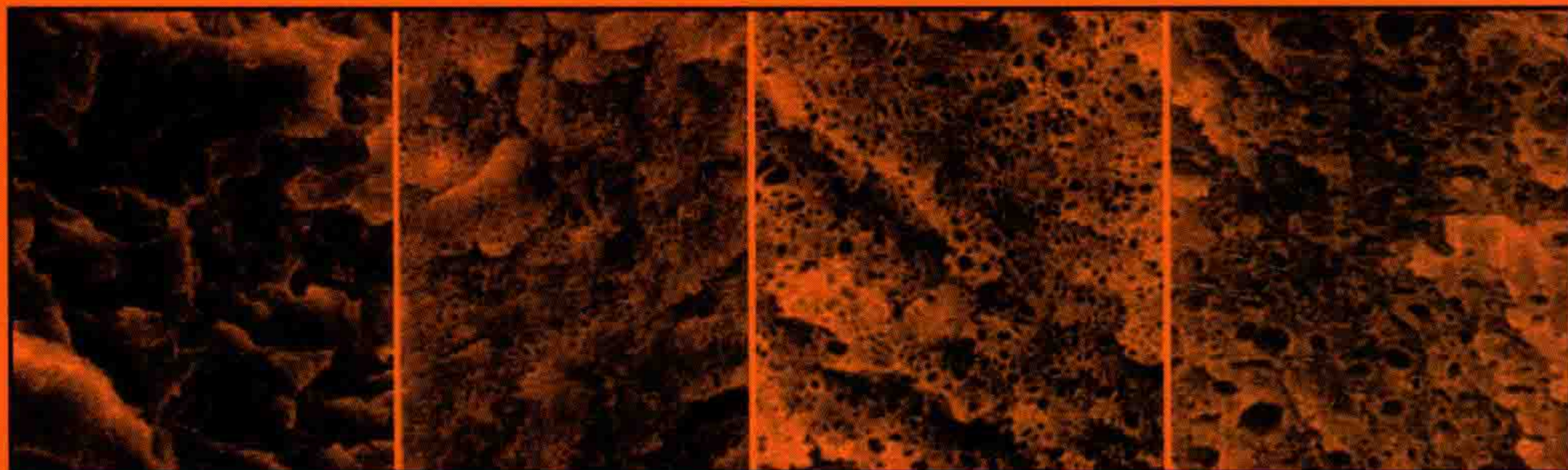


Modification and Application of Engineering Plastics

工程塑料改性 与应用

杨明山 编著



化学工业出版社

**Modification and Application
of Engineering Plastics**

工程塑料改性 与应用

杨明山 编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书采用循序渐进的手法让读者理解工程塑料改性的原理和工艺，利用大量的实际应用例子来加深读者对工程塑料改性的理解，并投入应用。对工程塑料改性的设备、工艺和工厂设计也进行了较为详细的论述，并对现在在国民经济各行业大量应用的工程塑料进行了详细的改性论述，加入了大量的应用实例，使读者阅读后马上能在实际中应用。本书重点介绍了工程塑料改性所用的各类助剂和配方设计原理、方法，对读者具有较大的启发作用。本书的最大特点是系统性强和实用性强，总结了作者 20 多年的塑料改性经验，加入了作者在研发和产业化中投入实际应用的实用配方和工艺，特别是在家电、汽车、电子等领域的实际应用实例。

本书主要针对工程塑料改性生产厂的工程技术人员以及管理人员使用，也适用家电、汽车、电子、通信等行业的工程技术、设计人员参考，同时适用于高等学校高分子材料专业高年级学生及老师使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

工程塑料改性与应用/杨明山编著. —北京：化学工业出版社，2017.6
ISBN 978-7-122-29569-9

I. ①工… II. ①杨… III. ①工程塑料-改性
IV. ①TQ322.306

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 092741 号

责任编辑：白艳云
责任校对：王素芹

装帧设计：史利平

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）

印刷：三河市航远印刷有限公司

装订：三河市瞰发装订厂

710mm×1000mm 1/16 印张 19¼ 字数 385 千字 2017 年 7 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：88.00 元

版权所有 违者必究

前言

随着工农业的快速发展，国民经济各行业对材料的需求大大加快，这不仅表现在需求量上，同时也表现在对性能的需求上。由于对材料研究的力度加大，所以具有崭新性能的新材料层出不穷，发展很快。因此新材料产业是朝阳产业，充满着无限的发展前景和商机，是各国都在大力发展的产业之一。

高分子材料是新材料发展的重要内容。因此，高分子新材料的发展是很快的，特别是工程塑料、功能塑料、精细塑料等更是以惊人的速度发展。据统计，2015年世界塑料总产量已达3.11亿吨，近十年总的年均增长率达5.5%。其中美国塑料总产量占据世界第一，达8000多万吨，其次是中国和日本。世界几个大的塑料生产国和消费国或地区为美国、中国（包括台湾省）、日本、德国、韩国、法国、比利时、荷兰，这些国家的年产量和消费量都达到了1000万吨以上。

在我国塑料产品结构中，塑料薄膜（包括塑料农膜）和日用品塑料占我国塑料消费量的一半以上，而这些塑料制品对材料的性能要求不高，技术含量低，附加值低。所以我国目前也正在调整塑料产业结构，向高技术含量、高附加值产品转移。其中，随着汽车、家电、信息通讯、交通运输的快速发展，对高性能工程塑料的需求急剧加大。针对这一情况，加大开发、生产高性能工程塑料新材料是目前我国塑料产业结构调整的重要内容。

就技术角度来讲，高性能工程塑料新材料的生产主要有两个途径：一是聚合方法；二是通过共混等改性的方法。后者具有研发周期短、投资少、见效快、容易工业化生产等优点，因此得到了广泛发展，其发展速度之快，已超过了预想。由于汽车、家电等产品的特殊性以及对材料要求的高级化，一般的塑料材料很难满足它们的要求，必须对其改性后才可达到应用设计要求。据统计，目前国内汽车、家电、通信、高档工具等各种改性塑料专用料的需求量很大，在2015年达到700万吨以上。因此，工程塑料改性从业企业和从业人员不断增长，对改性专业知识的需求日益增长。

本书重点介绍了工程塑料改性所用的各类助剂和配方设计原理、方法，对读者具有较大的启发作用。本书的最大特点是系统性强和实用性强，总结了作者20多年的塑料改性经验，加入了作者在研发和产业化中投入实际应用的实用配方和工艺，特别是在家电、汽车、电子等领域的实际应用实例。本书主要针对工程塑料改性生

产厂的工程技术人员以及管理人员使用，也适用家电、汽车、电子、通信等行业的工程技术、设计人员参考，同时适用于高等学校高分子材料专业高年级学生及老师使用。

在本书的编著过程中，作者的学生赵祎宁、仝红亮、尹鹏伟、李光、程艳芳、梁慧蕾等给予了帮助，在此表示感谢。

由于水平有限，书中不当之处，敬请同仁批评指正！

杨明山

目 录

第1章 工程塑料改性原理简述 1

1.1 工程塑料的共混改性	2
1.2 工程塑料的填充改性	3
1.3 工程塑料的增强改性	5
1.4 工程塑料的阻燃改性	6
1.5 工程塑料的化学改性	6
参考文献	8

第2章 工程塑料改性设备与工艺 9

2.1 混合与混炼的基本概念	9
2.1.1 分布混合与分散混合	9
2.1.2 混合三要素	10
2.2 工程塑料改性通用设备	10
2.2.1 初混设备	10
2.2.2 间歇式熔融混合设备	13
2.3 混炼型单螺杆挤出机	16
2.3.1 单螺杆挤出机的螺杆结构	16
2.3.2 分离型螺杆的结构与混合特点	17
2.3.3 屏障螺杆的结构与特点	18
2.3.4 销钉型螺杆	19
2.3.5 波状螺杆	19
2.3.6 组合型螺杆	20
2.4 混炼型双螺杆挤出机	20
2.4.1 结构	20
2.4.2 分类	21
2.4.3 啮合同向旋转双螺杆挤出机输送机理	22

2.4.4	双螺杆挤出机的主要技术参数	22
2.4.5	啮合同向旋转双螺杆挤出机的挤出过程	23
2.4.6	螺杆元件	24
2.4.7	啮合同向平行双螺杆挤出机的料筒结构	27
2.5	往复式单螺杆混炼挤出机	27
2.5.1	工作原理	28
2.5.2	结构	30
2.5.3	性能特点	31
2.5.4	应用	31
2.6	行星式挤出机	32
2.7	连续转子 (FCM) 混炼机	33
2.8	工程塑料改性工艺	33
2.8.1	常用工艺流程	33
2.8.2	切粒方法的选择	33
2.8.3	螺杆元件的组合	35
2.8.4	玻璃纤维增强塑料制备工艺流程	36
2.8.5	双螺杆挤出机填充改性工艺流程	39
2.8.6	聚合物共混工艺流程	41
2.8.7	双螺杆挤出机和单螺杆挤出机组成的双阶挤出机组	42
2.9	工程塑料的反应挤出改性	43
2.9.1	反应挤出改性的原理和概念	43
2.9.2	反应挤出技术实施要点	44
2.9.3	反应挤出在塑料改性中完成的反应类型	46
2.9.4	反应挤出就地增容	48
2.10	工程塑料改性工厂设计	50
	参考文献	54

第3章 工程塑料改性配方设计、关键技术与关键原材料及助剂 55

3.1	工程塑料改性配方设计要点	55
3.1.1	基体树脂的选择	55
3.1.2	助剂的选择	56
3.1.3	助剂的形态与添加量	57
3.1.4	助剂的选用原则	59
3.2	工程塑料改性制备技术要点	62
3.2.1	干燥	62
3.2.2	螺杆组合与加料技术	64

3.2.3	填料表面处理技术	70
3.2.4	色差、尺寸等外观控制技术	73
3.3	常用增韧剂	78
3.3.1	POE	78
3.3.2	MBS 抗冲改性剂	80
3.3.3	氯化聚乙烯 (CPE)	81
3.3.4	高胶粉及粉末丁腈橡胶、液体橡胶	83
3.4	常用润滑剂	86
3.4.1	石蜡	88
3.4.2	聚乙烯蜡/氧化聚乙烯蜡	89
3.4.3	巴西棕榈蜡	90
3.4.4	硬脂酸及其皂 (盐)	91
3.4.5	脂肪双酰胺类润滑剂——EBS	92
3.4.6	硅油	93
3.5	常用增容剂/相容剂	94
3.5.1	马来酸酐接枝聚丙烯	94
3.5.2	ABS 接枝共聚物	98
3.5.3	马来酸酐接枝 SBS/SEBS	102
3.5.4	苯乙烯-马来酸酐共聚物	104
3.6	常用抗氧化剂和光稳定剂	106
3.6.1	抗氧化剂 1010、抗氧化剂 1076	107
3.6.2	辅助抗氧化剂——168、DLTP	107
3.6.3	紫外线吸收剂	109
3.6.4	受阻胺类光稳定剂——944、770、622	110
3.7	常用偶联剂	112
3.7.1	硅烷偶联剂	112
3.7.2	钛酸酯偶联剂	114
3.7.3	硼酸酯偶联剂	115
3.7.4	铝酸酯偶联剂	116
	参考文献	116

第4章 聚碳酸酯的改性与应用

118

4.1	概述	118
4.1.1	世界产能和需求	118
4.1.2	中国发展现状和展望	119
4.2	聚碳酸酯改性的发展	120

4.2.1	聚碳酸酯的性能特点	121
4.2.2	聚碳酸酯改性的目的	121
4.2.3	改性聚碳酸酯的热门领域	122
4.3	聚碳酸酯的增强	122
4.3.1	增强聚碳酸酯的性能特点	122
4.3.2	增强聚碳酸酯的制备及控制因素	123
4.3.3	玻纤含量对增强聚碳酸酯的性能影响	125
4.3.4	玻纤增强聚碳酸酯的界面偶联	126
4.3.5	其他增强材料增强聚碳酸酯	128
4.3.6	热致液晶增强聚碳酸酯	129
4.4	聚碳酸酯的化学改性	131
4.4.1	光学性能的改进	132
4.4.2	加工性和物理力学性能的改进	134
4.4.3	二氧化碳共聚改性制备可降解型聚碳酸酯	135
4.4.4	阻燃型共聚聚碳酸酯	136
4.5	聚碳酸酯的共混改性	136
4.5.1	聚碳酸酯与聚烯烃的共混改性	137
4.5.2	PC 与 ABS 的改性	146
4.5.3	聚碳酸酯与聚酯的共混改性	159
4.6	聚碳酸酯的阻燃改性	161
4.6.1	传统溴系阻燃聚碳酸酯	161
4.6.2	芳香族磺酸盐阻燃聚碳酸酯	162
4.6.3	硼-锌化合物阻燃聚碳酸酯	163
4.6.4	磷系反应型阻燃聚碳酸酯	163
4.6.5	聚碳酸酯的新型阻燃体系	165
4.6.6	阻燃 PC/ABS 合金	166
4.7	实例及应用	168
4.7.1	手机外壳、笔记本电脑外壳用 PC/ABS 合金	168
4.7.2	手机充电座用阻燃 PC 合金	170
4.7.3	照明 LED 用光扩散聚碳酸酯	172
	参考文献	177

第5章 聚甲醛的改性与应用

179

5.1	概述	179
5.2	聚甲醛的增强	180
5.2.1	增强聚甲醛的性能	180

5.2.2	增强聚甲醛的制备工艺条件	184
5.2.3	化学改性对增强聚甲醛性能的影响	185
5.2.4	晶须增强聚甲醛	187
5.3	聚甲醛的共混改性	188
5.3.1	聚甲醛与聚四氟乙烯的共混	188
5.3.2	聚甲醛与丁腈橡胶 (NBR) 的共混改性	191
5.3.3	聚甲醛与聚乙烯的共混改性	194
5.3.4	聚甲醛与热塑性聚氨酯 (TPU) 的共混	197
5.3.5	聚甲醛与其他聚合物的共混改性	201
5.4	聚甲醛的填充改性	207
5.4.1	聚甲醛与石墨的填充改性	207
5.4.2	填料对聚甲醛的成核作用	208
5.4.3	聚甲醛与碳酸钙的填充改性	210
5.4.4	聚甲醛与其他填料的填充改性	211
5.5	聚甲醛的阻燃改性	213
5.5.1	聚甲醛的阻燃研究现状	213
5.5.2	聚甲醛的阻燃体系	214
5.5.3	阻燃聚甲醛材料制备	216
5.6	改性聚甲醛的应用	218
5.6.1	改性聚甲醛市场及品种	218
5.6.2	改性聚甲醛在汽车上的应用	218
5.6.3	在电子设备上的应用	223
5.6.4	在家电及其他领域中的应用	224
	参考文献	228

第6章 尼龙的改性与应用

230

6.1	尼龙的种类及性能特点	230
6.1.1	尼龙 6	231
6.1.2	尼龙 66	232
6.1.3	尼龙 11	233
6.1.4	尼龙 12	235
6.1.5	尼龙 610	236
6.1.6	尼龙 612	237
6.1.7	尼龙 1010	238
6.1.8	尼龙 46	239
6.2	尼龙的化学改性	240

6.2.1	尼龙类热塑性弹性体	240
6.2.2	尼龙嵌段共聚改性	242
6.2.3	尼龙接枝共聚改性	244
6.2.4	耐高温尼龙	246
6.3	尼龙的共混改性	250
6.3.1	尼龙的增韧改性	251
6.3.2	尼龙合金	256
6.4	尼龙的填充、增强改性	267
6.4.1	纤维增强尼龙	268
6.4.2	填充增强尼龙	274
6.5	尼龙的阻燃	278
6.5.1	阻燃尼龙开发现状及发展方向	279
6.5.2	阻燃机理与途径	280
6.5.3	阻燃尼龙的配方设计	281
6.5.4	尼龙的阻燃添加剂	282
6.5.5	阻燃尼龙的特性及影响因素	287
6.6	实例及应用	290
6.6.1	阻燃 MC 尼龙	290
6.6.2	改性 MC 尼龙	291
6.6.3	尼龙 6 热塑性弹性体	292
6.6.4	玻璃纤维增强尼龙 610 及其辐照改性	293
6.6.5	尼龙 1212 汽车管材专用料	294
6.6.6	HDPE/尼龙 6 共混料	295
	参考文献	296

第1章

工程塑料改性原理简述

当前我国的塑料工业正在迅速发展，塑料的应用范围也越来越广泛。但是随着我国现代化的高速发展，对塑料制品也提出了各种新的要求。为了满足不同用途的需要，除积极发展新的合成树脂品种外，还应该把现有树脂加工成塑料制品的过程中，利用化学方法或物理方法改变塑料制品的一些性能，以达到预期的目的，这就是塑料改性。一般来说，塑料改性技术要比合成一种新树脂容易得多，尤其物理改性，在一般塑料成型加工工厂都能进行，且容易见效，因此塑料改性工作逐渐得到了人们的重视。

塑料改性一般可分为化学改性和物理改性。化学改性又分为接枝共聚改性、嵌段共聚改性、辐射交联改性等；物理改性分为填充改性（也可再分为增强改性）、共混改性等。也有不按化学和物理分类方法，而分为发泡改性、交联改性、拉伸改性、复合改性、共混改性等。

填充改性是指在塑料成型加工过程中加入无机或有机填料，不仅能使塑料制品价格大大降低，对塑料制品的推广应用有促进作用。而且更重要的是能显著改善塑料的力学性能、耐摩擦性能、热学性能、耐老化性能等，例如能克服塑料的低强度、不耐高温、低刚性、易碰撞、易蠕变等缺点。

共混改性是指在原来塑料基体中，再通过各种混合方法（如开放式炼塑机、挤出机等）混进另外一种或几种塑料或弹性体，以此改变塑料性能。共混塑料也称之为塑料合金，如ABS（丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物），就是综合了丙烯腈、丁二烯、苯乙烯三者的特性，其微观形态结构类似于合金。

化学改性一般分为接枝共聚和嵌段共聚，接枝共聚是先将母体树脂溶解在所接枝的塑料单体中，然后使要接枝的单体聚合，这时形成的树脂便要接枝到母体树脂中去。嵌段共聚是指每一种单体单元以一定长度的顺序，在其末端相互联结、形成一种新的线性分子。根据单体单元的种类，嵌段共聚物可分为二嵌段、三嵌段、多嵌段共聚物。

所谓增强塑料，就是高分子树脂与增强性填料（增强材料）相结合而提高了机械强度的一种有机复合材料。玻璃纤维及其制品称为增强材料，而棉布、纸张、无机物粉料等则称为填充材料或改性材料。一些通用塑料经过增强以后，也能作为工程塑料而应用。对于某些工程塑料，通过增强，其性能跨进了金属强度范畴，因而

大大扩展了热塑性塑料作为结构材料应用于工程领域的深度和广度。

虽然改性能提高塑料制品的某些性能,但也会使塑料原有的一些性能遭到损失。例如加入某些填料会使塑料的绝缘性能、耐腐蚀度下降,失去塑料原有的一些光泽等。这些问题可以根据制品的不同用途,选择合适配方,采取相应措施来克服。

1.1 工程塑料的共混改性

聚合物共混物(Polymer blend)是指两种或两种以上均聚物或共聚物的混合物。聚合物共混物中各聚合物组分之间主要是物理结合,因此聚合物共混物与共聚高分子是有区别的。但是,在聚合物共混物中,不同聚合物大分子之间难免有少量化学键存在,例如在强剪切力作用下的熔融混炼过程中,可能由于剪切作用使得大分子断裂,产生大分子自由基,从而形成少量嵌段或接枝共聚物。此外,近年来为强化参与共混聚合物组分之间的界面粘接而采用的反应增容措施,也必然在组分之间引入化学键。

聚合物共混物有许多类型,但一般是指塑料与塑料的共混物以及在塑料中掺混橡胶。对于在塑料中掺混少量橡胶的共混体系,由于在冲击性能上获得很大提高,故通称为橡胶增韧塑料。聚合物共混物的类型,按所含聚合物组分数目分为二元及多元聚合物共混物;按聚合物共混物中基体树脂名称又可分聚烯烃共混物、聚氯乙烯共混物、聚碳酸酯共混物、聚酰胺共混物等;按性能特征又有耐高温、耐低温、阻燃、耐老化等聚合物共混物之分。

ABS树脂是作为聚苯乙烯的共混改性材料而著称的,这种新型材料坚而韧,克服了聚苯乙烯突出的弱点——性脆。此外,ABS树脂耐腐蚀性好、易于加工成型,可用以制备机械零件,是最重要的工程塑料之一。因此,ABS树脂引起了人们极大的兴趣和关注,从此开拓了聚合物共混改性这一新的聚合物科学领域。1975年美国杜邦(Dupont)公司开发了超高韧聚酰胺,Zytel-ST。这是于聚酰胺中加入少量聚烯烃或橡胶而制成的共混物,冲击强度比聚酰胺有大幅度提高。这一发现十分重要,现在已知,其他工程塑料如聚碳酸酯(PC)、聚酯、聚甲醛(POM)等,加入少量聚烯烃或橡胶也可大幅度提高冲击强度。

塑料虽然具有很多优良的性能,但与金属材料比存在很多缺点,一些对综合性能要求高的领域,单一的塑料难以满足要求。因此,共混改性塑料的目的如下:

- ① 提高塑料的综合性能。
- ② 提高塑料的力学性能,如强度、低温韧性等。
- ③ 提高塑料的耐热性。大多数塑料的热变形温度都不高,对于一些在一定温

度下工作的部件来讲,通用塑料就难以胜任。

④ 提高加工性能。如 PPO 的成型加工性较差,加入 PS 改性后其加工流动性大为改善。

⑤ 降低吸水性,提高制品尺寸稳定性。如聚酰胺的吸水性较大,引起制品的尺寸变化。

⑥ 提高塑料的耐燃烧性。大多数塑料属于易燃材料,用于电气、电子设备的安全性较低,通过阻燃化改性,使材料的安全性有所提高。

⑦ 降低材料的成本。塑料尤其是工程塑料的价格较高。用无机填料与工程塑料共混改性,既降低了材料的成本,又改善了成型收缩与挠曲性。

⑧ 实现塑料的功能化,提高其使用性能,如塑料的导电性小,对一些需要防静电、需要导电的用途,可以与导电聚合物共混,以得到具有抗静电功能、导电功能和电磁屏蔽功能的塑料材料,满足电子、家电、通信、军事等的要求。

总之,通过共混改性,可以提高塑料的综合性能,在投资相对低的情况下增加塑料的品种,扩大塑料的用途,降低塑料的成本,实现塑料的高性能化、精细化、功能化、专用化和系列化,促进塑料产业以及高分子材料产业的发展,同时也促进了汽车、电子、电气、家电、通信、军事、航空航天等高科技工业的发展。

1.2 工程塑料的填充改性

塑料填充改性就是填料与塑料、树脂的复合,一般填料的填充量较大,有时甚至可达几百份(以树脂 100 份计算),因此填料是塑料工业重要的、不可缺少的辅助材料。从总体上讲,世界范围内填料的消耗量要占塑料总量的 10% 左右,可见其消耗量是巨大的。塑料填充改性有如下几方面的优点。

① 降低成本。一般填料均比树脂便宜,因此添加填料可大幅度地降低塑料的成本,具有明显的经济效益,这也是塑料填充改性大行其道的主要原因。

② 改善塑料的耐热性。一般塑料的耐热性较低,如 ABS,其长期使用温度只有 60℃ 左右;而大部分填料属于无机物质,耐热性较高。因此这些填料添加到塑料中后可以明显地提高塑料的耐热性。如 PP,未填充时,其热变形温度在 110℃ 左右,而填充 30% 滑石粉后其热变形温度可提高到 130℃ 以上。

③ 改善塑料的刚性。一般塑料的刚性较差,如纯 PP 的弯曲模量在 1000MPa 左右,远不能满足一些部件的使用要求;添加 30% 滑石粉后,其弯曲模量可达 2000MPa 以上,可见滑石粉对 PP 的增刚作用明显。

④ 改善塑料的成型加工性。一些填料可改善塑料的加工性,如硫酸钡、玻璃微珠等,可以提高树脂的流动性,从而可以改善其加工性。

⑤ 提高塑料制品及部件的尺寸稳定性。有些塑料结晶收缩大，导致其制品收缩率大，从模具出来后较易变形，尺寸不稳定；而添加填料后，可大大降低塑料的收缩率，从而提高塑料制品及部件的尺寸稳定性。

⑥ 改善塑料表面硬度。一般塑料硬度较低，表面易划伤，影响外观，从而影响其表面效果和装饰性。无机填料的硬度均比塑料的高，添加无机填料后，可大大提高塑料的表面硬度。

⑦ 提高强度。通用塑料本身的拉伸强度不高，需要改进。添加无机填料后，在填充量适量的范围内，可以提高塑料的拉伸强度和弯曲强度，从而提高塑料的工程使用性。

⑧ 赋予塑料某些功能，提高塑料的附加值。有些填料可以赋予塑料一些功能，如 PP 添加滑石粉、碳酸钙后，可以改善 PP 的抗静电性能和印刷性能；中空玻璃微珠添加到塑料中后，可以提高塑料的保温性能；金属粒子添加到塑料中后可以提高塑料的导热性能和导电性能等等。

总之，塑料填充改性具有多方面的优点，得到了广泛的应用，但也要注意填充改性带来的问题，如：一般冲击强度要降低，比重要加大，表面光泽要下降，颜色饱和度要下降，填充量太大后强度要大大下降。这些缺点要在配方设计时充分考虑。不能一味地加大填充量来降低成本，要考虑到制品的使用性和长久性能保持性。目前我国塑料填充行业比较泛滥，一些企业不顾产品性能，一味地加大填充量，降低成本，致使塑料制品性能大大下降，影响了塑料填充改性的声誉，这一点要引起广大塑料改性人员以及企业的重视。

从理论上讲填料的粒径越小，填充改性材料的力学性能越好。近年来国内工业矿物超细粉碎与分级技术有了显著的进步，从而使某些预期的改性效果和目标得以实现。填料的细化和微细化也会给填充塑料的制备带来一定的困难，而且随着粒径减小，填料的价格会迅速升高。因此在考虑能够顺利加工的情况下，使用粒径适当的填料是实现填充塑料高性能、低成本的关键。

在填充改性过程中，为了使填充材料达到预期的性能目标，往往对填料进行表面处理，增加填料与基体树脂的亲合性。在设计理想界面时，要考虑的除两相力学性能方面的匹配外，还应考虑化学性能、酸碱性能、热性能乃至物理几何形貌方面的匹配，例如为了达到增强效果而又希望减少成型后制品变形，可将纤维状或片状增强型填料与球状或块状填料配合使用。塑料填充改性的效果好坏在很大程度上取决于混炼设备及工艺。填料的干燥、表面处理、填料与其他助剂和基体树脂的初步混合通常是在高速混合机中进行的。

最为典型的是聚烯烃填充母料。目前用于聚丙烯编织袋、打包带、聚乙烯中空容器、聚烯烃注塑制品以及聚乙烯薄膜中的聚烯烃填充母料的总产量已达 20 多万吨。聚烯烃填充母料的开发颇具中国特色，对节约原料树脂、降低原材料成本、提高塑料加工企业经济效益贡献巨大。在聚乙烯农用塑料薄膜中使用含硅的矿物填

料,如滑石粉、高岭土、云母粉等,因对红外线辐射有良好的阻隔作用,可以减少农用塑料大棚内的热量以红外线方式在夜间向棚外散失,因此在保证农用塑料薄膜具有较高透光度的前提下,使用含硅矿物填料大有可为。其中以云母的阻隔效果最好,但较难加工;以滑石粉的阻隔效果最差,但最为经济。目前已开发使用的填料是综合效果较好的煅烧高岭土。

在汽车、家电等方面使用填充改性的专用料也已初步形成规模。采用滑石粉改性聚丙烯,同时加入三元乙丙橡胶不仅可用于制作汽车保险杠,而且可用于制作摩托车部件,这种产品已在全国摩托车行业推广。由于这种专用料在性能上和成型加工方面都与ABS相仿,而价格大大低于ABS,故具有重要意义。还有的企业生产碳酸钙改性聚丙烯,具有良好的耐热、耐压性能,并可很方便地二次加工,用于制作压滤机板框、电镀池槽板和电镀转动滤筒等,产品多年来取得良好信誉。

1.3 工程塑料的增强改性

热塑性玻璃纤维增强塑料的性能特点,概括起来大致有以下几点。

(1) 比强度高 按单位重量来计算强度,称作比强度。增强塑料的比强度是优于一般金属材料的。虽然玻璃纤维的相对密度较有机纤维为大,但比一般金属为低,和铝相当,其值约为2.25~2.9左右(碳纤维相对密度为1.85)。高分子树脂的相对密度一般为0.9~1.4左右(聚四氟乙烯相对密度为2.1~2.3左右)。由于在树脂中添加了玻璃纤维,因而增强塑料的相对密度一般都增大。但即使如此,FRTP的相对密度在1.1~1.6之间,只有钢铁的五分之一至六分之一。而它所增加的机械强度却很显著,因而可以较小的单位重量获得很高的机械强度,是一类轻质高强的新型工程结构材料。它在飞机、火箭、导弹以及其他要求减轻重量的运载工具方面之应用,有着极为重要的意义。

(2) 良好的热性能 一般未增强的热塑性塑料,其热变形温度是较低的,只能在50~100℃以下使用。但增强塑料的热变形温度则显著提高,因而可在100℃以上甚至150~200℃左右进行长期工作。例如尼龙6未增强前其热变形温度在50℃左右,而增强后可达120℃。

(3) 良好的电绝缘性能 由于玻璃纤维是良好的电绝缘体,所以FRTP的电绝缘性由本体高分子树脂所决定。一般来说,FRTP是一种优良的电气绝缘材料,可作电机、电器、仪表中的绝缘零件。FRTP制品在高频作用下仍能保持良好的介电性能,不受电磁作用,不反射无线电电波,微波透过性良好,因而在国防上也受到重视。

(4) 良好的耐化学腐蚀性能 除氢氟酸等强腐蚀性介质外,玻璃纤维的耐化学腐蚀性能是优良的。FRTP的耐化学腐蚀性能一般取决于本体高分子树脂。但在FRTP中也可改变增强材料品种,例如将玻璃纤维改用碳纤维、硼纤维或石棉纤维

等等，则强度和耐腐蚀性能也随之而有所不同。

增强塑料由高分子树脂和增强材料两大部分组成。在工程上主要应用的增强塑料是玻璃纤维及其制品。

1.4 工程塑料的阻燃改性

众所周知，大部分高分子材料都是易燃材料，因此，在电气、电子、电器、汽车、车辆、航空等行业的应用中，有必要进行阻燃化改性，使之成为难燃材料，保证使用的安全性。

就目前实际应用的情况看，高分子材料的阻燃改性有两种方式，一种是添加阻燃材料，与高分子基体树脂共混，制造出阻燃高分子复合材料；另一种是采用具有阻燃元素的反应性单体与高分子进行共聚反应，制成阻燃高分子材料。从阻燃剂成分的不同可分为含卤、含氮、含磷、无机阻燃剂。阻燃剂之所以具有阻燃作用，是因其聚合物的燃烧过程中，能够阻止或抑制其物理的变化或氧化反应的速度。

目前，欧盟、美国以及中国、日本等都已制定了环保阻燃法规，禁止在电子电器设备中使用有卤阻燃体系，因此无卤的绿色阻燃技术发展很快。

1.5 工程塑料的化学改性

化学改性包括嵌段和接枝共聚、交联、互穿聚合物网络等，是一个门类繁多的博大体系。聚合物本身就是一种化学合成材料，因而也就易于通过化学的方法进行改性。化学改性的产生甚至比共混还要早，橡胶的交联就是一种早期的化学改性方法。

嵌段和接枝共聚的方法在聚合物改性中应用颇广。嵌段共聚物的成功范例之一是热塑性弹性体，它使人们获得了既能像塑料一样加工成型又具有橡胶弹性体的新型材料。接枝共聚产物中，应用最为普及的当属 ABS，这一材料优异的性能和相对低廉的价格，使它在诸多领域广为应用。

互穿聚合物网络 (IPN) 可以看作是一种用化学方法完成的共混。在 IPN 中 (见图 1-1)，两种聚合物相互贯穿，形成两相连续的网络结构。制备 IPN 的方法主要有三种：分步聚合法 (SIPN)、同步聚合法 (SIN) 及乳液聚合法 (LIPN)。分步聚合法是先将单体 (1) 聚合形成具有一定交联度的聚合物 (I)，然后将它置于单体 (2) 中充分溶胀，并加入单体 (2) 的引发剂、交联剂等，在适当的工艺条件下，使单体 (2) 聚合形成交联聚合网络 (II)。由于单体 (2) 均匀分布于聚合物网络 (I) 中，在聚合物网络 (II) 形成的同时，必然与聚合物 (I) 有一定程度的互穿。虽然聚合物 (I) 与聚合物 (II) 分子链间无化学键形成，但它的确是一种