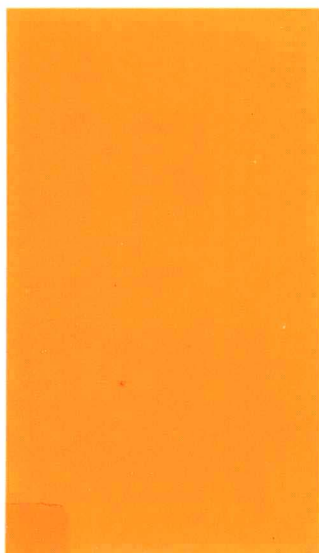


● 实用塑料制品生产配方和工艺丛书 ●
SHIYONG SULIAOZHIPIN SHENGCHANPEIFANG HE GONGYI CONGSHU

包装用塑料制品的 生产配方和生产工艺

周祥兴◎编著



中国物资出版社

实用塑料制品生产配方及工艺丛书

包装用塑料制品的生产配方和 生产工艺

周祥兴 编著

中国物资出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

包装用塑料制品的生产配方和生产工艺/周祥兴编著. —北京: 中国物资出版社, 2010. 12

(实用塑料制品生产配方及工艺丛书)

ISBN 978 - 7 - 5047 - 3518 - 8

I. ①包… II. ①周… III. ①塑料—包装材料—生产—工艺②塑料制品—生产工艺 IV. ①TB484. 3②TQ320

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 157254 号

策划编辑 钱 瑛

责任编辑 秦理曼

责任印制 方朋远

责任校对 孙会香 梁 凡

中国物资出版社出版发行

网址: <http://www.clph.cn>

社址: 北京市西城区月坛北街 25 号

电话: (010) 68589540 邮政编码: 100834

全国新华书店经销

三河市西华印务有限公司印刷

开本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 10.25 字数: 218 千字

2010 年 12 月第 1 版 2010 年 12 月第 1 次印刷

书号: ISBN 978 - 7 - 5047 - 3518 - 8/TQ · 0037

印数: 0001—3000 册

定价: 20.00 元

(图书出现印装质量问题, 本社负责调换)

前 言

《包装用塑料制品的生产配方和生产工艺》一书，是《实用塑料制品生产工艺及配方丛书》中的一本。目前，在包装材料中，纸及纸板仍占第一位，占整个包装材料的30%~35%，塑料占包装材料的第二位，占包装制品总量的25%。这充分说明了塑料包装制品的重要性。

尽管一次性使用的包装口袋，遭到了社会各界人士的谴责，但是，它对方便群众购物有一定的好处。2008年6月起国家禁止超市购物赠送塑料袋的做法，无疑有利于白色污染的减轻。但应当指出的是，加强回收利用，使废塑料重新再利用才是各国对于包装塑料的最佳处理途径。不过，我国居民缺少各类垃圾分类的习惯是一大难点，如果能像日本和中国台湾那样，玻璃、陶瓷碎片与塑料分别摆放，专车负责收集，可以大大提高回收再利用率。尤其在塑料的再生利用方面，各国都有不少好的经验，如废PET瓶回收后造粒，共挤出或共注射，内层为1/3的PET新料，而其余外层为2/3的废旧PET料，可以有良好利润；杂在一起不易分开的各种废塑料，可以在配方中加5%~10%的相容剂，例如EVA，混合，用800mm的大型挤出机挤出塑料桩柱，用于海堤、江堤、河堤。这种桩柱原来一直由中国台湾生产，销往大陆，价格为4000元人民币/吨，性能胜过木桩、水泥桩和钢铁桩；德国有家炼铁厂用造成团粒后的混合塑料，作为炼铁时的还原剂使用，有良好的经济效果；泡沫PS可以回收再生利用，还可以用于生产油漆、清漆；包装用的PVC废料，重新造粒后可以做成建筑材料，如排污管道、地板卷材或方块料，性能上并不比新料差。政府应该用降低税收的方法来鼓励企业充分利用废旧塑料来再生产有用的产品。各种废旧塑料用干馏或催化干馏生产燃料油是一个能大规模清除废弃塑料的好项目，应当坚持下去，把这项研究进行到底。

国外对于城市垃圾的处理办法是可以燃烧的垃圾分拣出来，混合造团粒后，在焚烧炉中焚烧，其热值相当于一级煤，用此热量发电，生成的废气则进入气体纯化装置中，提纯成化学肥料、化工产品，再调温调湿后排放入大气中；焚烧后的固体残渣，作为化肥添加剂应用。在中国台湾和日本，无论城市大小，均利用可燃性垃圾焚烧炉发电，为此，虽然每年人均塑料使用量在100kg以上，但并没有污染。深埋法过去在美国广为使用，由于空地越来越少，这种方法已被淘汰。我国是一个地少人多的国家，更不宜采用深埋法，深埋在土地中的垃圾不仅污染了地面，而且也污染了地下水。我

国人多，可以组织人员分别收集可燃性垃圾和不可燃杂物，尽量能利用就再利用。以塑代钢、以塑代木、以塑代纸的提法是正确的，而且应该提倡。

本书共分六章，第一章为包装用塑料制品概述，讲述塑料包装业的现状及发展，塑料的基础知识和性能，合成树脂代号及中英文对照；第二章为软包装单层膜的生产工艺、配方及应用，讲述软包装单层膜概述，热封用塑料薄膜的生产工艺和配方，保鲜膜的生产配方及应用；第三章为软包装复合膜的生产工艺、配方及应用，讲述干式复合膜、挤出涂布复合膜、共挤出复合膜的生产工艺和结构配方，无菌包装膜袋、高温蒸煮袋、胶黏带、热收缩包装薄膜、缠绕包装膜、防滑薄膜、气垫薄膜、气相防锈包装膜、复合软管的生产工艺、配方及应用；第四章为缓冲包装的生产工艺、配方及应用，讲述 PVC 泡沫塑料、PE 泡沫塑料、PP 泡沫塑料、PS 泡沫塑料、脲甲醛泡沫塑料、酚醛泡沫塑料、环氧泡沫塑料、聚乙烯醇缩甲醛泡沫塑料、聚氨酯泡沫塑料的生产工艺、配方及应用；第五章为塑料挤出网、捆扎绳、编织袋及集装袋的生产工艺及应用；第六章为硬质包装制品的生产工艺、配方及应用，讲述中空成型容器、打包带、钙塑瓦楞箱、周转箱、托盘等的生产工艺和配方。

因作者水平有限，时间仓促，书中难免有疏漏之处，请广大读者及时指出。

周祥兴

2010 年 2 月

目 录

第一章 包装用塑料制品概述	1
第一节 塑料包装业的现状及发展	1
一、我国包装业的发展现状	1
二、包装的功能和要求	1
三、塑料包装的现状及发展前景	2
第二节 塑料的基础知识和性能	3
一、塑料的定义、分类及通性	3
二、塑料的性能	4
第三节 合成树脂代号及中英文对照	10
第二章 软包装单层膜的生产工艺、配方及应用	13
第一节 软包装单层膜概述	13
一、软塑包装的重要性及性能要求	13
二、软包装单层膜的生产工艺和配方	14
第二节 热封用塑料薄膜的生产工艺和配方	21
一、热封用塑料薄膜的性能要求	21
二、包装用单层膜及热封用膜的生产配方	22
三、挤出双向拉伸薄膜的生产工艺和配方	25
四、表面改性的聚烯烃薄膜的生产配方	27
五、热封用内层膜的生产工艺注意点	29
第三节 保鲜膜的生产配方及应用	32
一、食品发生腐败变质的原因	32
二、乙烯气体吸着膜的生产配方及应用	32
三、防结露防雾膜的生产配方及应用	34
四、抗菌性薄膜的生产配方及应用	34
五、日本青果物用的功能性保鲜膜和其他保鲜膜	35

第三章 软包装复合膜的生产工艺、配方及应用	38
第一节 干式复合的生产工艺	38
一、干式复合工艺的特点	38
二、干式复合膜生产中的工艺技术	39
三、湿式复合工艺和无溶剂复合工艺	42
第二节 挤出涂布复合膜及共挤出复合膜的生产工艺和结构配方	43
一、挤出涂布复合膜的生产工艺和结构配方	43
二、共挤出复合膜的生产工艺和结构配方	44
第三节 无菌包装膜袋的生产工艺及应用	50
一、无菌包装的基础知识	50
二、Tetra pak 公司无菌包装袋的生产工艺及应用	52
三、Ercal 公司中性无菌复合片材的生产工艺及应用	53
四、钴 ⁶⁰ 射线无菌包装的生产工艺及应用	53
第四节 高温蒸煮袋	54
一、高温蒸煮袋的种类和发展现状	54
二、高温蒸煮袋的无菌包装优点	55
三、高温蒸煮袋生产中的注意点	56
四、高温蒸煮袋今后的发展方向	57
第五节 胶粘带	58
一、胶粘带的种类和用途	58
二、压敏胶的生产配方	59
第六节 热收缩包装薄膜的生产工艺和配方	62
一、PVC 热收缩薄膜的生产工艺和配方	62
二、包装用聚烯烃热收缩薄膜的生产配方	63
三、共挤复合多层次热收缩复合薄膜的生产配方	64
第七节 缠绕包装膜的生产配方	65
第八节 防滑薄膜、气垫薄膜、气相防锈包装膜	67
一、防滑薄膜	67
二、气垫薄膜	68
三、气相防锈包装膜	68
第九节 复合软管包装	74
一、复合软管包装的概况	74
二、复合软管的生产	75
三、世界著名软管生产厂家的生产实例	76

第四章 缓冲包装的生产工艺、配方及应用	78
第一节 缓冲包装的定义、分类及性能要求	78
一、缓冲包装的定义和特性	78
二、泡沫塑料缓冲包装材料的性能要求	79
三、塑料缓冲包装材料的分类	79
四、泡沫塑料缓冲包装材料的性能特性	79
五、缓冲包装的方法	80
六、影响泡沫塑料缓冲包装材料性能的因素	81
第二节 PVC 泡沫塑料的生产工艺和配方	81
一、PVC 泡沫塑料的生产工艺	81
二、PVC 泡沫塑料的生产配方	81
三、PVC 泡沫塑料缓冲包材的性能	84
四、其他 PVC 泡沫塑料的配方、生产工艺和性能	84
第三节 PE 泡沫塑料的生产工艺和配方	87
一、PE 泡沫塑料的生产工艺	87
二、PE 泡沫塑料的生产配方	87
三、EVA 泡沫塑料的生产配方	89
四、其他聚乙烯发泡制品的生产配方	90
第四节 PP 泡沫塑料的生产工艺和配方	92
一、PP 泡沫塑料的生产工艺	92
二、PP 泡沫塑料的生产配方	93
三、PP 泡沫塑料同 PE 泡沫塑料的性能比较	96
四、其他 PP 泡沫塑料的生产配方	96
第五节 PS 泡沫塑料的生产工艺和配方	97
一、PS 泡沫塑料的生产工艺	97
二、PS 泡沫塑料的生产配方	99
三、橡胶改性聚烯烃泡沫塑料的生产配方	101
第六节 脲甲醛泡沫塑料、酚醛泡沫塑料、环氧泡沫塑料、聚乙烯醇缩	
甲醛泡沫塑料的生产工艺和配方	102
一、脲甲醛泡沫塑料的生产工艺和生产设备	102
二、脲甲醛泡沫的性能和用途	105
三、酚醛泡沫塑料的生产工艺和配方	105
四、环氧泡沫塑料的生产配方	106
五、聚乙烯醇缩甲醛泡沫塑料的生产配方	107

六、其他热固性泡沫塑料的生产配方和性能	108
第七节 聚氨酯泡沫塑料的生产配方	108
一、软质聚氨酯泡沫塑料的生产配方	108
二、硬质聚氨酯泡沫塑料的生产配方	115
第五章 塑料挤出网、捆扎绳、编织袋及集装袋的生产工艺及应用	116
第一节 塑料挤出网的生产工艺及应用	116
一、塑料网的概况	116
二、塑料挤出网的成型原理	116
三、塑料挤出网的工艺流程	117
四、塑料挤出网的性能	118
五、塑料挤出网存在的问题和解决办法	118
六、塑料挤出网的应用	118
七、网状编织袋	119
第二节 塑料捆扎绳的生产工艺及应用	119
一、塑料捆扎绳的生产工艺	119
二、塑料撕裂膜	120
三、由多股单丝捻成的塑料绳索	121
第三节 塑料编织袋、水泥塑料编织袋、集装袋的生产工艺及应用	122
一、塑料扁丝的生产	123
二、塑料编织袋的织造	124
三、塑料编织布的涂布复合	124
四、水泥塑料编织袋	125
五、集装袋	126
第六章 硬质包装制品的生产工艺、配方及应用	128
第一节 中空成型容器的生产工艺和配方	128
一、中空成型容器的生产工艺	128
二、滚塑成型容器的生产工艺	132
三、中空成型容器的生产配方	132
第二节 打包带的生产工艺和配方	142
一、PP 打包带的生产工艺和配方	142
二、聚乙烯打包带的生产工艺和配方	143

第三节 PVC 钙塑瓦楞箱、真空成型 PVC 包装硬片、其他钙塑瓦楞箱的生产工艺和配方	143
一、PVC 钙塑瓦楞箱的生产工艺、配方和性能	143
二、真空成型包装用 PVC 硬片的生产工艺和配方	144
三、其他钙塑瓦楞箱的生产工艺和配方	145
第四节 塑料周转箱的生产工艺、配方、规格和性能	146
一、塑料周转箱的生产工艺和配方	146
二、塑料周转箱的规格	148
三、塑料周转箱的性能	149
第五节 托盘的生产工艺及应用	150
 参考文献	 152

第一章 包装用塑料制品概述

第一节 塑料包装业的现状及发展

一、我国包装业的发展现状

我国包装业自改革开放以来，保持了平稳而快速健康的发展态势，总产值由 2002 年的 2500 亿元发展到 2006 年的 6000 亿元，年增长 35%。包装工业占国内 GDP 的 2.4%，在国民经济 42 个主要行业中排行第 14 位，成为仅次于美国、日本的世界第三大包装大国，不少包装产品，如瓦楞纸、钢桶、编织袋等产量世界第一。

我国的包装业和其他先进国家的包装业一样，纸及纸板包装仍占首位，占包装材料的 30% 左右，其次是塑料材料，占 25% 左右，再次是金属，占 15% ~ 20%，木材、玻璃、棉麻织物、陶瓷等包装材料正在逐渐淡出包装业。在纸及纸板、塑料、金属和玻璃等包装材料中，塑料每年以 5% 的速度增长，其他材料仅有 2% ~ 3% 的年增长速度，其原因是塑料作为包装材料有易成型、废弃物易处理回收、不易破碎、携带方便的特点。

二、包装的功能和要求

所谓包装是指产品从生产厂家转移到使用者手中，而且能完整地保护其使用价值的手段。包装的功能如下：

第一，保护商品的使用功能，使商品在储存运输过程中，无论碰到何种恶劣环境都能完好地到达消费者手中。

第二，装潢美观功能。装潢印刷漂亮美观的包装能够吸引消费者的购买欲望，提高销售量。

第三，简明扼要的信息传递功能。包装上的印刷让消费者一看就明白包装内容物

是什么,生产厂家名称、电话、地址、配方、如何保存和使用、有效期、质量保证等。

第四,简便性。在计量、保管时,可以方便携带、搬运、清点计数,从而降低了保管和运输费用。

第五,延长了食品的保质期,使一些地方特色的食品,可以在保鲜、无菌的包装下运输到遥远的地方去销售,扩大了销售地区范围。

一个好的包装不仅要满足上面这些要求,还应当满足被包装商品对包装的各种性能要求的前提下,采用成本最低的包装。既要反对欠包装,又要反对过包装。

废弃包装能否再生回收利用,已经为全社会所关注,可以回收利用的包装就是所谓绿色包装、清洁包装,是当前发展的重点。

三、塑料包装的现状与发展前景

正如前述,塑料包装无论在世界各国还是在我国都是发展相当迅速的,其原因是:

(1) 塑料包装材料同其他包装材料相比,是一种省资源省能耗的包装材料。金属和纸及纸板的生要耗费大量的森林,开采大量的矿石进行冶炼生产,耗费大量能源和资源,相对而言,从地下开采出来的石油经过较少的耗能就能得到单体,从而聚合成树脂。

(2) 塑料可以成型成多种形态的包装制品,如编织袋、薄膜、瓶、盒、周转箱、集装袋或集装箱等,相对于金属和玻璃而言成型方便,成型耗能也较小。

(3) 塑料易于进行化学和物理的改性,能充分满足被包装内容物的运输和销售的各种性能要求。

(4) 塑料包装的废弃物易于回收再利用和处理,例如,用烧却法,回收热量发电,废气可再生回收为化肥或盐酸、硫酸等化工原料,这方面的关键是建立一整套废塑料包装物的回收分类系统。日本和我国的台湾都是塑料使用量超过 100kg/(人·年)的国家和地区,但是,环境并没有受到影响,在这些地方,无论大小城市都有垃圾焚烧炉,并且每个焚烧炉都有气体纯化装置,把燃烧后的有毒酸性气体吸收或吸附下来,成为化肥或化工原料。

我国 2006 年塑料加工业总产量为 28019kt,用于包装的塑料占塑料总量的 25% 左右。不少废旧塑料包装可以回收后再用,例如,混合在一起的废旧包装物,可以用直径为 600mm~800mm 的挤出机螺杆,直接挤出圆柱形海堤、江堤、河堤用桩柱,代替水泥和木桩柱,这种桩柱坚固、成本低;废 PVC 或废 PE 口袋,回收后可以重新造粒,再次用于非食品包装材料或建筑材料,如压延成地板、屋顶防水材料、排污管道等;废 PET 碳酸饮料瓶可以采用共挤复合吹塑的方法,在内层用 1/3 的 PET 新料,而外层用 2/3 的废旧 PET 料,重新作为碳酸饮料瓶用;德国有家炼铁厂,用废旧塑料作高炉

还原剂，加快了矿石炼制铁水的速度，提高了质量；大量的一次性使用的可发性聚苯乙烯饭盒，可以熔融后造粒成 PS 粒子，应用于非食品包装材料或建筑材料中；废旧可发性 PS 饭盒还可溶于有机溶剂中，生产上光剂、油漆；利用废旧塑料干馏或催化干馏生产燃料油和汽油、柴油的工业项目也已有人在进行。这说明塑料绝不是破坏环境的罪犯，而是有益于人类的帮手。问题在于我们人类自己，如何搞好回收利用。不少城市已经引进国外先进的利用城市垃圾焚烧炉来发电的设备，这就是一个很好的保护环境的措施。

第二节 塑料的基础知识和性能

一、塑料的定义、分类及通性

广义地讲，凡是可塑性的材料都可以叫塑料，但是我们现在讲的塑料是指以合成树脂为主要原料，添加其他助剂后，在一定的温度和压力下具有延展性而成型，冷却下来可以保持其形状的一类材料。塑料是一种具有可塑性的材料，但是具有可塑性的材料并非都是塑料，例如，石膏和黏土均具有可塑性，但它们不能叫塑料。

我们把分子量低于 1000 的物质称为低分子量化合物，高于 10000 的物质叫高分子量化合物，而分子量超过 100 万的称为超高分子量化合物。塑料的主要原料合成树脂是高分子量化合物。

高分子量合成材料有三类：合成树脂、合成纤维、合成橡胶。虽然它们都是合成的高分子量化合物，但是在性能上是不一样的。合成橡胶在常温下有极好的弹性，可以在外力下拉伸 300% 以上，外力去除后，可以 100% 恢复到原来的形态；橡胶的弹性模量低，是一种线性高分子材料，分子间有交联，但无结晶性；常温下使用的状态是高弹态，分子之间的凝聚力小。合成纤维的拉伸强度和弹性模量都很高，分子具有对称性，分子间的凝聚力大，具有高度的结晶性。合成树脂则介于二者之间。

塑料的分类：

(1) 按塑料受热时的性状来分可以把塑料分成热塑性塑料和热固性塑料两大类。热塑性塑料受热熔融，冷却后成固定形状，整个过程是物理过程，可反复多次进行，在大分子结构上是由线性或有支链的线性分子组成的；热固性塑料在受热以后发生线性初聚物或单体分子的交联固化，属于化学反应，使原来初聚物的线性分子交联固化为网状结构的立体分子，立体网状交联固化的热固性塑料是一种不熔不溶物，因此，热固性塑料只能加热固化成型一次，不能再重复加热成型。

(2) 按塑料的应用来分, 可以把塑料分成通用型塑料、工程塑料和特种塑料三大类。通用型塑料是指综合性能较好, 使用范围广泛, 而且价格便宜的一类塑料, 主要是 PE、PP、PVC、PS 和热固性的酚醛和胺基塑料。工程塑料是指有较高的强度, 可以代替金属使用在机械零部件和工程结构件上的一类塑料, 如 ABS、尼龙、聚碳酸酯、聚酯树脂、POM 等。特种塑料是指在某一性能上特别优异的一类工程塑料, 例如, 耐高温塑料、耐辐射工程塑料等, 所以特种塑料首先是有良好机械强度的工程塑料, 而后又由于某一方面性能特别优异而使用在特定的环境中。

各种塑料的通性:

(1) 塑料相对密度较低, 一般为 $0.9\text{g/cm}^3 \sim 2.2\text{g/cm}^3$, 大大低于金属、玻璃、陶瓷等包装材料, 为此, 在汽车、飞机、火车上使用塑料来代替金属和玻璃, 可大大减轻重量, 提高速度。

(2) 塑料的比强度高, 所谓比强度是指强度同质量之比, 也就是单位质量的强度性能, 尤其是玻璃纤维增强的工程塑料, 其比强度是铸铁的 5 ~ 10 倍, 甚至超过合金钢。

(3) 塑料的耐化学腐蚀性好, 一般塑料均有一定的耐酸、耐碱、耐化学药剂性, 可以做成输送和储存酸、碱、化学溶剂的管导、泵、槽池、桶、釜。像 PTFE 塑料, 是塑料中耐腐蚀性最好的, 可以耐氢氟酸和王水。

(4) 塑料的电绝缘性能优越, 几乎所有塑料的体电阻率都在 $1 \times 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上, 是电的良好绝缘体, 可广泛用于电力电缆和通信电缆的外护绝缘涂层和电气具的绝缘件上。

(5) 塑料有良好透明性, 易着色, 制品易印刷涂布, 耐摩擦性好。

(6) 塑料有易氧化、老化的缺点, 但通过添加抗氧剂可以改善。而且塑料不会生锈, 耐用结实。塑料一般耐热较低, 只能在 300°C 以下的场合使用, 这也是其缺点, 但可以通过改性配方来改进。

二、塑料的性能

(一) 聚合物的结晶

聚合物结晶的必要条件是聚合物空间排列的规整性和聚合物分子链间有足够的吸引力来克服分子的热运动以及环境温度和时间的。也就是说, 只有聚合物分子结构有良好的规整性才有可能形成结晶性聚合物。由于分子的规整性是一个统计性概念, 在聚合物的合成过程中, 不可能完全具有严格的规整性分子, 因此, 一般的聚合物制品都是结晶型和无定型分子并存的。可以用聚合物熔融成型后骤冷的方法, 使之来不

及结晶，也就是使制品由 T_f （熔融温度）快速骤冷到 T_g （玻璃化温度）以下，使之来不及结晶就被冻结住，来减少结晶度；也可以使聚合物熔融成型后，缓慢地冷却下来，有较长的时间充分地结晶，达到最大的结晶度。随着聚合物结晶度的提高，强度提高，熔点提高，透明度降低。结晶度的测定可以用量热法， γ 射线衍射法、密度法、红外光谱法、核磁共振法等。最简单的是密度法，用下式来计算结晶度：

$$c = \frac{\hat{\rho}_1}{\rho} \left(\frac{\rho - \rho_2}{\rho_1 - \rho_2} \right)$$

式中： c ——聚合物的结晶度，%；

ρ_1 ——聚合物完全晶体时的密度， g/cm^3 ；

ρ_2 ——聚合物完全非晶体时的密度， g/cm^3 ；

ρ ——测定的样品试样的密度， g/cm^3 。

表 1-1 是一些结晶聚合物的 ρ_1 和 ρ_2 值。

表 1-1 一些结晶聚合物的 ρ_1 和 ρ_2 值

高聚物	ρ_1 (g/cm^3)	ρ_2 (g/cm^3)	高聚物	ρ_1 (g/cm^3)	ρ_2 (g/cm^3)
PE	1.00	0.85	聚三氟氯乙烯	2.19	1.92
PP	0.95	0.85	PTFE	2.35	2.00
聚丁烯	0.95	0.84	PA6	1.23	1.08
聚异丁烯	0.94	0.86	PA66	1.24	1.07
聚戊烯	0.92	0.85	PA610	1.19	1.04
聚丁二烯	1.01	0.89	POM	1.54	1.25
顺聚异戊二烯	1.00	0.91	聚氧化乙烯	1.33	1.12
反聚异戊二烯	1.05	0.90	聚氧化丙烯	1.15	1.00
聚乙炔	1.15	1.00	PET	1.46	1.33
PS	1.13	1.05	PC	1.31	1.20
PVC	1.52	1.39	PVAL(聚乙烯醇)	1.35	1.26
PVDF	2.00	1.74	PMMA	1.23	1.17
PVDC	1.95	1.66			

结晶度提高，则 T_g 也提高，表面硬度和屈服应力增加。应指出的是，只有高度结晶的聚合物在 $T_f \sim T_g$ 有明显的屈服应力，处在 $T_f \sim T_g$ 的聚合物是高弹态。结晶型聚合物熔域比较窄，在 10°C 内，而非结晶型的聚合物熔域相当宽。一些聚合物的最大结晶度及最大结晶速率见表 1-2。

表 1-2 一些聚合物的最大结晶度及最大结晶速率

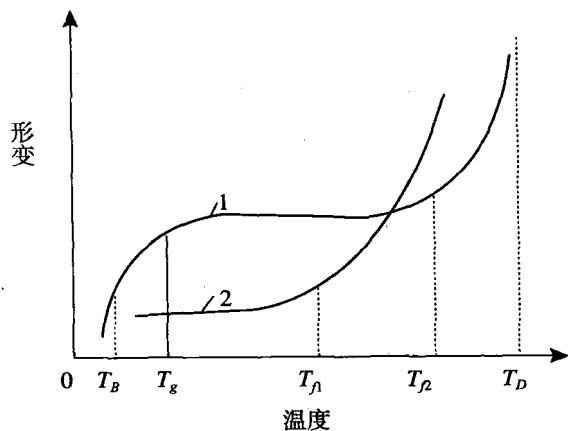
聚合物	最大结晶度 (%)	最大结晶速率 $\tau_{\frac{1}{2}}$	聚合物	最大结晶度 (%)	最大结晶速率 $\tau_{\frac{1}{2}}$
PE (线型)	95		PET	60	40s
PTFE	88		PS	50	
PCTFE	90		PA66	50	5s
PP	80		聚异戊二烯	30	2.5h
PVDC	75		PIB (聚异丁烯)	20	5d
PEOX (聚环氧乙烷)	7.5	16s			

注： $\tau_{\frac{1}{2}}$ 是结晶速率，在最快速率的结晶温度下 ($0.85T_f$) 完成结晶一半所需的时间。

(二) 塑料的塑化和聚合物的三态

塑化是通过物理或化学的方法来改善聚合物材料的可塑性的过程，包括添加剂的均匀分布。只有塑化了的塑料才能成型为最佳机械物理性能的制品。也就是说所谓塑化是指在高聚合物分子周围均匀分布各种添加剂分子的一个过程，如已达到了均匀分布，我们就说已塑化了。一般利用密炼机、二辊车、捏合机的剪切力和温度使塑料塑化。

下图是聚合物在一定负荷下的温度—形变曲线。由图可见 T_B 是聚合物的脆化温度，低于 T_B 的聚合物发脆，像玻璃一样，极易粉碎，因而无使用价值。最近开发一种低温粉碎法，把一些柔软性大的塑料橡胶冷冻到 T_B 温度以下再粉碎之。 T_g 称玻璃化温度， $T_g \sim T_B$ 称为塑料的玻璃态，处于玻璃态下的塑料可以进行各种机械加工，黏结、涂装，是塑料的最低和最高使用温度范围。结晶性塑料在低于 T_g 温度以下就不能再结晶，



聚合物在一定负荷下的温度—形变曲线

1. 无定型聚合物的温度—形变曲线；2. 结晶型聚合物的温度—形变曲线

T_B —脆化温度； T_g —玻璃化温度； T_{f1} —结晶型聚合物的熔融温度； T_{f2} —无定型聚合物的熔融温度； T_D —聚合物分解温度

分子的活动能力被限制在固定位置。 T_f 是熔融温度, 处于 $T_f \sim T_g$ 的温度域时塑料是高弹态, 此时塑料可以结晶、拉伸定向、真空热成型、热定型、淬火和退火处理等。高弹态下的塑料受外力的作用而变形, 冷却到 T_g 以下变形固定下来, 重新加热时, 还可以恢复到原来长度, 这叫塑料的记忆效应。利用这一特点, 可以把拉伸了的塑料做成热收缩包装薄膜。上图中的 T_d 是分解温度, 超过 T_d 温度的塑料热分解, 而 $T_d \sim T_f$ 称为塑料的熔融态, 这是热塑性塑料熔融挤出、压延、注射、压缩模塑加工成型温度范围。

(三) 塑料的改性

每一种塑料均有固有的优点, 但一定不可能满足各种各样的包装性能的要求, 因此, 要进行改性以适应众多性能要求。易改性是塑料包装材料的一大优点。

塑料的改性有两大类, 一是物理改性, 二是化学改性。化学改性主要有两种: 共聚法和交联法。共聚法是在单体聚合反应的时候, 加入另一种单体, 与之共聚, 从而来改变均聚物之不足, 如均聚丙烯的制品, 耐寒性差, 不能使用在 0°C 以下的场合, 为了提高耐寒性, 可以使用 $5\% \sim 7\%$ 的乙烯与丙烯共聚, 这种共聚 PP, 可耐寒到 -10°C , 继续提高乙烯的量, 还可进一步提高其耐寒性。另外氯乙烯同醋酸乙烯共聚, 可以提高 PVC 的内增塑性。应当指出的多种单体共聚时, 竞聚率是决定共聚物中某种共聚物多少的关键。

交联法是在均聚物或共聚物中, 加入交联引发剂和不饱和化合物, 与之交联反应, 以改善原有聚合物的性能, 例如: PE 泡沫塑料, 由于 PE 本身的熔融黏度很低, 发泡的气体易逃逸, 强度又低, 为此, 在 PE 泡沫塑料成型物中, 常加入过氧化物交联引发剂, 让 PE 本身分子互相交联成网状分子, 提高其熔体强度和泡沫制品强度。也可添加另外一个单体, 如马来酸酐, 使之在引发剂下, 发生接枝反应, 生成所谓马来酸酐接枝聚乙烯, 这种 PE-g-MAH 同其他塑料有良好的相容性, 可以使并不十分相容的 PE 和 PP 相容, 形成合金材料。

物理改性有共混改性法、增强改性法、填充改性法三大类。共混改性是指高聚物同高聚物互相掺混来改善单种高聚物性能的不足, 条件是高聚物之间要有良好的相容性, 两种高聚物相容性好, 可以以分子状态互相均匀分散, 形成合金材料, 这种合金材料的性能是各种单一高聚物的性能同它在合金中占有的百分重量的乘积之和。相容性不好或欠佳的高聚物之间的掺混要添加同两种高聚物均有相容性的所谓相容剂为第三者后, 才能组合成合金材料, 如上述的 PE 接枝马来酸酐就是 PE 和 PP 等高聚物的相容剂。

增强改性和填充改性并非完全一样, 增强改性是以增加高聚物的拉伸强度、刚性强度为目的的一种改性, 大部分是玻璃纤维类的改性, 主要在于提高塑料的强度性能,