更体现在性能改善、品种增加、产品结构的调整上。21 世纪, 是世界经济进入全球化和信息化时代, 在塑料薄膜高科技产品发展的同时, 环境问题、资源和能源问题也凸现出来。为保持塑料薄膜市场的可持续发展, 就必须处理好经济与环境、资源、能源的关系。塑料功能性薄膜应运而生, 它迎来了良好的机遇, 并将接受更严峻的挑战。

有关数据显示, 2003 年世界塑料产量已大于 2 亿 t。其中, 35% 用于包装产业; 塑料薄膜产量约占 20%; 其中, 功能性薄膜约占薄膜产量的 20% ~ 25%。

我国的塑料制品, 在 20 世纪 50 年代初, 几乎是一个“空白”。据调查资料显示, 1949 年 11 月份上海塑料的实际产量, 只有 49.5t (原文为公吨, 下同); 天津每月可出 5t 塑料, 算来全国全年总产量不会超过七八百 t (原文刊载于 1950 年《北京中等教员暑期学习会、自然科学讲座化学之部》、陈建侯的调查“我国胶木工业的现状及将来的发展”)。当时的塑料仅限于热固性塑料, 年产量只相当于如今一个中等规模塑料制品企业的月产量。我国塑料薄膜是在 20 世纪 50 年代后期, 以聚氯乙烯、聚乙烯塑料为基础发展起来。历经 40 多年努力拼搏, 才形成品种齐全、技术先进的塑料薄膜制品业。据统计资料显示, 2004 年, 我国塑料制品产量已达到 18466kt, 位居世界三甲之列。我国塑料制品的产量, 可见表 1-1。2004 年, 塑料薄膜产量已达 3659kt, 约占塑料制品总产量的 20%。其中, 农用塑料薄膜产量为 729kt (位居世界第一)。约占塑料薄膜产量的 20%。

21 世纪初, 塑料制品年平均增长速度, 已高于同时国民经济总增长速度, 在 4% ~ 10% 以上。

表 1-1 2004 年我国塑料制品产量

制 品 种 类	产量/kt	占总产量比例 (%)
塑料制品总产量	18 466	
塑料薄膜	3 659	19.8
塑料棒材管材	1 970	10.7
塑料型材 (板片材)	1 688	9.1
塑料丝及编织制品	2 024	11.0
塑料人造革/合成革	1 005	5.4
泡沫塑料	859	4.7
塑料包装箱及容器	855	4.6
日用塑料制品	2 248	12.2
其他	4 157	22.5

注: 摘录自中国塑协通讯, 2005. 01。数据来源: 国家统计局。

1.1.2 我国功能性塑料薄膜的发展

塑料薄膜能以较高速增长, 不仅靠使用量的增加, 还在于薄膜的性能的提高, 新品种的不断涌现。而这些, 又与添加剂业和塑料机械业的发展有密切的关系。目前, 功能性塑料薄膜与普通塑料薄膜, 还不能严格地区分。不过, 功能性塑料薄膜是一类既保持原有塑料薄膜性能, 又具有特殊性能的高效低成本塑料薄膜。

据有关资料显示, 功能性塑料薄膜的生产, 始于农用塑料薄膜的应用。我国在成功地生产及应用 PVC 农用薄膜后, 在 20 世纪 60 年代初, 就开始进行农膜的防老化、流滴功能的研制, 生产出防老化无滴 PVC 农膜, 并在以后的几十年里, 不断提高农用薄膜功能, 开发农用功能薄膜新品种, 使我国农用功能薄膜的技术水平达到或接近世界先进水平。60 年代起, 我国还进行抗静电薄膜、热收缩薄膜的研制和生产。PVC 热收缩套管, 是最早进行工业化生产的功能薄膜新品种。20 世纪 70 年代, 曾有一股“咖儿朴”热。各种塑料制品都在推广无机矿物质填料, 当时, 由于未能解决无机矿物质粉体微细化处理技术, 塑料薄膜生产还不能大量使用无机填料。不过, 无机矿物填料的推广应用, 催生了填充母料企业, 并逐渐形成添加剂母料——功能母料企业。从此, 功能性薄膜与功能性母料, 结合成一个紧密相关体, 推动了功能性薄膜的快速发展。20 世纪 80 年代以

后,我国进入改革开放年代,许多国际知名品牌的添加剂、塑料成型机械陆续进入中国市场。国内市场也能为生产企业提供大量进口特种塑料和可选择型号的合成树脂,从而为功能性薄膜的研究、开发,提供了非常有利资源。这一时期的最大亮点,是干式复合技术、双向拉伸技术、多层共挤复合技术的应用,为市场提供了大批高阻隔性薄膜,加快了功能性薄膜的发展步伐。20世纪90年代起,为适应市场对保护环境、节约能源的要求,降解薄膜成为功能性薄膜研究和开发热点,塑料制品业及非塑料制品业,都在争相研究、开发淀粉生物降解、光降解、环境降解等塑料薄膜,并在21世纪初,陆续投入工业化生产。

其实,功能性塑料薄膜的发展,是很难用“时间”划分的。每一种类的功能性塑料薄膜,都要经历研究开发、试验生产、研究改进、工业化生产、产品开发等循序渐进,逐步提升过程,这一过程需要几年甚至几十年时间。目前,我国已进入工业化生产的农用多功能棚膜、多功能地膜、抗静电膜、热收缩薄膜、拉伸薄膜、高阻隔薄膜、抗菌薄膜、阻燃薄膜、降解薄膜等大类功能性薄膜,仍在不断研究创新,提高其技术含量。在资源和能源日趋紧张,塑料薄膜市场竞争愈来愈激烈的经济形势下,塑料薄膜生产企业都急于提高薄膜本身的附加值,把功能性塑料薄膜的生产技术,作为企业的核心关键技术,进行开发提升。现在,“纳米塑料薄膜”的概念已浮出水面,“纳米塑料”正成为塑料高新技术的热点。我们希望“纳米塑料”的研究开发,将为功能性塑料薄膜的发展,带来“革命性”的影响。

1.2 功能性塑料薄膜的特点

在种类繁多的塑料中,若按其应用范围区分,通常将塑料分为通用塑料和工程塑料。通用塑料一般指聚乙烯、聚氯乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯等作为非结构性材料使用的塑料,其使用量大,性能较好,加工性好,价格相对低廉;工程塑料一般指聚酰胺(尼龙)、聚碳酸酯、聚甲醛、聚酯、聚苯醚等作为结构性材料使用的塑料,它们的使用量相对地少,具有优良的综合性能,并能在较宽的使用温度范围和较长的时间内,保持其优良性能,加工技术要求高,价格相对较高。

由于塑料薄膜产量的不断增加,应用范围的不断扩展,各行业对塑料薄膜的要求也越来越苛刻。例如,农用薄膜要求使用时间长,又要价格便宜;有时要求塑料有高的绝缘性,有时又要求塑料有高的导电率;既要有高的力学性能,又要便于成型加工。对于这些综合性能的要求,单种塑料,特别是通用塑料,已经很难于满足。因此,人们通过塑料改性,采用新的成型技术等方法,去满足某些领域的特殊功能。于是,就形成了一门新的塑料分支——功能性塑料。

功能性塑料可认为是工程化的通用塑料,是一类高效低成本具有特殊功能的

塑料。功能性塑料可用来生产功能性塑料薄膜及其他塑料制品。

功能性塑料薄膜一般具有如下特点：

1. 共混改性是生产功能性塑料薄膜的主要工艺技术

共混改性是指基础树脂与其他一种或多种高聚物或添加剂或无机材料，通过机械方法混和，各组分之间通过自身的相容性或在增容剂的作用下，形成具有一定强度的界面，达到某些特殊要求的一种新共混体系的方法。共混改性不能改变分子构型，但可以赋予材料新的性能。

共混改性技术，也可概括地称为 ABC 技术，即合金（Alloy）、共混（Blend）和复合（Composite）技术。这种技术具有成本低、操作简便、生产周期短的特点，适宜于多品种、小批量、市场多变的功能性塑料薄膜的生产。

在基础树脂中，加入具有特殊功能的添加剂的共混技术，是功能性塑料薄膜生产中最常用的方法。如抗静电膜、阻燃膜、抗菌膜等。采用合金技术，如在通用塑料中，加入降解聚合物，生产可降解薄膜；在通用塑料中，加入导电聚合物，生产抗静电或导电薄膜。复合技术主要用于多层功能塑料薄膜的生产。采用共挤出复合、挤出复合、干式复合等成型方法，生产多功能塑料棚膜、防结露食品保鲜膜、抗静电阻燃薄膜、高阻隔性薄膜等。

2. 采用新技术的塑料机械，不仅可提升功能性塑料薄膜的性能，也是开发新的功能性薄膜的途径

双向拉伸聚丙烯薄膜（BOPP）及双向拉伸聚酯薄膜（BOPET）生产线的引进，是最典型的例子。自 20 世纪 80 年代引进的几十条双向拉伸薄膜生产线，不单满足了市场对 BOPP、BOPET 薄膜的需求，而且，开发了亚光薄膜、珠光薄膜、电器薄膜、热收缩薄膜、香烟包装膜等功能性薄膜。

3 层、5 层、7 层共挤出复合吹膜机组的普遍应用，大力推进了多层薄膜的生产发展。如多功能棚膜、高阻隔包装膜。而且，薄膜复合层次越多，其阻隔性能越好。用于食品、医药、工业包装的高阻隔薄膜，其品种、质量都得到了拓展和提高。由于多层共挤复合薄膜比单层薄膜具有更好的力学性能，更适宜制造多功能薄膜。因此，多层共挤出功能性薄膜，将以更薄的厚度，逐步代替单层功能性薄膜。

3. 新的合成树脂品种不断进入市场，为新的功能性薄膜的发展，提供了广阔的空间

20 世纪 90 年代起，茂金属聚乙烯、热塑性弹性体，陆续进入市场，推动了拉伸薄膜、缠绕膜、食品保鲜膜等功能性薄膜的发展；超低密度聚乙烯、离子型聚合物、EAA、EEA 等品种在市场上的普及，使热熔膜、表面保护膜、封盖膜等功能性薄膜不断扩大应用范围，开发出新的薄膜品种。

同样，聚苯胺导电聚合物、聚乳酸及聚己内酯降解聚合物，也将随工业化生

产规模的扩大,成本的下降,使降解功能性薄膜的发展呈现巨大变革。

4. 同一种类的功能性塑料薄膜,可用不同品种的塑料制造

功能性塑料薄膜,既具有基础树脂的性能,又具有特殊的功能。功能性薄膜是按其特殊的功能区分。同一功能的薄膜,可用不同种类的塑料制造。例如,抗静电薄膜可分别采用 PE、PP、PVC、PA 等材料制造;防老化(长寿)流滴农膜,也可分别由 PE、EVA、PVC 等材料制造。至于使用哪种材料制造功能薄膜,可视市场需求、使用条件、供应条件来选择。

即使同一品种的功能性薄膜,其使用树脂的种类、型号也在不断变化。比如,聚乙烯类的功能性薄膜,以往主要选用 LDPE 制造,现在已逐渐被 LLDPE 代替。估计最近几年,LLDPE 的用量,将占整个聚乙烯功能性薄膜市场的 60%~70% 以上的份额。

1.3 功能性塑料薄膜的发展趋势

近几年,随着全球经济的发展,资源和能源供应日趋紧张,防止环境污染,保护生态环境的要求也越来越高。塑料薄膜的发展,正经受严峻挑战。由于废弃塑料薄膜没有得到很好的处理,对环境造成严重污染。曾有人提出用传统材料重新替换塑料材料的使用,并限制塑料薄膜的使用。但是,有美、德、日等国的专家论证,否定了上述说法:生产同规格的包装材料,传统的纸张生产能耗是塑料的 3 倍,生产过程中产生的污染物(如二氧化碳、氮氧化物等)均比塑料高出 3~7 倍,纸制品生产的资源消耗也高于塑料制品;用传统的玻璃或金属材料制造包装容器,其重量会增加 100 倍,从而带来更高的资源消耗和运能浪费。因此,塑料仍将是能耗少、成本低、性能高的新材料。它在许多领域的应用,是许多传统材料所不能代替的。目前,塑料制品业仍以年平均 10%~15% 速度增长。

不过,在发展功能性塑料薄膜时,将会要求它具有多功能性、节约资源、节省能源、薄膜易回收利用或易为环境降解,更多地体现出功能性薄膜的高效低成本特性。

1.3.1 改善功能性塑料薄膜的功能,扩大其应用范围

经过多年的开发,功能性薄膜已形成较完整的市场。同时,随着功能性薄膜应用领域的不断扩大,用户也提出越来越高的要求。功能性薄膜只有不断改善和提高其性能,才能扩大应用范围,寻找发展机遇。

(1) 抗静电及导电薄膜 抗静电和导电薄膜,具有静电分散和静电屏蔽功能。随着人们对静电给产品带来危害和损失的认识越来越深刻,对抗静电及导电薄膜的需求也就越来越大,为该类功能性薄膜的发展带来了巨大空间。

目前, 防静电及导电薄膜市场的主要品种, 为内添加型防静电薄膜、聚乙烯炭黑导电薄膜。它们虽已能满足市场的基本要求, 也存在一定局限性。于是, 许多企业采用共挤出复合及干式复合技术, 生产复合导电薄膜。从而开发出不少新品种, 如内外层具有不同体积电阻率的炭黑导电膜, 在 PET 膜上喷镀金属的导电膜等。令人鼓舞的是, 导电聚合物已开始进入工业化生产。美、日、德及我国, 都已完成了聚苯胺类导电聚合物制造关键技术的研究。美国 UNIX 公司, 用有机磺酸与聚苯胺的混合物, 与通用塑料共混后, 制得各种颜色的防静电材料, 具有优异电绝缘性的聚苯硫醚 (PPS), 通过掺混 AsF_5 、 AsF_3 、 AlCl_3 、 FeCl_3 、 SO_3 、 I_2 、石墨等组分, 也可制得导电聚合物。这些都为导电塑料薄膜的发展, 奠定了良好的基础。

防静电和导电薄膜的应用, 已从粉体、空心胶囊等材料的包装, 发展到精密仪表、电子元件、高集成电子线路板、导弹等对静电敏感产品的防护及包装。奥地利科学家用导电塑料薄膜制造太阳能电池, 取得了可喜的进展。他们使用聚苯乙烯和纯炭混合后制取极薄的富勒式结构薄膜, 并分别在膜层的两面, 喷涂钕锡氧化物或铝作为电极。由于聚苯乙烯在光照时, 会释放电子, 而富勒式结构则会吸收电子, 电子的流动可以使连接这二极的灯泡发光, 从而制造出能耗少、成本低的塑料太阳能电池, 其光电转换率可达 3% ~ 4.5%。导电塑料薄膜可导电及发光的特性, 可用于制作电子仪器的荧光屏。美国杜邦公司, 用导电塑料薄膜制造有机发光二极管显示器, 它和纸张一样薄, 并可剪裁、弯曲, 可制成任意尺寸及形状的显示器。导电塑料薄膜还可用于信息处理中的记录和存储材料, CAD 用的静电记录膜, 缩微用胶片等。它们将超越原来的材料应用范围, 成为信息产业和 IT 制造业的新材料。

防静电和导电薄膜的增长速度是惊人的。以美国为例, 1987 年导电塑料的市场份额为 170 万美元。2000 年已上升为 900 万美元, 预计到 2005 年, 与导电塑料相关产品的市场份额将达到 10 亿美元。

(2) 收缩薄膜 收缩薄膜包括热收缩薄膜和拉伸薄膜。使用的材料包括 PVC、PE、PP、PVDC、PET、PA 等塑料, 采用挤出吹膜、二次吹胀的挤出吹膜、挤出流延拉伸定向等成型方法。

热收缩薄膜是在 PVC 热收缩套管的基础上发展起来的。最初用于干电池包装。如今, PVC 热收缩膜已发展为宽度更宽, 厚度更薄的可印刷标签热收缩膜、工业品热收缩包装膜。具有更好环保性能的 PE、PP、PET 热收缩膜, 已以工业化生产规模进入包装市场。现在, 热收缩薄膜正从单层膜向多层膜结构, 从单一收缩功能向多功能方向发展。比如, 三层共挤 PP/PE/PP 聚烯烃热收缩膜, 正成为一些企业研制的热点; 而多层共挤复合热收缩膜的生产, 又促进了多功能热收缩膜研究开发。如薄膜热收缩功能与气相防锈技术 (V. C. I.) 的结合, 使热收

缩膜具有防锈功能，用于军用器械、汽车零配件、轴承等金属件的防锈包装。

拉伸（收缩）薄膜，具有良好的自黏性、耐穿刺性、弹性和高伸长率，可在室温下拉伸，用作托盘包裹、货物集装包裹，提高包装货物运输的安全性，降低运输成本，节约能源消耗。拉伸薄膜的这些特性，使其可用作缠绕膜、食品保鲜包装膜、青饲料缠绕包装膜。拉伸薄膜作为一种食品包装材料，今后将向食品保鲜、抗菌、防结露、选择性透过气体等功能型食品包装材料方向发展。随着塑料成型技术的进步，拉伸薄膜已逐渐从单层薄膜转向多层复合拉伸薄膜发展。

近几年，在热收缩薄膜和拉伸薄膜的基础上，推出一种可在室温下使用，主要用于托盘包装的拉伸收缩套管包装膜。如美国 ExxonMobil 和其设备配套生产商 Lachenmeier 共同推出的树脂配方拉伸收缩套管。其树脂配方采用 Escorene Ultra EVA 共聚物和 Exceed 茂金属聚乙烯等的混合物。这种套管薄膜为筒状，也可一端封口，进行 4 面或 5 面托盘外包装。使用时，拉伸收缩套管膜采用配套设备进行拉伸或扩张，并套封在包装物外面，使拉伸收缩薄膜紧裹托盘上的物品及托盘。这种薄膜外表光亮、高度透明，具有纵向和横向夹持力，载货稳定性高，并具有较好的耐撕裂、耐穿刺和密封性能。与热收缩膜及拉伸薄膜相比，可降低成本 30% ~ 40%，并具有高速包装的能力。

(3) 降解塑料薄膜 降解塑料薄膜包括共混型降解塑料及降解聚合物。经过十多年的研究，聚乙烯淀粉可生物降解塑料、光降解塑料、光生物降解塑料、光碳酸钙降解塑料等共混型可降解塑料，已完成了应用研究，进入工业化生产。其主要产品为降解塑料薄膜及一次性餐具用品。这些降解产品，经过 6 ~ 12 个月诱导期后，可崩裂成碎片或粉末，但离完全分解为二氧化碳和水，仍需一段漫长的时间。因此，共混型可降解塑料薄膜，目前主要是完善性能及加工技术，建立降解塑料产品标准及评估方法，不断巩固提高现有的研究成果。研究和开发的注意力，已转向降解聚合物及完全生物降解塑料的研制和应用。

完全生物降解塑料薄膜，使用后置于一定环境条件，可在较短时间内崩裂并降解为二氧化碳和水，为自然界所消纳，其原料来源于天然高分子化合物，如玉米、薯类、小麦、淀粉等属再生资源。比较成熟的完全生物降解的塑料品种有聚乳酸、聚己内酯，它们具有较好的力学性能和成型加工性能，可采用传统的塑料成型方法制造薄膜。在美国、日本等国家已投入工业化生产，有望成为降解塑料的主要品种。

(4) 高阻隔性薄膜 具有阻隔功能的塑料薄膜，通常指对气态物质（如氧气、氮气、二氧化碳、水蒸气、香气及药味等）有阻隔和屏蔽性能的薄膜。旨在保护产品和避免被包装物污染、异味的渗入，或防止被包装物的香味渗出。高阻隔性薄膜，一般为多层复合薄膜。

不同的树脂，有不同的阻隔性能，它们可根据其气体和水蒸气渗透率或透过

率进行区分。高阻隔性树脂,如 EVOH、PVDC,其透氧率低于 0.1。但是,高阻隔性树脂成本较高,成型加工性能较差。接触水分时,容易污染和降解。因此,高阻隔性薄膜,常选用多种阻隔性树脂,采用共挤出复合或干式复合或挤出复合成型方法制造。由于不同的用途有着不同的要求,完全符合理想的高阻隔性薄膜是不存在的。

多层共挤出复合薄膜,对提高薄膜的综合性能和阻隔性能,有非常明显的效果。复合层次越多,薄膜的阻隔性能越好。因此,阻隔性薄膜不仅从单层薄膜转向多层复合薄膜,而且阻隔性薄膜已从 3 层共挤出,发展到 5 层、7 层甚至 11 层共挤出复合结构。

1.3.2 研究和开发新的功能性塑料薄膜

近年来开发出许多新的功能性薄膜,如抗菌薄膜、阻燃薄膜、香味薄膜、可食性薄膜、纳米塑料薄膜等,有不少品种已接近于实际应用。

(1) 可食性薄膜 众所周知,塑料薄膜是不能食用的。现在,科学家已研制出以天然植物、贝壳动物为原料的可食薄膜。

美国雷姆逊大学研制的谷类薄膜,以玉米、大豆、小麦为原料,将蛋白质制成纸状,用于香肠等食品包装。使用后可供家禽食用。以玉米蛋白质与纸合成的包装膜,可煮沸,不被油脂渗透;以大豆蛋白质制成的包装膜,能阻止氧气进入,能保持食品水分。

美国“纳蒂克”研制的胶原薄膜,采用动物蛋白质支撑,如牛奶蛋白、酪蛋白、玉米醇溶液蛋白等。制成的薄膜具有强度高、耐水、阻隔水蒸气,解冻烹调时即溶化,可食用。如果在玉米醇溶液蛋白或大豆蛋白薄膜中添加溶菌酶或维生素等抑菌成分,可制成抗菌可食薄膜,可控制食品中病原菌的生长及由微生物引起的食品腐烂变坏。采用贝类提取物壳聚糖与月桂酸合成可食性薄膜。可用于包装去皮水果,具有保鲜作用。日本三菱人造纤维公司,从红藻类提取天然多糖,制成半透明、质地坚韧、热封性好的可食薄膜。

若以不同比率的蛋白质、脂肪酸、淀粉合成;或以玉米淀粉为基础,加入海藻酸钠或壳聚糖,再配以增塑剂、增黏剂、防腐剂等,可制成复合型可食性薄膜。

(2) 抗菌薄膜 抗菌薄膜主要是以聚烯烃塑料与具有抗菌性能的材料混配后制成的功能薄膜。它具有杀菌和(或)抑菌作用,它能保持自身的清洁,减少因使用薄膜而发生的交叉感染,并具有保鲜效果。

银离子与用铝、硅为原料合成的疏松沸石的混合物,以银、锌、铜等金属离子充分包覆纳米的 TiO_2 、 CaCO_3 无机填料,都是有效的抗菌材料。无机抗菌材料经表面处理,以 25%~45% 的质量分数与聚烯烃混合,用排气式双螺杆挤出机制成抗菌母料,再与聚烯烃树脂共混,采用挤出吹膜法,就可制成抗菌薄膜。