

宗成中 黄兆阁 葛 涛 徐凌秀 编著  
段子忠 主审

# 塑料配方设计及应用

900

例

(第二版)

中国石化出版社

# 塑料配方设计及 应用 900 例

(第二版)

宗成中 黄兆阁 葛 涛 徐凌秀 编著  
段予忠 主审

中国石化出版社

## 内 容 提 要

本书从工业生产与应用实际出发,系统介绍了塑料原料中树脂和助剂的品种、性质、特点、用量;塑料改性的种类、原理、影响因素、注意事项;塑料配方设计的原则、程序、方法。然后用大量具体实例以及新产品如铝塑管、PPR管、纳米塑料、降解塑料、TPR鞋,阐述塑料配方设计的思路、选择要点、关键所在,共列出上百种塑料产品 1040 个配方,以供分析、对比和参照、选用,期望能协助指导实际工业化生产。

本书可供塑料行业的技术人员、工人、管理人员和塑料专业大专院校师生阅读参考,或作为塑料专业培训班教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

塑料配方设计及应用 900 例(第二版)/宗成中等编著.  
—北京:中国石化出版社, 2002  
ISBN 7-80164-203-1

I. 塑… II. 宗… III. 塑料-原料-配方-设计  
IV. TQ320.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 015913 号

#### 中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: [press@sinopec.com.cn](mailto:press@sinopec.com.cn)

北京精美实华图文制作中心排版

海丰印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

\*

787×1092 毫米 32 开本 9.875 印张 220.4 千字 印 1—5000

2002 年 4 月第 1 版 2002 年 4 月第 1 次印刷

定价: 18.00 元

# 前 言

随着塑料工业的迅速发展，塑料已成为材料工业赖以发展的高新技术最活跃的领域，其发展速度已名列前茅，应用范围也越来越广泛，它可以代替木材、钢材、铝材、铜材、石材、陶瓷、玻璃、皮革、纸张、油漆、橡胶、花草树木等。此外，塑料的独特优点是其他材料所不能代替的，例如塑料农用大棚膜、地膜、人造卫星、火箭、宇宙飞船的大部分材料等。

除此以外，塑料还能制成导电塑料、压电塑料、屏蔽塑料、磁性塑料、生物塑料、光学塑料、液晶塑料、医用塑料、耐热塑料、纳米塑料和降解塑料等功能性塑料。这些塑料制品可广泛应用于工业、农业、渔牧业、航空航天、国防尖端和汽车等领域。这时人们已深刻认识到：塑料配方设计在构思开发新产品、改造旧产品方面起着非常重要的作用。

1995年编者撰写的《塑料配方设计及应用900例》第一版，连续印刷4次，得到了读者好评。为适应目前形势的需要，我们在此基础上，增加了最新技术资料、科研成果、市场新产品等内容汇编成本书第二版。

本书系统介绍了塑料原料中树脂和助剂的品种、性质、特点，用量；塑料改性的种类、原理、影响因素、注意事项；塑料配方设计的原则、程序方法。然后用大量具体实例以及新产品如铝塑管、钢塑管、PPR管、土工格栅网、纳米塑料、降解塑料袋等，来详细阐述配方设计的思路，共列出上百种塑料产品1040个具体配方，以供分析、对比和参照选用，期望能协助指导实际工业化生产。

本书在编写过程中得到了青岛科技大学邱桂学博士，青岛威东科橡塑科技公司宋卓颐总工，烟台坤翎塑料机械公司刘厚义总工的帮助指导，在此谨致衷心谢意。

本书配方中如无特殊说明，均为质量分数。

由于作者水平有限，错误之处，敬请读者不吝指正。

编著者

2002年2月于青岛

# 目 录

第 1 章 概论 .....	( 1 )	2.4 聚苯乙烯和 ABS .....	( 22 )
第 2 章 塑料用原料树脂 .....	( 4 )	2.4.1 聚苯乙烯 .....	( 22 )
2.1 聚乙烯 .....	( 5 )	2.4.2 ABS .....	( 23 )
2.1.1 低密度聚乙烯 .....	( 5 )	2.5 其他树脂品种 .....	( 24 )
2.1.2 高密度聚乙烯 .....	( 7 )	2.5.1 聚酰胺 .....	( 24 )
2.1.3 线性低密度聚乙烯 .....	( 8 )	2.5.2 聚酯 .....	( 25 )
2.1.4 中密度聚乙烯 .....	( 10 )	2.5.3 聚碳酸酯 .....	( 26 )
2.1.5 超高分子量聚乙烯 .....	( 11 )	2.5.4 聚甲醛 .....	( 27 )
2.1.6 其他 .....	( 12 )	2.5.5 聚氨酯 .....	( 28 )
2.2 聚氯乙烯 .....	( 13 )	2.5.6 氟塑料 .....	( 28 )
2.2.1 分类 .....	( 13 )	2.5.7 酚醛塑料 .....	( 29 )
2.2.2 基本性质 .....	( 15 )	2.5.8 环氧树脂 .....	( 29 )
2.2.3 改性聚氯乙烯 .....	( 16 )	2.5.9 阻隔性树脂 .....	( 30 )
2.3 聚丙烯 .....	( 18 )	2.5.10 其他 .....	( 31 )
2.3.1 分类 .....	( 18 )	第 3 章 塑料用助剂 .....	( 35 )
2.3.2 基本性质 .....	( 18 )	3.1 增塑剂 .....	( 38 )
2.3.3 改性聚丙烯 .....	( 19 )	3.1.1 分类 .....	( 38 )
		3.1.2 常用品种 .....	( 39 )
		3.2 稳定剂 .....	( 40 )
		3.2.1 热稳定剂 .....	( 40 )
		3.2.2 抗氧化剂 .....	( 41 )
		3.2.3 光稳定剂 .....	( 42 )
		3.3 润滑剂和偶联剂 .....	( 43 )

3.3.1	润滑剂	(43)
3.3.2	偶联剂	(44)
3.4	填充剂和增强剂	(45)
3.4.1	填充剂	(45)
3.4.2	增强剂	(45)
3.5	阻燃剂和抗静电剂	(46)
3.5.1	阻燃剂	(46)
3.5.2	抗静电剂	(47)
3.6	抗冲改性剂和相容剂	(47)
3.6.1	抗冲改性剂	(47)
3.6.2	相容剂	(49)
3.7	加工改性剂和流滴剂	(50)
3.7.1	加工改性剂	(50)
3.7.2	流滴剂	(51)
3.8	抗菌剂和降解剂	(51)
3.8.1	抗菌剂	(51)
3.8.2	降解剂	(52)
3.9	其他助剂品种	(53)
3.9.1	母料助剂	(53)
3.9.2	除草剂	(54)
3.9.3	成核剂	(54)
3.9.4	发泡剂	(55)

3.9.5	着色剂	(55)
3.9.6	交联剂	(56)
3.9.7	防霉剂	(56)
3.9.8	其他	(57)
<b>第4章 塑料的改性</b>		<b>(61)</b>
4.1	填充改性	(61)
4.1.1	填料的种类	(62)
4.1.2	填料改性效果	(66)
4.1.3	影响填充改性的因素	(67)
4.2	增强改性	(67)
4.2.1	玻璃纤维的性质	(68)
4.2.2	碳纤维及其他纤维性质	(68)
4.2.3	树脂与玻璃纤维间的界面	(70)
4.2.4	成型工艺及设备	(73)
4.3	共混改性	(74)
4.3.1	共混体系的相容性	(74)
4.3.2	橡塑共混体系	(81)
4.4	化学改性	(82)
4.4.1	接枝嵌段共聚改性	(82)

4.4.2 其他化学改性 .....	(84)	6.1.4 聚乙烯管 ...	(118)
<b>第5章 塑料配方设计</b> .....	(86)	6.1.5 聚丙烯管 ...	(121)
5.1 配方设计概论 .....	(86)	6.1.6 其他材料管 .....	(122)
5.1.1 配方设计的基本 原则 .....	(89)	6.2 板材、片材类 ...	(123)
5.1.2 配方的两种表示 方法 .....	(92)	6.2.1 聚氯乙烯板材、 片材类 .....	(123)
5.1.3 配方设计的程序 及检验 .....	(93)	6.2.2 聚烯烃板材、 片材 .....	(126)
5.1.4 塑料配方单因素 变量设计 .....	(94)	6.2.3 其他材料板 材、片材 .....	(126)
5.1.5 塑料配方多因素 变量设计 .....	(97)	6.3 异型材类 .....	(127)
5.2 配方设计分述 .....	(99)	6.3.1 门窗异型材 .....	(128)
5.2.1 材料的选择 ...	(99)	6.3.2 其他异型材 .....	(129)
5.2.2 成型方法选择 .....	(104)	6.4 薄膜类 .....	(131)
5.2.3 具体性能要 求选择 .....	(105)	6.4.1 聚氯乙烯膜 ...	(131)
<b>第6章 塑料配方设计</b> <b>实例</b> .....	(110)	6.4.2 聚乙烯膜 .....	(138)
6.1 管材类 .....	(110)	6.4.3 聚丙烯膜 .....	(140)
6.1.1 聚氯乙烯管 .....	(110)	6.4.4 其他材料膜 .....	(141)
6.1.2 聚氯乙烯管件、 阀门 .....	(116)	6.5 人造革及壁纸类 .....	(144)
6.1.3 特殊聚氯乙烯管 .....	(117)	6.5.1 人造革 .....	(145)
		6.5.2 壁纸 .....	(149)
		6.5.3 地板革 .....	(151)
		6.6 泡沫塑料类 .....	(152)
		6.6.1 聚苯乙烯泡 沫塑料 .....	(152)

6.6.2	聚氨酯泡沫塑料	(153)
6.6.3	聚乙烯泡沫塑料	(155)
6.6.4	聚丙烯泡沫塑料	(156)
6.6.5	聚氯乙烯泡沫塑料	(157)
6.6.6	其他泡沫塑料	(158)
6.7	塑料丝及带类	(160)
6.7.1	聚氯乙烯丝	(160)
6.7.2	其他材料丝、带、网类	(161)
6.8	电线、电缆料类	(163)
6.8.1	聚氯乙烯电线电缆料	(164)
6.8.2	聚乙烯电缆料	(167)
6.8.3	聚丙烯及其他电缆料	(169)
6.9	鞋料类	(170)
6.9.1	聚氯乙烯鞋料	(170)
6.9.2	其他塑料鞋料	(174)
6.10	塑料容器类	(177)

6.10.1	聚氯乙烯中空容器	(177)
6.10.2	聚乙烯及其他容器	(179)
6.11	其他制品类	(182)
<b>第7章</b>	<b>塑料配色</b>	<b>(208)</b>
7.1	概论	(208)
7.1.1	颜色三要素	(209)
7.1.2	配色原理	(210)
7.2	常用色料品种	(212)
7.2.1	无机颜料	(212)
7.2.2	有机颜料	(215)
7.3	聚氯乙烯配色	(217)
7.4	聚乙烯配色	(219)
7.5	聚丙烯配色	(223)
7.6	聚苯乙烯配色	(224)
7.7	其他配色	(233)
<b>第8章</b>	<b>具体实例说明</b>	<b>(235)</b>
8.1	热收缩材料	(235)
8.2	低发泡吹塑薄膜	(237)
8.3	聚氯乙烯片材	(238)
8.4	耐高温 PVC 电缆料	(241)
8.5	汽车部件用聚丙烯材料及其他塑料	(243)

8.6 增强 PVC 人造革 .....	(245)	8.18 压延法 PVC 波形瓦 .....	(272)
8.7 EVA 微孔鞋底 .....	(247)	8.19 PVC 滴塑(点塑) 制品 .....	(273)
8.8 阻燃材料 .....	(250)	8.20 用户指定的压延 法 PVC 薄膜 .....	(274)
8.9 聚氯乙烯胶粘剂 .....	(252)	8.21 纳米粒子改性塑 料探讨 .....	(276)
8.10 填充母料 .....	(253)	8.22 白色污染与降解 塑料 .....	(278)
8.11 高强度复合塑料 打包带 .....	(256)	<b>参考文献</b> .....	(282)
8.12 PVC 防水卷材 .....	(256)	<b>附 录</b>	
8.13 无增塑 PVC 注 射件 .....	(258)	1. 常用塑料选择指南 .....	(283)
8.14 氯化聚丙烯材料 .....	(259)	2. 塑料材料特性 .....	(286)
8.15 改性聚甲醛材料 .....	(260)	3. 塑料材料剖析 .....	(288)
8.16 PVC 复合板材配方 正交设计 .....	(261)	4. 常用树脂及助剂 英文缩写 .....	(292)
8.16.1 工艺试验 .....	(262)	5. 常用国产树脂品种 主要生产厂家 .....	(299)
8.16.2 试验结果分析 .....	(264)	6. 常用国产助剂品种 主要生产厂家 .....	(302)
8.16.3 方差分析 .....	(268)		
8.17 PVC 异型材 .....	(271)		

# 第 1 章 概 论

所谓塑料配方设计，是根据塑料制品的性能要求及生产工艺、设备的条件，在充分了解原材料(包括各种树脂和各种助剂的性质、结构、价格、配伍性、成型加工性、毒性等)性能的基础上，确定各种原材料的用量配比关系。塑料配方设计的好坏，直接影响着塑料制品的性能和使用效果，也影响着制品的生产和销售价值，所以配方设计是一项至关重要的工作。

在树脂原料中，添加一定量的各种助剂，或进行各种物理或化学的改性，即通过合理的配方设计，再在一定的工艺、设备条件下，就可以使塑料制品满足各个方面的性能要求，扩大其用途范围，做到以塑料代替部分木材、钢材、铝材、铜材、陶瓷、玻璃、皮革、纸张、漆器、橡胶、石料和花草树木等，还能制出功能性塑料产品，如导电塑料、压电塑料、屏蔽塑料、磁性塑料、生物塑料、光塑料等。这些塑料可广泛应用于农业、渔牧业及电气、机械仪表、汽车、航空航天、国防尖端、化工、建筑建材等工业部门。

另外塑料材料的独特优点是其他材料所不能代替的，例如塑料农用大棚膜、塑料农用地膜；人造卫星、宇宙飞船、火箭、导弹等中的很多材料，就是利用塑料材料的质量轻、耐腐蚀、比强度高、电性能优异、易成型加工、外观美丽、色彩鲜艳等优点。

塑料材料是各种树脂与各种配合剂组成的多相体系，其

中各个组分之间存在着复杂的化学和物理作用。目前尚不能用理论计算的方法确定各种原料的配比，亦不能准确地推导出配方与物理机械性能之间的定量关系，因此塑料配方设计在一定程度上仍依赖于长期积累的经验数据。

近些年来，人们在计算机辅助设计和仪器测试方面开展了大量的工作，使配方技术向着更新、更深的水平发展。如用自动图解摆冲击强度仪，可以测出不同配方的塑料样条在瞬间断裂过程中的冲击力、破坏能、冲击速度和变形位移等参数，精确到几分之几秒，由此可得知不同配方的材料在“脆性断裂”或“韧性断裂”时的行为特点，以利于设计出更好性能的塑料制品。

塑料配方中，添加助剂的方式方法，对塑料制品的性能影响也很大，有时加料顺序错误，就达不到预期目的。如在高填充改性时，聚氯乙烯树脂与填充剂碳酸钙先混合好后，再加进增塑剂，这样增塑剂的作用就不能充分发挥，结果使制品硬度增大，应该是树脂先与增塑剂混合好后再与填充剂碳酸钙混合。

因此，只有在正确掌握各种塑料原料及成型加工助剂的特点、应用范围、加工条件、添加量、方式方法等基本性质后，能够在生产实际中，设计的配方才有效果。

随着理论和实践手段的进一步完善，可以在前人丰富经验的基础上，使配方设计方法逐步科学化、理论化，从而更准确地预测产品的性能，简化实验程序，加快研究过程，进一步开发和拓宽塑料制品的应用领域。

塑料配方设计是一项专业性很强的技术工作。配方设计的过程，是有关高分子材料各种基本理论的综合应用过程，是各种原材料的结构与性能关系在实际应用中的体现。配方

设计过程绝不是各种原材料之间的经验搭配，而是在了解和掌握各种配合原理的基础上，充分发挥整个配方体系的综合结果，从而得到最佳的配比关系。

因此，塑料配方设计人员应具有扎实的高分子物理学、高分子化学、塑料原料学、塑料加工助剂学、塑料成型加工原理、塑料成型机械、塑料成型模具、塑料材料改性和塑料制品设计等基础知识，并能自觉地加以灵活运用，才能适应各种塑料产品不同性能和生产的要求。

此外，在塑料配方设计中，应经常归纳、收集、总结各种数据，以利于在各种产品的性能和结构之间找出某些规律性的东西。这些规律可反映出某种趋势或可能确定一定的定量范围，对今后的工业化生产有一定的借鉴和指导意义。

## 第 2 章 塑料用原料树脂

塑料是以树脂为主要成分，在一定温度和压力下将塑料制成一定形状，并在常温下能保持既定形状的材料。塑料中的原料有：树脂及各种添加剂。不同树脂和添加剂及填充量的多少均会影响塑料制品的性能。塑料种类有 100 多种，但常见的约有 30 种，一般工业上用的塑料只有十几种。根据热性能可把塑料分为以下两种：

① 热塑性塑料：指在一定温度范围内可以软化及熔融流动，冷却后又能固化成一定形状的塑料，这种过程可以反复多次。如聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、尼龙、ABS、聚苯乙烯等。

② 热固性塑料：指树脂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的结构，此后遇热不再熔融，也不溶于有机溶剂，如果温度再升高，只能炭化。如酚醛塑料、环氧树脂、不饱和聚酯等。

根据用途划分，可分为以下 3 种：

① 通用塑料：聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、酚醛塑料等。

② 工程塑料：聚酰胺、聚碳酸酯、聚甲醛、聚砜、氯化聚醚、聚酯、ABS 等。

③ 特种塑料：氟塑料、有机硅、环氧树脂、芳香类树脂等。

塑料的基本性质为：质轻(相对密度在 0.9~2.3 之间)、

电绝缘性能好、化学稳定性好、减震、耐磨性能好、减震消音性能好和透光性好等。缺点是耐热性、耐气候老化性和尺寸稳定性差等。

塑料的生产过程一般为：树脂合成→成型物料配制(包括各种添加剂与树脂混合、造粒或粉碎等)→塑料成型(包括挤出、注射、压制、压延等各种成型方法)→制件后处理(机加工、热处理消除内应力、电镀、喷涂等)。

## 2.1 聚 乙 烯

聚乙烯是世界塑料品种中产量最大的品种，其应用面也最广，约占世界塑料总产量的 1/3，目前聚乙烯的产量已达到 4000 万吨，已有 60 年的工业化历史。由于石油化工的发展，为聚乙烯树脂提供了丰富的原料，其价格便宜，容易成型加工，性能优良，发展速度很快。

目前聚乙烯的发展，已由原来的高压聚乙烯发展到低压聚乙烯，又发展到第三代聚乙烯，即线型低密度聚乙烯，之后又发展到第四代聚乙烯，即很低密度聚乙烯和超低密度聚乙烯。

同时聚乙烯又向着工程塑料方向发展，即超高分子量聚乙烯。与此同时，各种聚乙烯的改性研究，即各种改性聚乙烯也在突飞猛进地发展，如氯化聚乙烯、乙烯-醋酸乙烯酯共聚物、乙烯-乙烯醇共聚物等，还有各种物理改性聚乙烯，如共混薄膜、共混管材、共混改性注塑品都得到了迅速发展。

### 2.1.1 低密度聚乙烯

低密度聚乙烯(LDPE)也叫做高压聚乙烯。LDPE 按自由

基聚合历程进行反应，易发生链转移，产品中存在大量支链结构，分子结构缺乏规整性，因此 LDPE 的结晶度较小(为 65% ~ 75%)，密度较低(为 0.91 ~ 0.93g/cm<sup>3</sup>)，分子量一般为 25000 左右。

LDPE 的生产工艺流程较短，工艺条件易控制，产品成本低，生产规模大，产品的一般性能好，所以目前高压法生产的 LDPE 仍有很大的市场。

高压法生产 LDPE 的缺点是，对生产设备的要求高，无论对设备材质和设备结构都要求很严，另外生产时对安全防护措施也要求很严格。

LDPE 可通过化学或物理的方法进行改性，改善某些性能，或是作为某些制品的专用料。例如通过辐射交联的方法可提高 LDPE 的耐热性及蠕变性；与高密度聚乙烯、线型低密度聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚碳酸酯、天然橡胶、丁苯橡胶等塑料或橡胶进行共混改性，可提高某些性能，如热封性、韧性、耐穿刺性、耐环境应力龟裂性、弹性和机械强度等。

LDPE 可作成各种各样的专用料，如耐候母料、色母料、抗静电专用料、阻燃专用料、彩色农膜专用料和多种功能农膜专用料等。

LDPE 主要用于制造农用膜和地膜，另外少部分用于各种轻、重包装膜，如食品袋、货物袋、工业重包装袋、复合薄膜或纺织内衬、涂层、各种管材、电线、电缆绝缘层，或作为其他聚乙烯的改性料等。

LDPE 还可用硅烷进行交联，制作绝缘电缆料。该法工艺简单，而且交联设备投资小，比用化学交联、辐射交联要优越些。

LDPE 与硅烷、引发剂、催化剂等助剂在热和水的作用下经熔融混合、挤出造粒即可生产出绝缘电缆料。LDPE 树脂熔体流动速率应高于 2g/10min。引发剂用过氧化二异丙苯或过氧化苯甲酰，添加量为 0.1% ~ 3%；硅烷可用乙烯基三烷氧基硅烷，添加量也为 0.1% ~ 3%；催化剂用二月桂酸二丁基锡等；抑制剂用双酚硫化物等；其他可加一些填料、颜料、紫外线吸收剂等。

工艺路线可用“二步法”或“一步法”。从专用料生产角度看“二步法”较好。

### 2.1.2 高密度聚乙烯

高密度聚乙烯(HDPE)也叫低压聚乙烯。

HDPE 生产时的设备要求低，容易投产，催化剂的效率较高；但缺点是催化剂不易制造，不易保存，后处理工序多，这些正逐渐得到改善。

HDPE 的平均分子量较高，支链短而且少，因此密度较高，为 0.92 ~ 0.965g/cm<sup>3</sup>，结晶度也比较大，为 80% ~ 95%，强度较高。LDPE 与 HDPE 的性质对比如表 1 所示。

表 1 LDPE 与 HDPE 性质对照

项 目	LDPE	HDPE
生产工艺	高压法	低压法
密度/(g/cm <sup>3</sup> )	0.91 ~ 0.93	0.92 ~ 0.97
结晶度/%	65 ~ 75	80 ~ 95
相对硬度	1 ~ 2	3 ~ 4
结晶熔点/°C	108 ~ 125	126 ~ 136
软化温度/°C	105 ~ 120	124 ~ 127
拉伸强度/MPa	10 ~ 25	20 ~ 40
断裂伸长率/%	100 ~ 600	20 ~ 100