

# 塑料薄膜 无溶剂复合

陈昌杰 编著

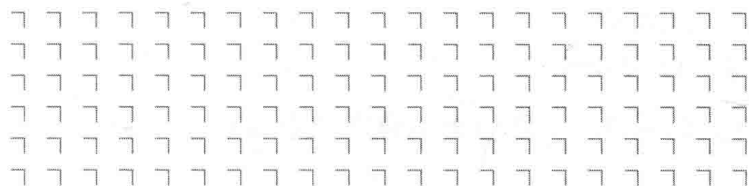


化学工业出版社

# 塑料薄膜 无溶剂复合

---

陈昌杰 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书在概略地介绍塑料软包装材料 and 塑料软包装材料常用复合工艺的基础上, 分别对无溶剂复合设备、无溶剂胶黏剂以及无溶剂复合工艺作了详细的论述, 并对无溶剂复合进行了综合评价, 具有较强的系统性和较大的实用性。

本书以塑料软包装行业的工程技术人员和机长以上的高级技工为主要对象, 也可供塑料软包装相关的科研、生产、应用单位的科技工作者参考或者作为大专院校塑料软包装材料相关专业的参考教材。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

塑料薄膜无溶剂复合/陈昌杰编著. —北京: 化学工业出版社, 2016. 6

ISBN 978-7-122-26706-1

I. ①塑… II. ①陈… III. ①塑料薄膜-复合加工  
IV. ①TQ320.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 070764 号

---

责任编辑: 夏叶清

文字编辑: 孙凤英

责任校对: 边涛

装帧设计: 韩飞

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

710mm×1000mm 1/16 印张 13 字数 248 千字 2016 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 58.00 元

版权所有 违者必究

京化广临字 2016—6 号

## 前言

无溶剂复合，在生产过程中没有任何有毒有害物质的产生，且具有节约能源、节约资源的特点，是一种典型的“绿色包装”工艺，同时它与我国塑料软包装领域中的主流复合工艺——干法复合相比，还有产品成本低、市场竞争力强的优势；无溶剂复合工艺，原则上可以考虑应用于干法复合的所有产品，潜在应用领域十分宽广，是一种值得大力倡导的复合工艺。

自20世纪80年代初无溶剂复合工艺引入我国之后，经过了一个漫长而艰辛的发展过程，经过了三十余年的时间，积累了丰富的失败与成功的经验，生产工艺日臻完善，为无溶剂工艺的推广应用创造了良好的条件，特别是近年来国内无溶剂复合设备及无溶剂黏合剂等配套产业的快速发展，给无溶剂复合的发展提供了有力的支撑，为无溶剂工艺的发展插上了坚强的翅膀。自2010年之后，无溶剂复合在我国得到了井喷式的发展，每年新增无溶剂复合生产线的数量，均在100台套以上，相当于过去近三十年新增无溶剂生产线的总和的3倍，形势喜人。然而尽管近年来无溶剂复合得到了高速的发展，在干法复合生产线与无溶剂复合生产线的总和中，无溶剂复合生产线所占比例仍然很低，尚不足10%，存在巨大的发展空间。

我国塑料软包装行业历来以干法复合为主导复合工艺，不少同仁，特别是量大面广的中小企业的同仁，对无溶剂复合知之甚少，甚至毫无所知。这种局面，对于推动塑料软包装行业的创新驱动转型发展的工作极为不利，迫切地需要加强无溶剂复合工艺的宣传推广工作，为此笔者编写了这本专著。

本书在对塑料软包装领域中行业中各种常用软包装材料及常用软包装材料用复合工艺介绍的基础上，对无溶剂复合设备、无溶剂胶黏剂、无溶剂复合工艺作了较为全面而简明的论述，并对无溶剂复合工艺作出了综合评价。希望本书的出版，对于推动塑料软包装的发展，起到积极的作用。

在本书的编写过程中，广州通泽机械有限公司的总经理左光申高级工程师、上海康达化工新材股份有限公司的复合事业部副总经理於亚丰、上海康

达化工新材股份有限公司的赵有中高级工程师、中包联塑料委专家委员会副主任杨涛高级工程师等朋友除对本书的文稿提出了许多宝贵的意见之外，还为本书的编写提供了许多极具参考价值的技术资料，在此对朋友们的支持与帮助表示衷心的感谢。

鉴于编著者水平所限，书中缺点在所难免，不当之处，希望广大读者予以批评指正。

编著者

2015年10月15日于上海

# 目 录

## 第一章 塑料软包装材料

1

第一节 塑料软包装材料基础 .....	1
一、何谓塑料软包装材料 .....	1
二、塑料软包装材料的分类 .....	1
三、塑料软包装材料的主要优势 .....	2
第二节 包装用塑料薄膜综述 .....	3
一、聚乙烯类薄膜 .....	3
二、聚丙烯类薄膜 .....	12
三、聚酯薄膜 .....	20
四、尼龙薄膜 .....	25
五、其他包装用塑料薄膜 .....	28
第三节 铝箔、纸张及含无机涂层的塑料薄膜等复合基材 .....	34
一、铝箔 .....	34
二、含无机涂层的塑料薄膜 .....	36
三、纸张 .....	49
第四节 包装用复合薄膜示例 .....	50
参考文献 .....	55

## 第二章 塑料软包装材料常用复合工艺

57

第一节 共挤出复合工艺 .....	57
一、何谓共挤出复合 .....	57
二、共挤出复合薄膜生产设备 .....	58
三、共挤出复合常用原料 .....	64
四、应用例 .....	64
五、共挤出复合的局限 .....	72
第二节 挤出复合 .....	72
一、何谓挤出复合 .....	72

二、挤出复合用原料	74
三、挤出复合的优点与局限	74
第三节 表面涂布	75
一、何谓表面涂布	75
二、表面涂布方法	75
第四节 干法复合、湿法复合与无溶剂复合	84
一、干法复合、湿法复合与无溶剂复合 简述	84
二、湿法复合、干法复合与无溶剂复合的 基本特征	84
三、干法复合、湿法复合与无溶剂复合主要 应用领域	87
参考文献	88

### 第三章 无溶剂复合设备

90

第一节 概述	90
第二节 无溶剂复合机	91
一、无溶剂复合机的基本结构	93
二、无溶剂复合机的几大品类	102
第三节 无溶剂胶黏剂的供胶、混合体系	104
一、加热系统	105
二、齿轮泵	105
三、静态混合器	105
四、无溶剂胶黏剂的供胶、混胶系统的 其他装置	107
第四节 熟化室	108
一、传统的电热及蒸汽加热熟化室	108
二、太阳能加热熟化室	109
第五节 国内典型无溶剂复合设备示例	111
一、无溶剂复合机	111
二、无溶剂复合胶黏剂供混胶系统	114
参考文献	119
附录 无溶剂复合设备的部分中国专利摘要	119

第一节 概述 .....	129
一、无溶剂胶黏剂发展简史 .....	129
二、我国无溶剂胶黏剂发展情况 .....	130
三、国内无溶剂胶黏剂的技术创新 .....	130
第二节 聚氨酯无溶剂胶黏剂的结构与性能 .....	133
一、无溶剂胶黏剂结构与性能的多样性 .....	133
二、无溶剂胶黏剂的种类 .....	133
三、无溶剂胶黏剂结构与性能的关系 .....	134
第三节 工业化无溶剂胶黏剂的特征、类别与 常见品种 .....	139
一、基本特征 .....	139
二、无溶剂胶黏剂的分类方法 .....	140
三、工业化无溶剂胶黏剂的常见品种 举例 .....	141
四、无溶剂胶黏剂前沿品种 .....	141
第四节 市售无溶剂胶黏剂简介 .....	142
一、康达新材料股份有限公司的无溶剂胶 黏剂 .....	142
二、北京高盟股份有限公司的无溶剂胶 黏剂 .....	144
三、汉高（中国）有限公司的无溶剂胶 黏剂 .....	148
四、波士胶芬得利（中国）胶黏剂有限公司 的无溶剂胶黏剂 .....	149
五、富乐（中国）黏合剂有限公司的无溶剂胶 黏剂 .....	151
六、陶氏化学（中国）有限公司的无溶剂胶 黏剂 .....	154
七、欧美化学公司的无溶剂胶黏剂 .....	155
八、中山新辉的无溶剂胶黏剂 .....	155
九、高鼎精细化工（昆山）有限公司的无溶 剂胶黏剂 .....	156
参考文献 .....	156



第一节 无溶剂复合工艺及应用 .....	158
第二节 无溶剂复合典型产品例 .....	160
一、无溶剂复合重包装薄膜 .....	160
二、无溶剂复合的聚偏二氯乙烯 (PVDC) 蒸煮复合薄膜 .....	162
三、无溶剂复合的镀铝薄膜的复合薄膜 .....	164
四、无溶剂复合的铝箔复合包装材料 .....	166
五、无溶剂复合的液体包装复合材料 .....	171
六、无溶剂复合的高温蒸煮袋 .....	172
七、无溶剂复合生产的复合转移喷铝纸 .....	173
第三节 无溶剂复合要点与工艺关键控制点 .....	174
一、无溶剂复合生产要点 .....	174
二、无溶剂复合的工艺关键控制点 .....	179
三、投产前的小样试验 .....	179
第四节 无溶剂复合常见问题及对策 .....	180
一、熟化后胶黏剂发黏 .....	180
二、剥离强度低下 .....	181
三、气泡与白点 .....	183
四、摩擦系数增大 .....	185
五、镀铝层转移 .....	186
六、皱褶 .....	187
七、隧道效应 .....	188
八、收卷不整齐 .....	188
九、纸塑复合时的纸塑层间脱离现象 .....	188
十、油墨层脱层或油墨“溶解”现象 .....	189
参考文献 .....	189

一、我国无溶剂复合现状的总体评价 .....	191
二、发展无溶剂复合的一些建议 .....	195
参考文献 .....	197

# 第一章

## 塑料软包装材料

### 第一节 塑料软包装材料基础

#### 一、何谓塑料软包装材料

塑料软包装材料通常指塑料薄膜及软质膜状复合材料。

塑料软包装材料，具有“塑料包装材料”和“质地柔软”两大特征，首先它作为一种包装材料，具有保护商品、方便储运、促进消费的基本功能，它是塑料类材质（或者主要含塑料类材质）的材料，同时它还具有柔软的特征。需要着重指出的是，按照“塑料包装材料”和“质地柔软”两个基本特征，塑料编织袋理所当然地应当属于塑料软包装材料之列，但由于塑料编织袋品种比较单一且应用量十分庞大，人们把它单列出来，成为“塑料编织袋”的一个类别，不被归入塑料软包装材料之中。

#### 二、塑料软包装材料的分类

塑料软包装材料按其层的结构不同，可大体分为两大类，即单层塑料薄膜和塑料复合薄膜。

##### 1. 单层塑料薄膜

单层塑料薄膜是由一种塑料（或塑料的掺混料）生产的塑料薄膜，其特点是质地均匀，为单层结构。

##### 2. 塑料复合薄膜

塑料复合薄膜是由多种不同的塑料（这里讲的多种不同的塑料，包括同种树脂、含不同助剂的塑料）生产且呈现为多层结构的薄膜。按其结构的不同，塑料复合薄膜有如下几个大类。

**(1) 塑-塑类复合薄膜** 塑-塑类复合薄膜是一种典型的塑料复合薄膜，薄膜完全由塑料组成，各层的材质均为塑料。开发塑-塑类复合薄膜首要目的，是利



用不同塑料性能上的差异与互补性，改善薄膜的性能与使用效果；比如利用对氧阻隔性较好的尼龙与阻隔水蒸气较好的聚烯烃相搭配生产复合薄膜，所得到的多层复合薄膜 PE//PA//PE，既有较好阻隔氧气的性能，又有具有良好的防潮性。在保有复合薄膜高性能的同时，降低生产成本也常常是开发塑-塑类复合薄膜的一个目标；例如利用茂金属聚乙烯与普通聚乙烯共挤出，生产复合型热封基材，得到的复合基材具有与茂金属薄膜相当的热封性能，其配方成本明显低于茂金属聚乙烯薄膜。

**(2) 纸-塑类复合薄膜** 纸-塑类复合薄膜也是一种应用较为广泛的塑料复合薄膜，与塑-塑类塑料复合薄膜不同，它除了塑料材质之外，还含有纸层材料。这种材料的开发应用常常是为了赋予纸质包装材料良好的防潮性以及可热封性；同时该类复合薄膜，较之普通塑料薄膜，还具有较好的印刷性、刚性及遮光性能等。

**(3) 含金属层及非金属无机物层的复合薄膜** 含金属层及非金属无机物层的复合薄膜，指含有金属箔或者含有金属镀层、氧化铝镀层、氧化硅镀层等无机物涂层的复合薄膜。众所周知，塑料包装材料的重大缺陷之一是它对氧气、水蒸气、香味成分等低分子物质的阻隔性，明显地低于金属、玻璃等包装材料。在复合薄膜中，置以金属层及非金属无机物层之后，能够明显地改善塑料软包装材料的阻隔性，从而大幅度地延缓商品在储存、运输时的腐败变质，延长商品的货架期。

### 三、塑料软包装材料的主要优势

#### 1. 品种繁多，性能各异，使用面广

经过一百来年的发展，常用塑料已发展到数十种之多，加上每种塑料的不同牌号，已工业化的塑料品种可谓成百上千，再通过复合工艺的种种组合，可以生产出多种性能完全不同的塑料软包装材料（比如高阻隔的塑料复合薄膜与高透过性的塑料薄膜），满足实际使用的各种需要。

#### 2. 节约资源显著

塑料软包装材料是膜状材料，多以包装袋的形式使用，袋子仅仅使用少量的材料，即可获得巨大的容量空间，因此塑料软包装材料较之硬质容器等包装材料，可以大幅度地节约物质资源，从而也节约了生产过程中能源的耗费。

#### 3. 价格低廉，市场竞争力强

塑料软包装节约资源的巨大优势，自然也在降低生产成本方面得到明显的体现。成本的降低，对于增强塑料软包装材料的市场竞争能力提供了有力的支撑，这是塑料软包装材料生产规模日益扩大、应用日趋广泛的一个极为重要原因。



## 第二节 包装用塑料薄膜综述

塑料薄膜是塑料软包装材料的主体，也是塑料软包装材料中应用最多的品种。塑料薄膜有单膜及复合薄膜两种形态；同一种薄膜在许多情况下既可以以单一的形态直接使用，也可作为复合薄膜的基材使用，情况错综复杂。因此，本节拟以塑料的类别为主线，对塑料软包装领域常用的薄膜作综合的介绍，其中不仅包括单膜，也涉及一些复合薄膜。希望通过本节提供的材料，使读者对常见塑料包装薄膜，有一个概括的了解。

### 一、聚乙烯类薄膜

聚乙烯薄膜是当前使用量最多、应用面最广、最为重要的塑料薄膜之一，它常常直接用于商品包装，也大量用来作为复合薄膜的基材。

#### (一) 聚乙烯类薄膜的一般特性

聚乙烯类薄膜的一般特性可简要归纳如下：

① 具有良好的力学性能。聚乙烯薄膜的拉伸强度一般均在 10MPa 以上，部分品级可达 20MPa 以上，同时聚乙烯薄膜还具有良好的抗撕裂、抗冲击性，足以满足一般商品的包装以及农用薄膜等大宗应用的需要。

② 具有广泛的使用温度范围。聚乙烯薄膜具有十分优良的耐低温性，可在零下 40℃ 以下的低温条件下长期使用，而且具有较好的耐热性，即使耐热性低的低密度聚乙烯薄膜，其长期使用温度也在 60℃ 以上，耐热性较好的高密度聚乙烯薄膜，可承受 100℃ 沸煮、甚至 120℃ 蒸煮的灭菌消毒处理。

③ 抗水、防潮性能优良且有一定的阻氧、耐油性。聚乙烯薄膜是塑料薄膜中抗水、防潮性能最优良的品种之一，其抗水、防潮性能仅低于聚偏氯乙烯薄膜等少数品种，而高于大多数塑料薄膜，因此聚乙烯薄膜，除了以单膜的形式使用之外，还常常作为复合薄膜的防潮层使用。

④ 热封合性能优良。聚乙烯类塑料薄膜，普遍具有良好的热封合性能，可以采用便捷、价廉的热封合工艺，将薄膜制成袋状产品，供包装使用；由于聚乙烯薄膜具有优良的热封合性能，因而常常作为复合薄膜的热封层使用。

⑤ 化学稳定性好。除了少数几种强氧化性酸之外，聚乙烯薄膜对常见的各种酸、碱、盐及多种化学物质均具有很强的抗御能力。

⑥ 卫生性能优良。聚乙烯本身无毒、无臭、无味，卫生性能可靠。在应用助剂及生产条件严格控制的情况下，可以生产出卫生安全性符合食品、药物包装要求的聚乙烯薄膜。

聚乙烯薄膜性能上的局限：

① 对于氧气、二氧化碳等非极性气体渗透的阻隔性较差。由于聚乙烯薄膜



的阻氧性差,采用聚乙烯薄膜包装加工食品等需要隔氧储藏的商品,保存效果欠佳,因此在包装需要隔氧储藏的商品方面的应用,必须使用聚乙烯薄膜与阻隔性薄膜的复合制品。

② 聚乙烯薄膜对食用油、汽油、苯、二甲苯等有机溶剂的阻隔性较差,不宜用于包装这类物质以及含有这类物质的商品。

③ 耐候性能不足。聚乙烯树脂作为一种聚烯烃结构,虽然其耐紫外线的性能明显地优于聚丙烯薄膜,但是其耐紫外线性能在塑料薄膜中仍属于较差的,但只要采用耐老化配方,其耐候性差的缺点可以得到很好的克服。

## (二) 聚乙烯树脂对聚乙烯薄膜的性能的影响

聚乙烯树脂的性能,是决定聚乙烯薄膜性能的首要因素。薄膜用聚乙烯树脂有低密度聚乙烯、高密度聚乙烯、线型低密度聚乙烯、茂金属聚乙烯、双峰聚乙烯等,以各种树脂为原料的塑料薄膜,性能上分别表现出各自不同的特点。

### 1. 低密度聚乙烯薄膜(LDPE薄膜)

(1) 应用温度范围较广 LDPE薄膜推荐使用温度在 $-60\sim 60^{\circ}\text{C}$ 之间,它虽然不适于在蒸煮等高温条件下使用,但在冷藏、冷冻等条件下使用是十分有利的。

(2) 较好的热封合性能 LDPE薄膜用普通加热组件,通过热焊的方法即能方便而可靠地热封制袋,因此它除单独作为包装薄膜使用之外,亦常作为复合薄膜的热封层使用,但需要引起注意的是在热封合薄膜的表面有异物(夹杂物)存在时,LDPE薄膜的热封性较差。

(3) 透明性较好 LDPE薄膜中透明性优良的品级,其透光率可达80%或更高,雾度可降低到5%左右。LDPE薄膜是聚乙烯薄膜中透明度最好的品种,可用于商品的销售包装,对商品提供甚佳的展示效果;但LDPE薄膜与PP薄膜等高透明薄膜相比,其透明性还是比较差的。在对聚乙烯薄膜的透明性有特别要求时,应考虑选取透明性好的品级,制膜时采用骤冷(水冷下吹法或流延法)制膜,这样可望制得透光率近90%、雾度在5%以下的高透明LDPE薄膜。

(4) 强度较差 LDPE薄膜是PE薄膜中强度较差的品种,其主要应用是轻包装袋,用于各种商品的销售包装,如服装、纺织品、各种日用小商品、冷藏冷冻食品等。当采用高分子量(低熔体流动速率)品级的LDPE为原料时,也可以生产强度较高的薄膜(例如拉伸强度在20MPa以上的LDPE薄膜),而且由于LDPE的柔软性,可以做成厚度较大的薄膜。因此,过去曾采用LDPE薄膜制造塑料粒子等化工产品使用的重包装袋,但由于薄膜的厚度大(厚度高达 $200\mu\text{m}$ 左右)、耗用原料较多,因而成本较高,目前在这方面的应用已不

多见。

## 2. 高密度聚乙烯薄膜 (HDPE 薄膜)

HDPE 薄膜较 LDPE 薄膜, 具有如下特性:

① 使用温度范围更广。HDPE 既可作冷冻食品包装, 又能应用于需要承受煮沸灭菌处理 (耐 100℃ 沸腾加热) 甚至 120℃ 蒸煮处理的包装袋。

② 具有较高的机械强度。HDPE 薄膜是聚乙烯类包装薄膜中强度最好的品种, 其拉伸强度可达 LDPE 包装薄膜的 2 倍以上 (拉伸强度可达 20MPa 以上), 因此采用 HDPE 制包装薄膜时, 可降低厚度, 从而减少单耗, 降低成本。

③ 具有极好的防潮性及较好的耐油性。HDPE 薄膜是常用包装薄膜中阻隔水蒸气性能最好的品种; 其耐油性虽不及尼龙等阻隔型薄膜, 但在聚乙烯类薄膜中则属最佳品种。

④ HDPE 包装薄膜的透明性明显低于 LDPE 包装薄膜。由于 HDPE 包装薄膜的透明性较差, 影响了它在许多包装领域中的应用, 然而当需要薄膜具有遮光性 (不具透明性) 时, 则可在 HDPE 中加入较少的遮光剂 (如二氧化钛、炭黑) 而得到半透明或不透明的薄膜。

⑤ HDPE 包装薄膜的刚性较好, 柔软性较差。由于柔软性差, 薄膜厚度受到限制, HDPE 包装薄膜的最大厚度 (极限值) 为 0.10mm。

## 3. 线型低密度聚乙烯薄膜 (LLDPE 薄膜)

LLDPE 薄膜由线型低密度聚乙烯制得。线型低密度聚乙烯, 实际上是乙烯与丁烯、己烯、辛烯等  $\alpha$ -烯烃的共聚体, 由于共聚物中  $\alpha$ -烯烃的含量很少 (5% 以下), 因此通常人们均把它归入聚乙烯中, 同时由于这类聚合物的密度在低密度 (中、低密度) 聚乙烯范围之内, 且分子结构的分枝明显地低于普通低密度聚乙烯, 主链上的分枝较短, 分子链的结构具有较强的线性, 故称为线型低密度聚乙烯。由于线型低密度聚乙烯组成及大分子的结构与普通聚乙烯不同, 赋予了它许多性能上的特点。

LLDPE 薄膜的优点主要可列举如下:

① LLDPE 薄膜的机械强度较高。LLDPE 的机械强度高于低密度聚乙烯, 介于普通高密度聚乙烯与低密度聚乙烯之间, 接近于高密度聚乙烯。

② LLDPE 薄膜的抗穿刺强度、抗撕裂传播强度高, 耐应力开裂性能突出。

③ LLDPE 薄膜的热封合性能明显地优于高密度聚乙烯及普通的低密度聚乙烯, 具有良好的夹杂物可封合性 (封合面有异物存在时也有较好的热封性能) 及较高的热封合强度。

LLDPE 薄膜的主要缺点是透明性较差。

在线型低密度聚乙烯中, 因共聚单体  $\alpha$ -烯烃的不同, 性能上有较大的差



异,其中,以辛烯(即 $C_8$ )类线型低密度聚乙烯性能最佳、己烯(即 $C_6$ )类线型低密度聚乙烯性能次之、丁烯(即 $C_4$ )类线型低密度聚乙烯性能最差。

#### 4. 茂金属聚乙烯薄膜(mPE薄膜)

茂金属聚乙烯(mPE)是聚乙烯中,在20世纪90年代工业化的一类新品种,它也是乙烯与少量 $\alpha$ -烯烃的共聚物,但与前面所介绍的LLDPE不同,它是茂金属化合物为催化剂制得的高分子化合物。茂金属催化剂的应用,使制得的聚乙烯大分子,较之一般LLDPE的大分子有更高的结构规整性,因而表现出更佳的物理力学性能。

茂金属聚乙烯薄膜,较之一般的LLDPE表现出更好的抗穿刺性、更高的强度,因此使用mPE生产的薄膜可以将薄膜做得更薄,达到节约原料、降低成本的效果。

mPE薄膜较之一般LLDPE具有更佳的热封合性能(包括良好的夹杂物可封合性、较高的热封合强度以及较低的起始热封合温度、较宽的封合温度范围等),因而在替代昂价的EEA、离子型聚合物等热黏合性树脂作为复合薄膜的热封层方面的应用,具有更高的实用价值。除上述外,mPE薄膜较之一般LLDPE具有更高的使用温度,也是一个明显的优点。

由于茂金属聚乙烯是乙烯与 $\alpha$ -烯烃的共聚体,共聚成分 $\alpha$ -烯烃(丁烯、己烯、辛烯等),对茂金属聚乙烯性能亦有重大的影响:和LLDPE相似,共聚成分 $\alpha$ -烯烃的分子链越长,茂金属聚乙烯的性能越好,辛烯(即 $C_8$ )类茂金属聚乙烯性能最佳、己烯(即 $C_6$ )类茂金属聚乙烯性能次之、丁烯(即 $C_4$ )类茂金属聚乙烯性能更差。

#### 5. 双峰聚乙烯薄膜

双峰聚乙烯也是聚乙烯中的一个较新的品种,双峰聚乙烯是北欧化工采用特定催化剂、利用特殊工艺开发出的一种新型聚乙烯树脂,其密度范围跨度较大,涵盖了高、中、低密度的整个区间;双峰聚乙烯的最大的特点是分子量的分布有两个明显的峰值(普通聚乙烯包括普通的高密度聚乙烯、中密度聚乙烯、低密度聚乙烯以及线型低密度聚乙烯、茂金属聚乙烯等,分子量的分布只有一个峰值),故称为双峰聚乙烯树脂。双峰聚乙烯表现出许多与其他聚乙烯不同的特点,例如加工(吹膜)性能极佳、耐应力开裂性能突出、机械强度高,此外还具有气味低、卫生性能佳的优点。利用双峰聚乙烯强度高的特点,可以将薄膜做得很薄,因此它在薄膜类产品中的应用具有重大的意义,可以在保持原有使用功能的前提下,节约15%~20%的原料耗用量。

部分双峰聚乙烯薄膜的性能,见表1-1<sup>[1]</sup>。



表 1-1 部分双峰聚乙烯薄膜的性能

性能	典型值	树脂				
		ML2202	MH702	MH602	ML2502	MM2002
拉伸强度/MPa	纵向	50	100	75	40	50
	横向	35	90	55	25	40
拉伸屈服强度/MPa	纵向	—	—	—	—	—
	横向	13	34	29	12	17
断裂伸长率/%	纵向	600	350	350	400	550
	横向	900	350	550	700	800
拉伸模量/MPa	纵向	250	—	700	200	350
	横向	300	—	800	250	450
撕裂强度/N	纵向	3	0.1	0.1	2	2
	横向	7	0.5	1.0	6	10
落镖冲击强度/g		300	400	300	200	300
抗穿透力/N		60	—	70		70
抗穿透能/J		5	—	1.5		5
热黏力/N		2.5	—			2.5
光泽度/%		15	—			10
浊度/%		65	—			80
密度/(kg/m <sup>3</sup> )		923	955	946	923	931
熔体流动速率/(g/10min)						
190℃, 2.16kg		0.2				0.25
190℃, 5kg		0.9		0.2		1.0
190℃, 21.6kg		20	7.0	6	25	22
(北星双峰相应牌号)		FB2230	FB1550	FB1460	FB2239	FB2310

茂金属类双峰聚乙烯，较之普通双峰聚乙烯具有更佳的性能。

双峰聚乙烯薄膜的一个比较明显的缺点是浊度大、透明差。

### (三) 由复配物生产的聚乙烯薄膜

聚乙烯属于性能均衡的高分子化合物，既有良好的成型加工性，又具有良好的物理机械性能，原则上可以不使用助剂而直接生产塑料制品，包括薄膜制品；但为了求得更佳的技术、经济效果，实际生产中，人们在生产聚乙烯制品时，通常不采用纯聚乙烯树脂，而使用聚乙烯的各种复配物生产各种制品，其中包括各种聚乙烯的复配物、聚乙烯与各种助剂的复配物，以及通过在各种聚乙烯的复配物中添加各种助剂制备的复配物，等等。

聚乙烯薄膜应用较多的复配物如下所列。





### 1. 不同聚乙烯树脂的复配物

不同聚乙烯树脂的复配物，在薄膜类产品中应用较多的是线型低密度聚乙烯与低密度聚乙烯的掺混物、茂金属聚乙烯与低密度聚乙烯的掺混物以及双峰聚乙烯与低密度聚乙烯的掺混物等。

(1) **线型低密度聚乙烯与低密度聚乙烯的掺混物** 前面提到，线型低密度聚乙烯薄膜较之低密度聚乙烯薄膜，在物理力学性能上，具有一系列的优点。但LLDPE性能上有两个明显的缺陷：其一是LLDPE树脂的成膜性能较差，其熔体在低剪切应力下、黏度较低，高剪切应力下、黏度较高，因此采用通用设备生产LLDPE薄膜时，不仅动力消耗大、产量低且成膜时容易出现熔体破裂和薄膜表面毛糙（即所谓鲨鱼皮现象）；其二是薄膜的透明性较差，不能满足许多特定使用的需求。通过LLDPE和LDPE树脂间的合理匹配，在LLDPE树脂中，加入20%~30%（质量分数，下同）的LDPE，即可获得良好的成型加工性能（接近于LDPE的良好成型加工性能），而且所生产的薄膜既能基本上保持LLDPE薄膜原来具有的优良物理力学性能，又能明显地改善LLDPE薄膜透明性差的缺点；另外，如果在LDPE中加入20%~30%的LLDPE，可在基本上保持LDPE的良好成型加工性能情况下，明显地提高薄膜的力学性能。

(2) **茂金属聚乙烯与低密度聚乙烯的掺混物** 茂金属聚乙烯薄膜具有较普通LLDPE薄膜更为优良的物理力学性能，但在成膜时同样存在动力消耗大、产量低且成膜时容易出现熔体破裂和薄膜表面毛糙，且成膜性能较LLDPE树脂更差，将mPE与LDPE树脂掺混使用，也是改善茂金属聚乙烯成膜性能常用的有效方法之一；茂金属聚乙烯与低密度聚乙烯的掺合，也可以明显地改善聚乙烯薄膜的透明性，产生出接近于LDPE薄膜透明性的薄膜。

生产薄膜时，茂金属聚乙烯中低密度聚乙烯的掺入量，一般也在20%~30%之间。

(3) **双峰聚乙烯与低密度聚乙烯的掺混物** 在双峰聚乙烯中掺入适量的低密度聚乙烯，可以在保持双峰聚乙烯较高机械强度和优良成型加工性能的情况下，明显地改善聚乙烯薄膜的透明性，制得透明性接近于普通低密度聚乙烯的薄膜。

### 2. 聚乙烯与各种助剂的配用

聚乙烯本身具有较好的综合性能，原则上可以不使用助剂而单独应用，生产薄膜和各种塑料制件，但在生产实践中，人们总是喜欢在聚乙烯及聚乙烯复配物中，配入各种不同的助剂以获得更佳的效果。比较常用的具有代表性的应用举例如下：

(1) **聚乙烯与抗氧化剂的配用** 抗氧化剂是聚乙烯最为重要、使用最多的助剂之一。在聚乙烯中加入抗氧化剂，可以有效地抑制聚乙烯的氧化反应，明显地提高聚乙烯成型加工时的热稳定性，改善聚乙烯薄膜的性能。目前聚乙烯所使用