

塑料配方设计及应用900例

塑料配方设计及应用

900

例

20.6

3

中国石化出版社

塑料配方设计及 应用 900 例

段予忠 徐凌秀 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

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阐述塑料配方设计的思路、选择要点、关键所在，并列上上百种塑料产品的 925 个具体配方，供分析、对比和参照。

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

塑料配方设计及应用 900 例

段予忠 徐凌秀 编著

*

中国石化出版社出版发行

(北京朝阳区太阳宫路甲 1 号 邮政编码：100029)

京华排版厂排版

中国纺织出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

*

787×1092 毫米 32 开本 7 印张 150 千字 印 1—5000

1995 年 9 月北京第 1 版 1995 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-80043-571-7/TQ·361 定价 7.00 元

前 言

随着塑料工业的迅速发展,塑料的应用范围越来越广泛,它可以代替木材、钢材、铝材、陶瓷、玻璃、皮革、纸张、漆器、橡胶和花草树木等。人们逐渐认识到,塑料配方设计在构思开发新产品、改造旧产品中起着非常重要的作用。

为适应目前形势的需要,我们在塑料专业教学、理论研究及实际工业化生产的基础上,结合实际,从实用角度出发编写了本书。

本书系统介绍了塑料原料中树脂和助剂的品种、性质、特点;塑料改性的种类、原理、影响因素;塑料配方设计的原则、程序、方法。然后用大量具体实例阐述了配方设计的思路,共列出上百种塑料产品的 925 个具体配方,供分析、对比和参照。期望能协助指导实际工业生产。

本书在编写过程中得到了河南化学所刘敬琨研究员、青岛化工学院付政教授、邱桂学硕士、轻工总会塑料所刘英俊高级工程师、济宁山东塑料试验厂研究所赵步鹏所长的帮助指导,在此谨致谢意。

由于作者水平有限,错误之处、敬请读者不吝指正。

编著者

目 录

第一章 概 论	(1)	五、其他	(23)
第二章 塑料用原料树脂	(3)	第三章 塑料用助剂	(26)
第一节 聚乙烯	(4)	第一节 增塑剂	(27)
一、低密度聚乙烯	(4)	一、分类	(27)
二、高密度聚乙烯	(5)	二、常用品种	(28)
三、线型低密度聚乙烯	(7)	第二节 稳定剂	(29)
四、超高分子量聚乙烯	(9)	一、热稳定剂	(29)
第二节 聚氯乙烯	(10)	二、抗氧剂	(30)
一、分类	(11)	三、光稳定剂	(30)
二、基本性质	(12)	第三节 润滑剂和偶联剂	(31)
三、改性聚氯乙烯	(13)	一、润滑剂	(31)
第三节 聚丙烯	(15)	二、偶联剂	(32)
一、分类	(15)	第四节 填充剂和增强剂	(33)
二、基本性质	(15)	一、填充剂	(33)
三、改性聚丙烯	(16)	二、增强剂	(34)
第四节 其他树脂品种	(19)	第五节 阻燃剂和抗静电剂	(34)
一、聚苯乙烯	(19)	一、阻燃剂	(34)
二、ABS	(20)	二、抗静电剂	(35)
三、聚酰胺	(21)	第六节 其他助剂	(36)
四、聚酯	(22)	第四章 塑料的改性	(38)
		第一节 填充改性	(38)

一、填料的种类·····	(39)	五、塑料配方多因素变量设计	·····	(57)
二、填料改性效果·····	(40)	第二节 配方设计分述	·····	(60)
三、影响填充改性的因素	·····	一、材料的选择·····	(60)	
·····	(41)	二、成型方法选择·····	(64)	
第二节 增强改性·····	(42)	三、具体性能要求选择	·····	(65)
一、玻璃纤维的性质	·····	第六章 塑料配方设计实例	·····	(70)
·····	(42)	第一节 管材类·····	(70)	
二、树脂与玻璃纤维间的界面	·····	一、聚氯乙烯管·····	(70)	
·····	(43)	二、聚氯乙烯管件、阀门	·····	(76)
三、工艺条件及设备	·····	三、特殊聚氯乙烯管	·····	(77)
·····	(43)	四、聚乙烯管·····	(78)	
第三节 共混改性·····	(43)	五、聚丙烯管·····	(79)	
一、共混体系的相容性	·····	六、其他材料管·····	(79)	
·····	(44)	第二节 板材、片材类	·····	(80)
二、橡塑共混体系·····	(45)	一、聚氯乙烯板材、片材	·····	(80)
第四节 化学改性·····	(46)	二、聚烯烃板材、片材	·····	(83)
一、接枝嵌段共聚改性	·····	三、其他材料板材、片材	·····	(83)
·····	(46)	第三节 异型材类·····	(84)	
二、其他化学改性·····	(47)	一、门窗异型材·····	(84)	
第五章 塑料配方设计·····	(49)	二、其他异型材·····	(86)	
第一节 配方设计概论	·····			
·····	(49)			
一、配方设计的基本原则	·····			
·····	(49)			
二、配方的两种表示方法	·····			
·····	(52)			
三、配方设计的程序及检验	·····			
·····	(53)			
四、塑料配方单因素变量设计	·····			
·····	(54)			

第四节 薄膜类····· (87)	····· (114)
一、聚氯乙烯膜····· (87)	二、聚乙烯电缆料·· (117)
二、聚乙烯膜····· (94)	三、聚丙烯及其他电缆料
三、聚丙烯膜····· (96)	····· (119)
四、其他材料膜····· (96)	第九节 鞋料类····· (119)
第五节 人造革及壁纸类	一、聚氯乙烯鞋料·· (120)
····· (97)	二、其他塑料鞋料·· (123)
一、人造革····· (98)	第十节 塑料容器类·· (125)
二、壁纸····· (102)	一、聚氯乙烯中空容器
三、地板革····· (104)	····· (125)
第六节 泡沫塑料类·· (105)	二、聚乙烯及其他容器
一、聚苯乙烯泡沫塑料	····· (127)
····· (105)	第十一节 其他制品类
二、聚氨酯泡沫塑料	····· (128)
····· (106)	第十二节 塑料配色·· (147)
三、聚乙烯泡沫塑料	一、概论····· (147)
····· (108)	二、聚氯乙烯配色·· (150)
四、聚丙烯泡沫塑料	三、聚乙烯配色···· (153)
····· (109)	四、聚丙烯配色···· (157)
五、聚氯乙烯泡沫塑料	五、聚苯乙烯配色·· (158)
····· (110)	六、其他配色····· (166)
六、其他泡沫塑料·· (111)	第十三节 具体实例说明
第七节 塑料丝及带类	····· (167)
····· (112)	一、热收缩材料···· (167)
一、聚氯乙烯丝···· (112)	二、低发泡吹塑薄膜
二、其他材料丝、带、网类	····· (168)
····· (113)	三、聚氯乙烯片材·· (170)
第八节 电线、电缆料类	四、耐高温 PVC 电缆料
····· (114)	····· (173)
一、聚氯乙烯电线电缆料	

五、汽车部件用聚丙烯材料	(174)	十七、PVC 异型材	(196)
六、增强 PVC 人造革	(175)	十八、压延法 PVC 波形瓦	(197)
七、EVA 微孔鞋底	(177)	十九、PVC 滴塑(点塑)制品	(198)
八、阻燃材料	(180)	二十、用户指定的压延法 PVC 薄膜.....	(200)
九、聚氯乙烯胶粘剂	(181)	参考文献	(201)
十、填充母料	(182)	附录一 常用塑料选择指南	(203)
十一、高强度复合塑料打包带	(182)	附录二 塑料材料特性	(206)
十二、PVC 防水卷材	(183)	附录三 常用树脂及助剂英 文缩写	(208)
十三、无增塑 PVC 注射件	(184)	附录四 常用国产树脂品种 主要生产厂	(214)
十四、氯化聚丙烯材料	(185)	附录五 常用国产助剂品种 主要生产厂	(215)
十五、改性聚甲醛材料	(186)		
十六、PVC 复合板材配方正 交设计	(187)		

第一章 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。

塑料材料是各种树脂与各种配合剂组成的多相体系，其中各个组份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，精确到万分之几秒，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。

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。

第二章 塑料用原料树脂

塑料是以树脂为主要成份，在一定温度和压力下可塑料制成一定形状，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。

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）。

第一节 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三千万吨，已有五十年的工业化历史。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的发展，如氯化聚乙烯、乙烯-醋酸乙烯共聚物、乙烯-乙醇醇共聚物等，还有各种物理改性聚乙烯，如共混薄膜、共混管材、共混改性注射品都得到了迅速发展。

一、低密度聚乙烯

低密度聚乙烯(LDPE)也叫做高压聚乙烯。LDPE按游离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/cm³)，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。PE 树脂熔融指数应高于 2。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。

二、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 $0.92\sim 0.965\text{g}/\text{cm}^3$,结晶度也比较大,为 $80\%\sim 95\%$,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^3)	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
缺口冲击强度 (kJ/m^2)	20~25	10~30
平均分子量	25000	10000~350000
线膨胀系数 ($\times 10^{-5}/\text{C}$)	20~24	12~13
介电常数	2.28~2.32	2.34~2.36
击穿电压 (kV/mm)	大于 20	大于 20

HDPE 不仅用于薄膜和包装,还可用于容器、鱼网丝、管材、机械零件、周转箱和瓦楞箱等。最近又开发了许多新产品,如 HDPE 微薄薄膜、单向拉伸薄膜、交叉复合薄膜、大型中空容器、网眼袋、双壁波纹管、缠绕管、煤气管和输油

管护套管等。

微薄薄膜可用于拟纸包装膜，各种规格包装袋、工业用衬袋及超薄地膜等。

单向拉伸膜，也叫 HDPE 扭结薄膜，可代替玻璃纸用于糖果包装。

交叉复合薄膜，即垂直正交复合重包装膜，是采用管膜 HDPE，切开单向拉伸，再正反面复合，这种薄膜纵、横向强度都较高，可用于重包装袋，其中间层为乙烯-醋酸乙烯共聚物（即 EVA）粘合层。

三、线型低密度聚乙烯

被称为第三代聚乙烯的线型低密度聚乙烯（LLDPE）树脂，除具有一般聚烯烃树脂的性能外，其拉伸强度、抗撕裂强度、耐环境应力开裂性、耐低温性、耐热性和耐穿刺性尤为优越，均优于 HDPE 和 LDPE，在工农业生产及日常生活中具有广泛的用途，获得了引人注目的发展。

LLDPE 虽与过去的 LDPE 同属于同一密度范围，但由于它们之间的分子结构不同，熔融流变学行为也不同，因此它们的物理基本性质及成型加工特点也不相同。

LLDPE 树脂的分子结构为线型，分支少，支链短，其分子结构与 HDPE 相似，但其密度又与 LDPE 相似。LLDPE 与 LDPE 的主要性质对照如表 2 所示：

表 2 LLDPE 与 LDPE 性质对照

项 目	LLDPE	LDPE
分子量分布	窄	宽
熔点 (C)	110~125	105~115
相对抗张力大小	1.5~1.75	1

续表

项 目	LLDPE	LDPE
相对弹性率大小	1.4~1.80	1
耐环境应力龟裂性	好	差
耐热性	好	稍差
耐油性	好	稍差

一般来说, LDPE 的支化度较高, 在每 1000 个碳原子中含有 15~30 个甲基侧链及少量的乙基和丁基侧链, 而 LLDPE 则支化度低, 其结构近似于 HDPE, 其侧基数在 LDPE 和 HDPE 之间, 约 10~20 个 (HDPE 支化度很低, 每 1000 个碳原子的主链上只含有 5~7 个乙基侧链)。

目前对 LLDPE 又进行了许多改性, 除现在的辛烯支链产品外, 还制得了乙烯/丙烯、甲基戊烯/丁烯支链的品级, 乙烯支链型树脂又称为第二代、第三代新型 LLDPE。

LLDPE 的密度为 $0.920\sim 0.935\text{g/cm}^3$; 其断裂强度为 $16\sim 33\text{MPa}$; 断裂伸长率为 $800\%\sim 1000\%$; 邵氏硬度为 $55\sim 57$; 软化点 $105\sim 113\text{C}$, 脆化温度小于 -75C ; 按熔融指数分一般薄膜 0.9、包装薄膜 2、挤出级 0.3、滚塑级 4、注射成型级 8 等几种。熔融指数的测定可采用吉林学科教仪器厂等生产的系列熔融指数仪。

LLDPE 的耐环境应力龟裂性 (ESCR) 较好, 在同样熔融指数下要比 LDPE 高几十倍, 比 HDPE 还好。所以 LLDPE 适宜用它来制作要求耐高 ESCR 的洗涤剂或盛油性的容器。

LLDPE 的耐低温性能优于乙烯-醋酸乙烯共聚树脂

(EVA), 在 0℃ 以下, 其冲击强度高于 EVA 制品 20%, 而在常温时, EVA 的冲击强度高。

LLDPE 的刚性和强度均高于 LDPE。在制造收缩膜及挤出涂层等方面, LDPE 均优于 LLDPE, 因此 LLDPE 估计只能取代 1/3 的 LDPE。

LLDPE 的剪切粘度随剪切速度增加而下降, 对剪切速度的依赖性小, 在中等剪切速率下, LLDPE 的剪切粘度是 LDPE 的 2.5 倍, 而随着剪切速度的降低, 两种树脂剪切粘度的差别越来越明显, 在低剪切速率范围内, LLDPE 的剪切粘度是 LDPE 和 4~5 倍。

四、超高分子量聚乙烯

超高分子量聚乙烯 (UHMWPE) 具有突出的高模量、高韧性、高耐磨、自润滑性优良、密度低、制造成本低廉等特征, 是目前发展中的高性能、低造价工程塑料。

UHMWPE 的分子量一般在 100 万以上, 而普通的 HDPE 分子量约在 5~30 万, 但其分子结构与 HDPE 基本相同, 也是一种线型分子结构。其熔体粘度极高, 实际上是处于凝胶状态, 它是一种对热剪切极不敏感的聚合物。

UHMWPE 的耐磨性在已知塑料中名列第一, 比聚四氟乙烯高 6 倍, 比聚氨酯也高 6 倍; 其耐冲击性能比聚甲醛高 14 倍, 比 ABS 塑料高 4 倍, 比聚碳酸酯高 1 倍; 润滑性能良好, 其动摩擦系数与聚四氟乙烯相同; 同时其耐低温性能也好, 消音性能优良, 吸水率在 0.01% 以下, 耐化学药品性能、抗粘结性能良好, 无毒。

这种塑料耐热性能差, 一般使用温度在 100℃ 以下, 但其耐低温性能优良, 脆化温度在 -80℃ 以下。

表 3 是 UHMWPE 与其他工程塑料的动摩擦系数比较。