

第一章 塑料与塑料工业

第一节 塑料的一般知识

一、塑料的种类

塑料是以树脂为主要成分、添加有各种助剂，在一定温度和压力下，能塑制成特定形状，并在常温下能保持既定形状的配合料。塑料一般具有质轻、绝缘、耐腐蚀、耐摩擦、易加工和美观等特点。

组成塑料主要成分的树脂是一类高分子化合物（也称聚合物），有天然树脂和合成树脂之分。天然树脂有松香、虫胶等；合成树脂按其化学结构分，有聚乙烯（PE）、EVA（乙烯-醋酸乙烯）、聚丙烯（PP）、聚氯乙烯（PVC）、PET（聚对苯二甲酸乙二醇酯）、聚乙烯醇（PVA）、聚苯乙烯（PS）、ABS（丙烯腈-丁二烯-苯乙烯）、聚酰胺（PA）、聚碳酸酯（PC）、聚甲醛（POM）、聚氨酯（PUR）、有机氟树脂、丙烯酸类树脂、聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA）、酚醛树脂、脲醛树脂、环氧树脂等。合成树脂中的聚乙烯、聚氯乙烯、EVA、PET、聚乙烯醇、有机氟树脂、丙烯酸类树脂等可用于塑料农膜生产。

塑料按受热行为可分为热塑性塑料和热固性塑料，近来，也有将热塑性和热固性塑料的复合材料另作一类的分类法。热塑性塑料是一类在一定温度范围内可以软化乃至熔融流动，冷却后又能固化成一定形状的由线型高分子树脂组成的塑料。这个过程可反复进行多次。典型的热塑性塑料有聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、EVA、PET、聚苯乙烯、ABS等。热固性塑料是一类在加热过程中发生化学反应，由线型高分子变成体型高分子结构，此后，遇热不再软化、熔融，也不溶于有机溶剂的塑料。如果温度过高，只能炭化。典型的热固性塑料有酚醛塑料、氨基塑料、环氧塑料等。热固性塑料不能用于塑料农膜的制造。

在工业上，常根据其用途将塑料分为通用塑料和工程塑料。通用塑料有聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、EVA、聚苯乙烯等；工程塑料有聚酰胺、ABS、聚碳酸酯、聚甲醛、有机氟树脂等，目前也有将工程塑料进一步分为工程塑料和超级工程塑料（特种塑料）的分类法，后者一般是具有高耐热性、高强度的塑料，常用于特殊工程应用领域。

从塑料成型的角度，以受热行为分类的方式较为方便。用于塑料农膜的只是热塑性塑料。

二、塑料助剂

助剂是塑料的重要组成部分。助剂也称添加剂。加入助剂的目的是改进塑料的各种性能，如力学强度、耐老化性能、防雾性、抗静电性能、阻燃性能和加工性能等。助剂有冲击改性剂、增塑剂、抗氧剂、紫外线吸收剂、稳定剂、光敏剂、防雾剂、抗静电剂、转光剂、保温剂、阻燃剂、润滑剂、着色剂、发泡剂、交联剂、偶联剂、填充剂和加工性能改性剂等。塑料农膜制造时常用的助剂有增塑剂、抗氧剂、紫外线吸收剂、稳定剂、防雾剂、转光剂、保温剂、填充剂等，在制造可降解塑料地膜时常要添加光敏剂等加速塑料降解的各种助剂。

三、塑料成型与加工

塑料成型是将各种形态的塑料（粉料、粒料、溶液或分散体）采用各种方法在不同的成型机中加工为各种塑料制品的过程。在加工过程中塑料会发生流动、物理性能变化或化学变化。塑料加工方法包括注射成型（注塑）、挤出成型（挤塑）、压延成型、中空成型、吹塑、压缩成型（压塑）、传递模塑、铸塑、旋转成型（滚塑）、泡沫塑料成型、热成型、层合、涂层等。各种成型方法主要由配料、成型和二次加工等工序组成。塑料农膜生产主要有吹塑、压延成型、T型模头挤出成型等。

第二节 塑料工业

塑料工业是材料工业领域中的新兴工业，由合成树脂、塑料助

剂、塑料加工、塑料机械和模具制造等五大工业部门组成。图 1-1 所示为塑料工业生产体系示意图。作为一种材料，塑料在农业、制造业、通讯行业、建筑、机械、化工等行业有着广泛的应用。塑料工业在为满足各应用领域的使用要求的过程中不断获得发展。

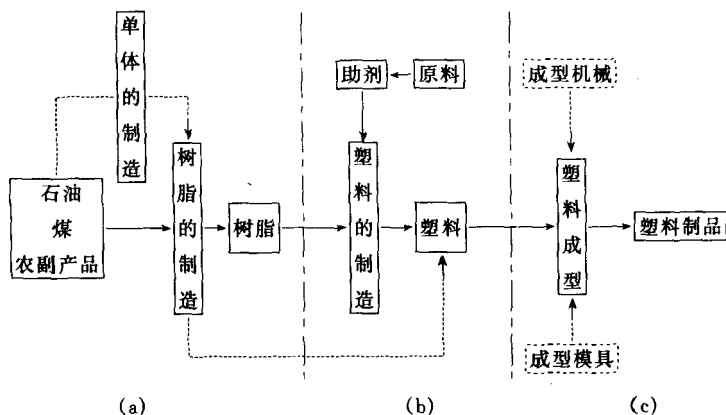


图 1-1 塑料工业生产体系示意图

(a) 原料树脂制造；(b) 塑料原料制造；(c) 塑料制品成型

一、塑料工业在国民经济中的地位和作用

在世界各国的经济发展过程中，塑料工业都起着举足轻重的作用，其发展速度常常成为国家经济发展速度的标志。国民经济中的许多重要产业，如汽车、家用电器、建筑、信息等产业的发展推动了塑料工业的发展；反过来说，塑料工业的发展也支撑了汽车、家用电器、建筑、信息等产业的发展。

中国的塑料工业在实行改革开放政策后取得了突飞猛进的发展，特别是进入 90 年代后，持续高速发展。从 1990 年至 1998 年，中国合成树脂生产量年均增长率达 14.33%，远高于同期中国国民生产总值 9.8% 的年均增长速度，更高于同期世界合成树脂 4.49% 的年均增长率。1996 年，中国合成树脂产量达 4953kt，已位居世界第 6 位，占世界总产量的 3.79%；1997 年的合成树脂产量为 6110kt，在世界产量的排位比 1996 年晋升一位，居第 5 位，占世界总产量的 4.30%；1998 年，产量为 6760kt，比 1997 年增长 10.64%。近年中

国以及世界主要国家和地区合成树脂的产量见表 1-1。

表 1-1 近年中国以及世界主要国家和地区合成树脂产量 / (kt)

年份	1980	1985	1990	1995	1996	1997	1998
中国	898	1232	2268	4239	4593	6110	6760
美国	16079	22000	28113	35701	39951	42500	
日本	7518	9232	12630	14027	14660	15209	
德国	6738	7635	10471	11100	10862	11858	
韩国	781	1445	2935	6689	7741	8173	
中国台湾省	998	1541	2752	4046	4572	4636	
法国	3152	3440	4294	5100	5200	5800	
意大利	2710	2650	3060	3480	3500	3550	
比利时	1835	2300	2968	4500	4600	3640	
荷兰	1400	2500	3428	4100	4200	4000	
加拿大	1355	—	—	3177	3320	3430	
英国	1813	1979	2245	2665	2600	3100	
世界总计	59203	77433	98964	122257	131033	135436	

近年中国塑料制品的生产量增长迅速，目前仅次于美国，居世界第 2 位。1998 年中国塑料加工制品的产量按年产值在 500 万元以上塑料加工企业的统计，为 8420kt，而全部塑料加工制品的产量估计超过 16000kt。近年中国塑料制品产量见表 1-2（均为全部塑料制品的产量）。

表 1-2 近年中国塑料制品产量

年份	1985	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
生产量/kt	2483	3668	4435	5368	6690	8427	9944	15742	15340	(16000)
年增长率/%	15.33	4.06	20.91	21.04	24.63	26.01	18.00	58.31	-2.55	4.30

合成树脂和塑料制品的大量生产，是现代人类大量消费的生活方式的直接结果。其中，一次性使用的塑料制品，如塑料包装购物袋、塑料餐盒和塑料地膜的广泛应用带来了严重的环境问题。报废汽车、家用电器的回收处理也是一个大问题，其中有相当多的部件涉及到塑料的回收。这些问题不仅关系到食品、农业、汽车、家用电器产业的可持续发展，也关系到塑料工业的可持续发展。

二、塑料在农业上的应用

塑料在农业上有着广泛的应用。近 10 年来,世界塑料消费中,农用塑料的消费量约占 3%,预计在今后 10 年,还将维持此比例水平。1996 年世界主要国家塑料材料消费领域比例见表 1-3。

世界主要国家塑料材料消费领域比例 (1996) / %

消费领域 国家	建筑	包装	电子 电气 ^①	运输	农业	家庭 日用	玩具 文体 ^①	家具	服装 鞋帽 ^①	机械	医疗 机器	其他
美国	20.1	27.2	4.2	5.4	4.3 ^②	—	—	4.5	—	—	—	34.3
日本	10.1	32.8	11.8	9.3	2.1	8.4	2.0	2.2	0.7	3.9	0.1	16.4
德国	27.3	27.2	8.4	8.1	1.4	4.2	—	1.8	—	—	—	21.5
加拿大	27.0	39.0	4.0	11.0	3.8 ^③	—	2.0	6.0	—	—	2.0	9.0
法国	25.0	38.0	10.0	13.0	5.7 ^④	—	—	—	—	—	—	14.0
意大利	—	49.3	6.0	7.0	6.0	—	—	5.0	—	—	—	26.7
比利时	25.4	29.5	1.2	9.7	1.1	2.7	0.6	5.1	—	4.1	1.4	19.1
英国	23.2	35.8	10.7	7.6	3.1	3.3	4.2	4.8	1.0	1.8	2.0	2.5
西班牙	11.2	36.4	4.9	7.2	5.1	1.5	1.4	8.0	4.4	2.2	—	16.9
荷兰	28.0	30.0	2.0	3.0	1.0 ^③	6.0	1.0	7.0	—	—	1.0	22.0
匈牙利	17.0	41.8	7.8	2.4	5.0	7.0	—	2.5	—	—	—	16.5
挪威	11.0	45.0	—	—	10.0 ^③	—	—	—	—	—	—	44.0
马来西亚	10.0	30.0	25.0	10.0	5.0	10.0	5.0	—	—	—	—	5.0
南非	8.0	49.0	7.0	4.0	5.0	2.0	2.0	2.0	2.0	4.0	3.0	12.0
新西兰	18.0	55.0	5.0	1.0	8.0	—	—	—	—	—	—	13.0
芬兰	22.0	48.5	8.0	1.5	2.6	1.5	1.1	1.8	—	—	—	13.0
奥地利	22.8	28.7	5.8	3.4	3.9	2.7	2.3	6.5	1.5	7.5	—	14.9
以色列	13.0	27.0	—	—	23.0	16.0	—	5.0	—	8.0	1.0	7.0
波兰	7.8	26.0	4.0	4.0	—	—	—	—	—	—	58.2	

资料来源: IPAD。①1995 年。②1994 年。③1988 年。④1993 年。

注: 1. 建筑: 建筑材料、管材、接头, 不包括涂料、粘接剂。

2. 包装: 薄膜、片材、复合材料、瓶等包装制品, 啤酒周转箱等运输容器。

3. 电子电气: 电子电气零件、电线电缆。

4. 运输: 汽车、自行车、船舶、飞机等零件。

“民以食为天”, 农业是基础。像中国这样的人口大国, 农业的重要性是不言而喻的。农用塑料的应用为中国的农业、水产养殖业、林牧业发展作出了巨大的贡献。在中国, 农用塑料制品主要有塑料农膜、节水灌溉系统等。由于地球上水资源日益减少, 因此, 推广节水灌溉具有十分重要的意义。塑料管材和管件因其质轻, 易施工安装,

制造过程能耗低，被广泛用于节水灌溉系统。我国是水资源缺乏的国家，节水灌溉受到重视，推广力度大，节水灌溉面积不断增加，已达 1 亿亩^①。在缺水的干旱地区还发展了防渗透片材，在热带多雨地区发展了用于热带雨林植树护苗的膜片等。中国农用塑料在塑料制品总产量中所占的比例一直较高，见表 1-4。

表 1-4 中国农用塑料制品占塑料制品总产量的比例

年份	总塑料制品产量 /kt	农用塑料制品产量 /kt	农用塑料制品比例 /%
1958	21.2	—	—
1970	327.6	32.8	10
1975	607.1	60.7	10
1980	1144.0	217.4	19
1985	2482.7	521.4	21
1990	3668.0	597.6	16.3
1995	9944.0	996.4	10.0
1996	15742.0	1150.0	7.3
1997	15340.0	1250.0	8.1

注：数字仅供参考。

据美国农业部统计，从 1950 年至 1984 年，世界粮食产量的增长幅度轻而易举地超过了人口的增长速度，然而，自 1984 年后，粮食产量的增长幅度却一直落后于人口增长的速度，人均粮食产量下降了 7%，即每年下降 0.5%。世界粮食增长缓慢的原因一是缺少新开垦的土地，二是农业收益日渐减少，因而在农田灌溉与化肥使用方面的投入增长速度也放慢了。由于适宜耕种的土地已经开垦殆尽，未来粮食产量的增加几乎完全要靠提高土地的产出率来实现，而这已经变得越来越困难。当人均耕地、灌溉用水量下降，而过分使用化肥也导致作物产量下降时，保护农田就显得十分重要。

我国虽然幅员辽阔，但是，可耕地面积并不大，仅占世界可耕地面积的 7%；我国人口众多，约占世界人口的 22%，而且，每年净增人口约 1500 万，加之近年由于城市化进展占去不少耕地，可耕地面

① 1 亩 $\approx 666.7\text{m}^2$

积每年递减约 700 万亩，人均可耕地面积一直在减少。中国重要历史年代中人口、耕地及人均粮食占有量见表 1-5。为此，用有限的耕地解决世界人口最多国家人民的吃饭问题，始终是个大问题。近年，我国粮食产量虽年年增长，但也改变不了我国正从粮食出口国变为进口国的局面。为了增产粮食，除了保证现有耕地面积不减少和开垦新的耕地外（开垦新耕地要注意生态平衡，头脑发热的围湖造田终于在 1998 年夏季的大洪水中受到了大自然的惩罚），发展高效农业也是措施之一。塑料农膜在增产方面成效显著。据统计，1982～1994 年，全国因使用塑料农膜栽培技术累计增产粮食 26420kt、棉花 2100kt、花生 3550kt、糖料 6550kt、蔬菜 20890kt，折合增加产值 734 亿元，使农民增收 580 亿元，农作物增产总量相当于扩大播种面积 1 亿亩以上。

表 1-5 中国重要历史年代中人口、耕地及人均粮食占有量

年 代	人口 /亿人	耕地 /亿亩	人均耕地占有量 (亩·人 ⁻¹)	人均粮食占有量 /kg
公元前 221～公元 220	0.60	5.57	9.28	670
公元 581～907	0.53	6.60	12.45	873
公元 960～1368	0.77	6.99	9.08	>1000
公元 1368～1644	0.60	7.00	11.67	>1000
公元 1741	1.43	5.88	4.11	574
公元 1840	4.13	8.42	2.04	300
公元 1947	4.56	12.75	2.80	250
公元 1949	5.41	14.68	2.71	240
公元 1952	5.75	16.19	2.82	280
公元 1962	6.73	15.44	2.29	240
公元 1979	9.75	14.92	1.53	340
公元 1985	10.50	14.53	1.38	365
公元 1990	11.43	14.35	1.26	380
公元 1995	11.95	14.26	1.19	370
公元 1998	12.48	(16.50)	(1.32)	393
公元 2000 (预测值)	12.89～13.00	15.00	1.15	400

注：（）内为估计值。

第三节 塑料农用薄膜及其制造

一、塑料农用薄膜

近年，中国塑料农膜产量一直保持在世界第一的位置，地膜覆盖

面积也居世界之首。近年中国农用塑料薄膜应用概况见表 1-6。

表 1-6 近年中国农用塑料薄膜应用概况① /kt

年份	1980	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
地膜/kt	0.3	195.8	296.8	325.3	336.0	373.4	435.8	473.0
地膜覆盖面积/万亩	2.5	4995.0	6500.0	7193.3	7221.5	8249.7	9700.2	10515.6
水稻	—	675.0	—	790.9	827.4	1019.0	838.6	907.5
玉米	—	1365.0	1530.3	1593.0	1605.2	1708.8	2031.3	2642.0
小麦	—	—	—	—	—	—	—	88.5
棉花	0.08	— ^②	—	2089.1 ^③	2100.9	2638.9	3134.9	2723.3
花生	0.1	—	—	523.6	526.0	720.3	774.0	935.2
糖料	甘蔗	—	—	136.4	92.8	143.0	189.5	132.9
	甜菜	—	—	12.0				114.2
甘薯	—	—	—	125.5	—	—	—	149.7
瓜果	0.02	—	—	760.0	919.9	856.9	913.0	899.4
蔬菜	2.25	—	—	629.8	670.4	800.0	1150.8	1115.1
烟草	—	—	375.0	328.2	—	—	—	569.4
果树	—	—	—	65.2	—	—	—	—
其他	0.05	2955.0	4919.7	139.6	478.9	362.6	668.1	238.4
棚膜/kt	23.7	90.7	—	—	—	—	230.0	270.0
棚膜栽培面积/万亩	115.0	330.0	—	—	—	—	900.0	1048.7
棚地膜合计/kt	24.0	345.7	—	—	—	—	700.0	780.0
棚地膜合计/万亩	117.5	5325.0	—	—	—	—	10600.2	11525.7

①部分数据见参考文献 [1]。

②新疆地区为 652.8 万亩。

③新疆地区为 948.0 万亩。

农用塑料薄膜的花色品种在世界上已有几百种之多，主要发展方向是节能、高效、保温、无滴、防尘和防老化。塑料地膜开发了用于不同作物的有色多功能膜，如黑色除草膜，紫色、绿色、蓝色等提高不同作物的光合作用以达增产的薄膜，银灰色防蚜虫膜，有利环保的耐老化易回收地膜、降解地膜等；塑料棚膜有防止水气成雾凝集为水滴和长寿的耐老化无滴长寿膜，能防虫害的功能膜，能增加植物光合作用的转光膜，能调光、遮光、散光、既可保温又可降温的各种有色功能膜，叶菜专用的大棚膜，以及各种长寿膜、多功能膜、保温膜、增温膜、多层共挤膜、强力抗风膜、含氟膜及干扰膜等。另外，原来

只用于农作物的塑料农膜的应用领域也在不断扩展,如发展了用于牧草冬储的具有气调功能的牧草青贮膜,用于畜禽养殖棚的专用膜,用于盐田的苦盖膜等。

二、塑料农用薄膜的制造

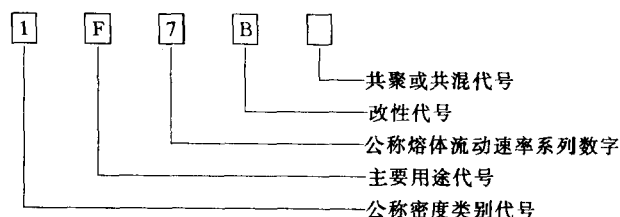
(一) 塑料农用薄膜制造用树脂

用于塑料地膜制造的树脂主要为聚乙烯,用于塑料棚膜的主要有聚乙烯、聚氯乙烯和 EVA 等。

1. 聚乙烯

聚乙烯按密度分有低密度聚乙烯、线型低密度聚乙烯、中密度聚乙烯和高密度聚乙烯。各种聚乙烯品种又有许多牌号。为制得高质量的塑料农膜,首先要选择好所用树脂的品种牌号,应该使用专门用于农用塑料薄膜的树脂牌号品级。工业上常常采用几种牌号的树脂进行共混,以制备最佳性能的塑料地膜。塑料棚膜一般要求树脂的熔体流动速率在 $0.2 \sim 1 \text{g}/10\text{min}$ 。为提高塑料农膜的最终性能,树脂中常添加紫外线吸收剂等各种塑料助剂。

聚乙烯树脂的牌号据国家标准 GB 1845—80 由以下 5 部分组成:



聚乙烯树脂公称密度分类代号、用途代号、熔体流动速率系列代号、改性代号和共聚或共混代号分别见表 1-7、表 1-8、表 1-9、表 1-10 和表 1-11。

表 1-7 聚乙烯公称密度分类代号

类别	公称密度 / ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	类别	公称密度 / ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)
1	≤ 0.922	4	$0.947 \sim 0.956$
2	$0.923 \sim 0.932$	5	≥ 0.957
3	$0.933 \sim 0.946$		

表 1-8 聚乙烯用途分类代号

类别	主要用途	类别	主要用途
B	中空成型	K	电缆绝缘
C	涂层	L	单丝
E	通用挤出成型	P	管材
F	薄膜	S	粉末成型
I	注射成型	Y	扁带
J	电缆护套	T	特殊用途

表 1-9 聚乙烯熔体流动速率系列代号

熔体流动 速率代号	熔体流动速率 / [g·(10min) ⁻¹]	熔体流动 速率代号	熔体流动速率 / [g·(10min) ⁻¹]
0.15	0.13~0.17	2	1.80~2.30
0.20	0.18~0.22	3	2.4~3.60
0.25	0.23~0.27	4	3.70~4.30
0.30	0.28~0.34	5	4.40~5.70
0.40	0.35~0.43	7	5.80~8.20
0.50	0.44~0.58	10	8.30~12
0.70	0.59~0.80	15	13~17
1.0	0.81~1.10	20	18~24
1.5	1.20~1.70	30	25~35

表 1-10 聚乙烯改性代号

类别	改性情况
A	本色, 不加入添加剂、填料, 或只有保证造粒、贮存所必需的添加剂
B	为保证满足各种用途和改性要求而加入规定的添加剂、填料和颜料

表 1-11 聚乙烯共聚或共混代号

类别	共聚或共混情况
C	聚乙烯与不超过 5% 的不含其他官能基的 α -烯烃共聚物
D	聚乙烯与不超过 5% 的不含其他官能基的 α -烯烃共聚物的混合物

塑料农膜常用国产低密度聚乙烯牌号有 2F1.5B、2F1.5B-1、1F1.5B、2F2B、2F3B、2F4B、1F5B、2F5B、2F7B、2F7B-1 ; 高密度聚乙烯牌号有 GF-7740、GF-7750M、GF-7740、3000F 等。

聚乙烯农膜主要采用吹塑方法。

2. 聚氯乙烯

聚氯乙烯是最早用于农用薄膜的材料。聚氯乙烯由于保温性较好，适用于塑料棚膜，通常采用吹塑和压延成型。厚度最小为0.05mm，吹塑薄膜宽度最大可达18m，较多为2m；压延0.9~1.4m，经过双向拉伸的可达4m以上。

3. EVA树脂

EVA树脂是乙烯-醋酸乙烯的共聚物。EVA树脂带有的醋酸根赋予了其许多独特的性能，主要特点如下：

①EVA的红外阻隔率介于聚乙烯和聚氯乙烯之间，见表1-12；

表 1-12 几种常用塑料农膜材料红外阻隔率比较

材料	聚氯乙烯	EVA	聚乙烯
薄膜厚度/mm	0.01	0.01	0.01
红外阻隔率/%	80	50	20

②EVA树脂具有弱极性，因而与防雾滴剂和保温剂等添加剂的相容性较好，所以，易获得高性能的改性农膜；

③EVA树脂的耐寒性、耐冲击性、耐应力开裂性、可焊性、透明性明显比聚乙烯好。

EVA可采用流延成型和吹塑方法。

农膜常用低密度聚乙烯（LDPE）、高密度聚乙烯（HDPE）、线型低密度聚乙烯（LLDPE）、EVA，以及聚氯乙烯（PVC）的性能比较见表1-13。

表 1-13 塑料农膜常用塑料的性能比较

性能	LDPE	HDPE	LLDPE	EVA	PVC	
					硬质	软质
极性	无	无	无	有	有	有
熔体流动速率/ [g·(10min) ⁻¹]	1.2	1.2~2.0		—		
密度/(g·cm ⁻³)	0.910~ 0.925	0.940~ 0.965		0.927~ 0.965	1.35~ 1.45	1.16~ 1.35
结晶度/%	71.3~ 71.5			68.2		

续表

性能	LDPE	HDPE	LLDPE	EVA	PVC	
					硬质	软质
透光度/%						
浊度	12.9~ 14.9			10.5		
吸水率/%	<0.015	<0.010			0.007~ 0.4	0.15~ 0.75
透气性/[$\text{cm}^3 \cdot$ ($\text{m}^{-2} \cdot 24\text{h}$) $^{-1}$]						
氧	2700	1600~ 1700			120	190~ 3100
氮	—	440			20	53~ 810
二氧化碳	7700~ 30000	3900~ 10000			320	430~ 19000
水 (38℃, 90% RH)	14~ 19	4~6			—	25~ 50
拉伸强度/MPa	7.0~ 16.1	24.5~ 38.2		21.0~ 26.0	34.3~ 61.8	10.3~ 24.0
拉伸弹性模 量/MPa	119~ 245					
冲击强度(缺口) /($\text{kJ} \cdot \text{m}^{-1}$)	>0.85344	10~ 15			2.2~ 108.0	随增塑剂变
断裂伸长率/%	90~ 800	500~ 1000		360~ 620	2~24	200~ 450
邵氏硬度/D	41~46					
连续耐热温度/℃	82.2~ 100.0	121				66~ 79
热变形温度 (0.46MPa)/℃	37.8~ 49.4	66~ 79			44~71	
脆化温度/℃	-80~ -55	-65			54~74	
热封温度/℃	110~ 150					
熔点/℃	107~111			95~100		
阳光的影响	加炭黑耐 老化	加炭黑耐 老化			转棕色	随增塑剂变

聚乙烯和聚氯乙烯薄膜的性能比较见表 1-14。塑料地膜以聚乙烯为主；棚膜，欧美以聚乙烯为主，日本以聚氯乙烯为主，我国目前较多使用聚乙烯。

表 1-14 聚乙烯和聚氯乙烯薄膜的性能比较

材料	保温性	耐久性	耐污染性	流滴性	透明性	耐风力	弹性	粘性	价格
聚乙烯	△	△	◎	○	×	☆	○	○	◎
聚氯乙烯	☆	◎	○	◎	◎	○	◎	☆	○

(二) 塑料农用薄膜制造用助剂

塑料农膜均在户外使用，受到太阳光的作用会发生老化。波长 290~320nm 的紫外光是造成塑料老化的主要原因之一，其辐射能量为 0.393~0.433kJ/mol，而组成塑料的高分子链中的 C—C 键的离解能仅为 0.353kJ/mol，所以，紫外光使塑料高分子链处于激发态并产生自由基，或发生断裂，或发生氧化反应，造成塑料的降解老化，使塑料农膜的强度不断下降，直至不能使用。

下面简单介绍塑料农膜常用助剂。

1. 光稳定剂

光稳定剂包括光屏蔽剂、紫外线吸收剂、激发态猝灭剂和受阻胺类自由剂捕捉剂等，目前使用较多的光稳定剂是 UV 系列紫外线吸收剂和受阻胺类自由剂捕捉剂。国内生产单位有十几家，受阻胺类光稳定剂主要牌号有 GW-544、GW-540、GW-480、GW-770，紫外线吸收剂主要有 UV-531、UV-327、UV-9 等，产量在几百吨。少量镍盐类猝灭剂 2002 猝灭剂和受阻酚类抗氧化剂 1010CA 也用于复配。光稳定剂使用量为 5‰~2‰。各种光稳定剂通常制成母料，再加入基础树脂中使用。常用于聚烯烃的光稳定剂见表 1-15。

表 1-15 常用聚烯烃光稳定剂

种类	相对分子质量	生产厂商	特点	备注
受阻胺类				
HALS				
GW-540	542		易被酸（如农药）钝化挥发性大，对设备和人体有害	
GW-540	542	国产	有重金属污染	与镍络合物光稳定剂 2002 复配，老化达 2 年

续表

种类	相对分子质量	生产厂商	特点	备注
镍络合物 2002			防老化和耐热氧化性 不如 Chimassorb944	相当 Tinuvin622
BW10LD	3500			
Tinuvin622			相对分子质量高, 单独使用不如 Chimassorb944	
GFW-100	8000~10000		易被酸钝化	
Chimassorb944	3000		光稳定性, 热稳定性 好, 抗农药	用量增加
Tinuvin492				复配物

受阻胺类光稳定剂对聚乙烯农膜的保护作用比紫外线吸收剂强得多。添加受阻胺类光稳定剂的农膜能透过 290nm 以上的长波紫外线, 如用于棚膜, 则可为塑料棚内的作物提供比较接近自然环境的条件, 而紫外线吸收剂吸收 390nm 以下的紫外线, 塑料棚内因缺乏紫外线辐照而使作物色泽不佳。

受阻胺类光稳定剂的厚度效应比紫外线吸收剂小, 因而在薄的薄膜中应用效果显著。

我国自行研制的受阻胺类光稳定剂 GW-540 具有优异的光稳定效果, 对厚度为 0.012mm 的塑料农膜, 用量仅需 0.3%~0.5%, 即可达到连续使用 18 个月的寿命。

如果将 GW-540 与镍盐或紫外线吸收剂 UV-531 并用, 可产生协同作用, 使用寿命可达 24 个月以上, 见表 1-16。

表 1-16 GW-540 与紫外线吸收剂 UV-531 并用效果^[2]

助剂	UV-531	GW-540	GW-540 + UV-531
加入量/%	0.2	0.2	0.2 + 0.2
诱导期/h	80	84	208

GW-540 与镍盐类猝灭剂 2002 及不同光稳定剂的稳定化效果比较见表 1-17。

表 1-17 GW-540 与 BW10LD 光稳定剂防老化性能(伸长率保留率)比较 / %

种类	扣棚 3 月		扣棚 6 月		扣棚 8 月		生产厂商
	纵向	横向	纵向	横向	纵向	横向	
GW-540 + 2002 (0.5 %)	115.3	100.0	101.7	80.0	93.2	95.7	北京助剂研究所
GW-540 + 2002 (0.5 %)	98.3	88.0	86.7	61.3	31.7	37.3	北京某化工厂
BW10LD (0.4)	100.0	101.1	88.7	88.7	88.7	90.1	北京市化学工业研究院

注：1. 树脂：LDPE 18D (大庆石化公司) 50 % ; LLDPE 0209 AA (盘锦石化公司) 50 %。

2. 大棚规格：宽 3000mm，膜厚 0.1mm。

3. 扣棚地点：北京海淀区东升乡八家村五队大棚专业队。

4. 作物：油菜，西红柿，生菜。

5. 测试及评价单位：中国农用塑料应用技术学会专家组。

GW-540 是目前生产聚乙烯农膜的主要光稳定剂，其也存在明显缺点，主要是挥发性大，加工时对设备和操作人员有一定的危害，因此，在加工现场要注意保护、通风。从发展角度讲，应该寻找更好的替代品，高分子型受阻胺稳定剂是发展的方向，如受阻胺 944。

2. 防雾滴剂

对防雾滴剂的要求是低温下的迁移速度快，同时防雾滴持效期长。防雾滴剂通常为表面活性剂。通过添加这些表面活性剂，可以改变聚乙烯薄膜表面与水的接触角，降低水的表面张力，使水在塑料表面成膜。常用的表面活性剂有含亲水基团的多元醇、含聚氧化乙烯的化合物等非离子表面活性剂。这些防雾滴剂的分子结构中同时存在亲水和亲油两种基团，前者包括羧基 ($-\text{COOH}$)、羟基 ($-\text{OH}$)、胺基 ($-\text{N}-\text{R}$) 或醚键 ($-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-$)_n，后者有各种烷基 ($\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$)，亲油基团可提高表面活性剂与聚乙烯的相容性。

防雾滴剂按使用方法是内添加法，还是外涂敷法，分为内添加型和外涂敷型两类。内添加法是将防雾滴剂加入树脂，再制成制品的方法；外涂敷法是在棚内薄膜表面喷涂防雾滴剂的方法。内添加法有如下问题：防雾滴剂熔融温度低，与树脂的相容性差，母料加工困难，且防雾滴剂常会降低薄膜的耐老化性能。改进的方法是开发新型防雾滴剂，添加增容剂，开发外涂敷型防雾滴剂等。

为了控制防雾滴剂的迁移速度，常常采用几种防雾滴剂复配的方法；另外，为达到增长持效期，在选择防雾滴剂时不仅要考虑防雾剂

的种类，也要考虑与塑料的相容性、加工性，以及添加量等因素。不同防雾滴剂的比较见表 1-18 和表 1-19。

表 1-18 防雾滴剂效果比较 (1)^[2]

防雾滴剂品种	FY ₂	PE-1
流滴持效期/d	108	118.5
露滴滞留面积 (4 个月) /%	55	50
露水滞留量 (3 个月) / (g·m ⁻²)	14.47	17.47
透光率/%	67.9	68.2
雾气	无	轻
增温 (与空白膜比较) /℃		
最低	4.86	4.90
最高	24.9	19.7
耐候性 (7 个月)		
强度保留率/%		
纵	113.3	84.1
横	109.6	92.0
伸长保留率/%		
纵	96.0	89.6
横	94.9	96.9

注：扣棚地点：中国农科院试验基地（海淀八家大队），北京蔬菜中心试验基地（顺义沿河乡）。扣棚时间：1995.2～1995.9。

表 1-19 防雾滴剂效果比较 (2)^[2]

防雾滴剂 品种	空白	胺类	胺类	胺类	胺类	聚多元	聚多元	聚多元	聚多元	聚多元
		FY ₂	复合型	复合型	复合型	醇类	醇类	醇类	醇类	醇类
			(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(4)	PE-1
露滴滞留面积/%	100	18.0	20.0	21.5	30.0	65.0	45.0	86.5	96.0	19.0
露水滞留面积/ (g·m ⁻²)	140.2	14.5	25.9	23.8	28.2	100.5	72.6	57.9	151.8	17.7
透光率/%	59.8	67.9	63.0	66.1	64.5	60.0	63.8	67.6	59.5	68.2

注：扣棚地点：中国农科院试验基地（海淀八家大队），北京蔬菜中心试验基地（顺义沿河乡）。扣棚时间：1995.2～1995.9。数据为两处平均值。

防雾滴剂的用量影响防雾滴效果，提高含量可以大幅度提高防雾滴效果。防雾滴剂的使用效果还与环境温差、空气湿度、作物品种和塑料棚的结构形式有关。通常，昼夜温差小、棚内湿度小、薄膜张紧程度适中，则流滴持效期就长；反之，流滴持效期就短。表 1-20 所

示为高温干燥环境与高温高湿环境条件下分别栽培甜瓜和黄瓜时塑料棚防雾滴效果的差别。

表 1-20 不同作物使用不同环境条件对防雾滴效果的影响^[2]

作物品种	甜瓜	黄瓜
流滴持效期/d	117	98
露滴滞留面积(4个月)/%	小于50	55
露滴滞留面积(3个月)/%	23.1	11.8
透光率/%	68.2	67.5
雾气	无	无
比空白膜增温/℃		
最低	1.0	4.86
最高	3.6	24.9
耐候性(7个月)		
强度保留率/%		
纵向	100.6	126.1
横向	91.8	127.5
伸长保留率/%		
纵向	88.8	103.1
横向	79.5	110.3

注：防雾滴剂 FY-2。扣棚地点：北京海淀区八家大队和顺义沿河乡。

目前，国内生产用于内添加型防雾滴剂的生产厂家有十多家，品种达十多个。

3. 保温剂

塑料大棚中的热量散失有相当部分是因 $7\sim 25\mu\text{m}$ 波长的红外线辐射散失造成的，所以，提高塑料大棚内温度的有效方法是提高薄膜的红外线屏蔽作用。聚氯乙烯薄膜的保温性优于聚乙烯膜，相同厚度的薄膜，聚氯乙烯较聚乙烯，棚内温度高 $0.5\sim 1.5^{\circ}\text{C}$ ，这是因为聚氯乙烯在 $7\sim 25\mu\text{m}$ 波长范围内有强烈的吸收峰，聚乙烯则没有。添加红外线屏蔽剂可提高薄膜的保温性。

目前，较多使用的保温剂是无机红外线屏蔽剂，有二氧化硅、硅酸铝、陶土、碳酸钙、氢氧化铝等，在 $7\sim 25\mu\text{m}$ 波长有较大的吸收峰。

提高薄膜的漫反射功能，也是提高薄膜保温性的方法。