

● 获中国石油和化学工业优秀教材奖



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

(高职高专教材)

塑料材料与配方

第二版

▶ 桑永 主编



化学工业出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
(高职高专教材)

塑料材料与配方

第二版

桑 永 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材，本书第二版是在第一版的基础上修改、完善而成的。全书在内容上分为“塑料原料及选用”和“塑料助剂及配方”两部分，较为完整地阐述了塑料原料和塑料助剂的结构、性能和应用，并从实际应用的角度对塑料原料选用和塑料配方技术进行了论述。共分十五章，主要内容有聚氯乙烯塑料、聚烯烃塑料、苯乙烯类塑料、丙烯酸酯类塑料、聚氨酯塑料及其弹性体、通用工程塑料、特种工程塑料、常用热固性树脂及塑料、塑料材料选用、热稳定剂与增塑剂、抗氧化剂与光稳定剂、填料及其表面处理技术、着色剂与色母料、其他塑料助剂、塑料配方技术。为便于读者学习，在各章后还附有简易识别训练、知识能力检测等内容。通过对本书的学习，读者可从中获得塑料材料领域的基础知识、新型塑料材料和助剂的性能与应用方面的知识，了解塑料材料和配方技术的发展趋势。

本书可作为高职高专高分子材料加工技术专业及相关专业的教材，还可以作为高分子材料成型加工，尤其是塑料成型加工从业人员和工程技术人员的专业参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

塑料材料与配方/桑永主编. —2版. —北京: 化学工业出版社, 2009.5
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高职高专教材
ISBN 978-7-122-05173-8

I. 塑… II. 桑… III. ①塑料-原料-高等学校: 技术学院-教材②塑料助剂-高等学校: 技术学院-教材 IV. TQ320.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 043287 号

责任编辑: 于 卉
责任校对: 吴 静

文字编辑: 李 玥
装帧设计: 于 兵

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 装: 化学工业出版社印刷厂
787mm×1092mm 1/16 印张 16½ 字数 433 千字 2009 年 6 月北京第 2 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: 28.00 元

版权所有 违者必究

高职高专高分子材料加工技术专业规划教材 编审委员会

顾问 陶国良
主任委员 王荣成
副主任委员 陈滨楠 陈炳和 金万祥 冉新成 王慧桂
杨宗伟 周大农

委员 (按姓氏汉语拼音排序)

卜建新	蔡广新	陈滨楠	陈炳和	陈改荣	陈华堂
陈健	陈庆文	丛后罗	戴伟民	邸九生	付建伟
高朝祥	郭建民	侯文顺	侯亚合	胡芳	金万祥
孔萍	李光荣	李建钢	李跃文	刘巨源	刘青山
刘琼琼	刘少波	刘希春	罗成杰	罗承友	麻丽华
聂恒凯	潘文群	潘玉琴	庞思勤	戚亚光	冉新成
桑永	王国志	王红春	王慧桂	王加龙	王玫瑰
王荣成	王艳秋	王颖	王玉溪	王祖俊	翁国文
吴清鹤	肖由炜	谢晖	徐应林	薛叙明	严义章
杨印安	杨中文	杨宗伟	张芳	张金兴	张晓黎
张岩梅	张裕玲	张治平	赵继永	郑家房	郑式光
周大农	周健	周四六	朱卫华	朱雯	朱信明
邹一明					

前 言

《塑料材料与配方》教材 2005 年由化学工业出版社正式出版, 2006 年获中国石油和化学工业协会优秀教材奖。2007 年申报普通高等教育“十一五”国家级教材, 并获得批准。2008 年 5 月全国化工高等职业教育教学指导委员会材料加工类教学指导委员会和化学工业出版社在北京主持召开了高职高专高分子材料类专业教材改革与建设研讨会, 并就高分子材料类专业“十一五”国家级教材建设和修订提出了指导性意见。与会专家和兄弟院校同仁对本教材给予了充分肯定, 并提出了许多宝贵意见和建议。本教材第二版就是在此基础上, 结合三年多来使用本教材的高职院校的反馈意见而进行修订的。修订的主旨是使教材更适合高职高专“高分子材料加工技术专业”的培养目标, 更适合高职高专的教学特点。修订内容主要体现在以下几个方面:

1. 加大材料间的性能比较和鉴别, 在比较和鉴别中掌握塑料材料的结构和性能。
2. 增强了每章后的知识能力检测, 问题的提出与生产实际更为接近。
3. 加强塑料材料和配方有关内容的市场化信息, 尝试与网络信息对接。
4. 进一步对教材内容进行了审视、梳理, 力求内容更翔实、更合理、更精练。

本书第二版由安徽职业技术学院桑永主持修订。绪论、第一章、第二章、第三章、第四章和第十五章由桑永编写; 第五章和第八章由安徽职业技术学院吴昌龙编写; 第六章、第七章和第九章由南京化工职业技术学院张晓黎编写; 第十章、第十一章、第十二章、第十三章、第十四章由常州轻工职业技术学院徐应林编写。

全书共分十五章: 聚氯乙烯塑料、聚烯烃塑料、苯乙烯类塑料、丙烯酸酯类塑料、聚氨酯塑料及其弹性体、通用工程塑料、特种工程塑料、常用热固性树脂及塑料、塑料材料选用、热稳定剂与增塑剂、抗氧化剂与光稳定剂、填料及其表面处理技术、着色剂与色母料、其他塑料助剂、塑料配方技术。

本教材在编写和修订过程中得到广东轻工职业技术学院、常州轻工职业技术学院、常州工程职业技术学院、长江大学高职部、湖南科技职业学院、南京化工职业技术学院、徐州工业职业技术学院、广西工业职业技术学院、江阴职业技术学院、扬州工业职业技术学院、深圳职业技术学院、四川化工职业技术学院、金华职业技术学院、郑州轻工业学院轻工职业学院、安徽职业技术学院等高职高专院校同仁的大力支持, 在此一并表示谢意!

本书除作为高职高专高分子材料加工技术专业及相关专业的教材外, 还可作为高分子材料成型加工, 尤其是塑料成型加工从业人员和工程技术人员的专业参考书。

限于编者水平有限, 书中难免有不妥和疏漏之处, 敬请读者批评指正。

编者

2009 年 3 月

第一版前言

本教材是根据教育部高职高专“高分子材料加工专业”规划教材会议所确定的专业培养目标编写的，适用于五年制初中和三年制高中高分子材料加工专业及相关专业。

本书以培养高分子材料加工专业生产第一线高级应用性人才为目标，以必需、适用、实用和适当拓宽为原则，在编写过程中注重体现以下几方面特色。

① 突出职业教育和高职高专定位的特点，强调学生综合素质和创新能力的培养，在内容上更加注重与实际生产的联系。

② 适当反映当代高分子材料科学实际应用的新成果、新知识，突出教材内容的先进性。如“纳米级填料”、“茂金属聚乙烯”、“弹性体”、“母料及制备技术”、“稀土稳定剂”等内容本书均有介绍。

③ 突出重点，取舍有度，在有限的篇幅内反映出高分子材料加工专业必需的教学内容，做到主（应用）与次（理论）统一、深度与广度的统一、先进与传统的统一。

④ 注重优化课程体系，探索教材新结构，在章节编排上突出内容的内在联系和实际生产中的相互关联，利于知识的归纳和吸收。

⑤ 布局合理，编排上反映出新教材体系的结构特色，使全书在结构上具有科学性、系统性和适用性。内容丰富，重点突出。

本书由安徽职业技术学院桑永主编，编写绪论、第一章至第四章和第十五章；第五章和第八章由安徽职业技术学院吴昌龙编写；第六章、第七章和第九章由南京化工职业技术学院张晓黎编写；第十章至第十四章由常州轻工职业技术学院徐应林编写；常州轻工职业技术学院王加龙担任主审。

本教材在编写过程中得到了江苏工业学院陶国良教授的指导，有关高职高专院校的同仁提出了许多宝贵意见，在此一并表示谢意！

由于编者水平有限，加之时间较为紧迫，书中不妥和疏漏之处，敬请读者批评指正。

编者
2004年7月

目 录

绪论	1	五、学习本课程的目的及要求	7
一、塑料的概念及分类	1	网络链接扩展	8
二、塑料的组成与配方	2	知识能力检测	8
三、塑料的特性	4		
四、塑料材料的应用与发展	4		
第一章 聚氯乙烯塑料	9	三、聚氯乙烯的成型加工与制品	17
第一节 聚氯乙烯的合成	9	第四节 聚氯乙烯相关品种	18
一、氯乙烯单体	9	一、高聚合度聚氯乙烯	18
二、氯乙烯单体的聚合	10	二、氯化聚氯乙烯	19
第二节 聚氯乙烯的结构与性能	11	三、聚偏氯乙烯	19
一、聚氯乙烯的结构	11	聚氯乙烯简易识别训练	20
二、聚氯乙烯的性能	11	网络链接扩展	20
第三节 聚氯乙烯的选用	14	知识能力检测	20
一、聚氯乙烯的型号与用途	14		
二、聚氯乙烯的加工特性	16		
第二章 聚烯烃塑料	22	四、聚丙烯的选用	42
第一节 聚乙烯	22	第三节 聚烯烃弹性体	44
一、聚乙烯的合成	22	一、共混型热塑性聚烯烃弹性体	44
二、聚乙烯的结构	24	二、共聚型热塑性聚烯烃弹性体	45
三、聚乙烯的性能	25	聚乙烯简易识别训练	46
四、聚乙烯的选用	28	聚丙烯简易识别训练	46
第二节 聚丙烯	37	网络链接扩展	47
一、聚丙烯的合成	37	知识能力检测	47
二、聚丙烯的结构特征	38		
三、聚丙烯的性能	39		
第三章 苯乙烯类塑料	49	三、丙烯腈/丁二烯/苯乙烯树脂的 性能	56
第一节 聚苯乙烯	49	四、丙烯腈/丁二烯/苯乙烯树脂 的选用	57
一、聚苯乙烯的合成	49	第三节 其他苯乙烯类共聚物及 弹性体	58
二、聚苯乙烯的结构	50	一、丙烯腈/苯乙烯共聚物	59
三、聚苯乙烯的性能	51	二、丙烯腈/苯乙烯/丙烯酸酯 共聚物	59
四、聚苯乙烯的选用	52	三、甲基丙烯酸甲酯/丁二烯/苯乙 烯共聚物	60
第二节 丙烯腈/丁二烯/苯乙烯 树脂	54		
一、丙烯腈/丁二烯/苯乙烯树脂的 生产	54		
二、丙烯腈/丁二烯/苯乙烯树脂结 构与性能的关系	55		

四、丙烯腈/氯化聚乙烯/苯乙烯 共聚物·····	61	ABS 简易识别训练·····	63
五、苯乙烯类热塑性弹性体·····	62	网络链接扩展·····	64
聚苯乙烯简易识别训练·····	63	知识能力检测·····	64
第四章 丙烯酸酯类塑料 ·····	65	加工与应用·····	70
第一节 聚甲基丙烯酸甲酯·····	65	第二节 其他丙烯酸酯类聚合物·····	74
一、聚甲基丙烯酸甲酯的合成·····	65	聚甲基丙烯酸甲酯简易识别训练·····	74
二、聚甲基丙烯酸甲酯的结构·····	67	网络链接扩展·····	75
三、聚甲基丙烯酸甲酯的性能·····	67	知识能力检测·····	75
四、聚甲基丙烯酸甲酯的成型			
第五章 聚氨酯塑料及其弹性体 ·····	76	一、人造革与合成革·····	81
第一节 聚氨酯的基本原料·····	76	二、聚氨酯革制品的主要原料·····	82
一、异氰酸酯·····	76	三、聚氨酯革制品的生产与应用·····	82
二、多元醇·····	77	第四节 聚氨酯弹性体·····	83
三、添加剂·····	77	一、概述·····	83
第二节 聚氨酯泡沫塑料·····	77	二、常用聚氨酯弹性体·····	84
一、聚氨酯泡沫塑料生产原理·····	78	聚氨酯简易识别训练·····	85
二、硬质聚氨酯泡沫塑料·····	78	网络链接扩展·····	86
三、软质聚氨酯泡沫塑料·····	80	知识能力检测·····	86
第三节 聚氨酯革制品·····	81	三、聚甲醛的成型加工与应用·····	99
第六章 通用工程塑料 ·····	87	第四节 热塑性聚酯·····	100
第一节 聚酰胺·····	87	一、聚对苯二甲酸乙二酯·····	100
一、聚酰胺的合成与命名·····	87	二、聚对苯二甲酸丁二酯·····	101
二、聚酰胺的结构特征·····	89	第五节 聚苯醚·····	102
三、聚酰胺的主要性能·····	90	一、聚苯醚的制备·····	102
四、聚酰胺的成型加工与应用·····	92	二、聚苯醚的结构与性能·····	103
第二节 聚碳酸酯·····	93	三、聚苯醚的成型加工与应用·····	103
一、聚碳酸酯的合成·····	93	聚酰胺简易识别训练·····	104
二、聚碳酸酯的结构特征·····	94	聚碳酸酯简易识别训练·····	104
三、聚碳酸酯的主要性能·····	94	聚甲醛简易识别训练·····	104
四、聚碳酸酯的成型加工与应用·····	96	网络链接扩展·····	105
第三节 聚甲醛·····	97	知识能力检测·····	105
一、聚甲醛的合成·····	97		
二、聚甲醛的结构与性能·····	97		
第七章 特种工程塑料 ·····	107	一、聚苯硫醚的合成·····	113
第一节 氟塑料·····	107	二、聚苯硫醚的结构性能特征·····	113
一、聚四氟乙烯·····	107	三、聚苯硫醚的成型加工与应用·····	114
二、其他氟塑料·····	109	第四节 聚酰亚胺·····	114
第二节 聚砒类塑料·····	110	一、聚酰亚胺的结构性能特征·····	115
一、双酚 A 型聚砒·····	110	二、聚酰亚胺的品种及应用·····	115
二、聚芳砒·····	112	第五节 其他特种工程塑料·····	116
三、聚醚砒·····	112	一、聚芳酯·····	116
第三节 聚苯硫醚·····	113		

二、氯化聚醚	116	聚砜 (PSU) 简易识别训练	118
三、聚醚醚酮	117	网络链接扩展	118
四、液晶聚合物	117	知识能力检测	118
聚四氟乙烯简易识别训练	117		
第八章 常用热固性树脂及塑料	120		
第一节 酚醛树脂及塑料	120	第三节 环氧树脂及塑料	131
一、酚醛树脂的合成与固化	120	一、环氧树脂的合成与性能	131
二、酸法酚醛树脂与模塑粉	122	二、环氧塑料的组成与性能	132
三、碱法酚醛树脂与层压塑料	124	三、环氧塑料的成型与应用	133
四、酚醛泡沫塑料	124	第四节 氨基树脂及塑料	134
第二节 不饱和聚酯树脂及塑料	126	一、脲醛树脂及塑料	134
一、不饱和聚酯的合成	126	二、三聚氰胺-甲醛树脂及塑料	135
二、不饱和聚酯的固化	128	热固性塑料简易识别训练	135
三、不饱和聚酯制品的性能	129	网络链接扩展	136
四、不饱和聚酯的成型与应用	129	知识能力检测	136
第九章 塑料材料选用	137		
第一节 选材应考虑的主要因素	137	二、根据制品用途选材	144
一、塑料材料的适用条件	137	第三节 应用简单规律法选材	144
二、塑料制品的性能要求	138	一、星形轮廓模型法	145
三、塑料材料的使用环境	139	二、统计数量化综合法	145
四、塑料材料的加工适应性	139	三、价值分析法	146
五、塑料材料的经济适用性	140	四、计算机辅助选用法	148
第二节 根据制品的性能和用途		网络链接扩展	148
选材	140	知识能力检测	149
一、根据制品的性能选材	141		
第十章 热稳定剂与增塑剂	150		
第一节 概述	150	第三节 增塑剂	157
一、PVC 的热降解与热稳定剂	150	一、增塑剂的结构及作用机理	157
二、PVC 的增塑与增塑剂	151	二、增塑剂的主要性能	158
第二节 热稳定剂	151	三、常用增塑剂	159
一、热稳定剂的作用机理	151	四、增塑剂的应用	163
二、常用热稳定剂	153	网络链接扩展	164
三、热稳定剂的应用	156	知识能力检测	165
第十一章 抗氧化剂与光稳定剂	166		
第一节 概述	166	四、抗氧化剂的应用	173
一、塑料的老化	166	第三节 光稳定剂	174
二、稳定化助剂	167	一、塑料的光老化	174
第二节 抗氧化剂	167	二、光稳定剂及其作用机理	175
一、塑料的氧老化	167	三、光稳定剂的应用	179
二、抗氧化剂的作用机理	168	网络链接扩展	181
三、塑料常用抗氧化剂	170	知识能力检测	181
第十二章 填料及其表面处理技术	182		
第一节 概述	182	第二节 填充剂	183

一、填充剂的性质对树脂性能的影响	183	三、常用增强材料	188
二、常用填充剂	183	第五节 填料的表面处理	189
第三节 纳米填料	185	一、偶联剂与表面处理剂	189
一、纳米填料的特性	185	二、填料表面处理技术	191
二、纳米填料在塑料中的应用	185	第六节 填料在塑料中的应用	192
第四节 增强材料	187	一、填充塑料	192
一、增强材料的作用机理	187	二、增强塑料	192
二、增强材料的性质	187	网络链接扩展	193
第十三章 着色剂与色母粒	194	知识能力检测	193
第一节 塑料着色基本知识	194	一、着色剂的选择	200
一、色彩的形成	194	二、着色剂在塑料中的分散	200
二、配色原理	195	三、着色剂的使用方法	200
三、着色剂的主要性能	195	第四节 色母粒	201
四、着色剂对塑料性能的影响	196	一、色母粒的组成	201
第二节 常用塑料着色剂	196	二、色母粒的生产工艺	201
一、无机颜料	196	三、色母粒的配制	202
二、有机颜料与染料	197	网络链接扩展	203
三、特殊颜料	199	知识能力检测	204
第三节 着色剂的应用技术	200	四、抗静电剂的使用	214
第十四章 其他塑料助剂	205	第四节 发泡剂	215
第一节 润滑剂	205	一、物理发泡剂	215
一、润滑剂的作用机理	205	二、化学发泡剂	215
二、常用润滑剂品种	205	三、发泡剂的应用	217
三、润滑剂在塑料中的应用	207	第五节 非常用助剂	217
第二节 阻燃剂	208	一、交联剂	217
一、塑料的燃烧	208	二、成核剂	218
二、阻燃剂及其作用机理	209	三、驱避剂	218
三、常用塑料阻燃剂	209	四、防雾剂	219
四、阻燃剂在塑料中的应用	211	五、抗菌剂	219
第三节 抗静电剂	211	网络链接扩展	220
一、静电的产生及危害	212	知识能力检测	220
二、抗静电剂的作用机理	212	三、填充、增强塑料配方体系	234
三、塑料常用抗静电剂	212	四、塑料阻燃配方体系	236
第十五章 塑料配方技术	221	五、塑料抗静电配方体系	238
第一节 塑料配方设计	221	第三节 塑料配方的实施	239
一、塑料配方设计的意义	221	一、粉料的配制	239
二、塑料配方设计原则	222	二、粒料的制备	240
三、塑料配方设计方法	223	第四节 塑料母料	240
四、塑料配方的计量表示	226	一、塑料母料的组成	241
第二节 常用塑料配方体系	227		
一、塑料加工配方体系	227		
二、塑料耐候性配方体系	231		

二、塑料母料配方及制备	242	知识能力检测	245
网络链接扩展	244		
附录 塑料及树脂缩写代号与中、英文对照			246
参考文献			251

绪 论

学习目标

绪论概括了塑料材料及配方的有关概念，阐述了塑料材料的特性和发展历程，对塑料材料发展中存在的问题及前景也作了描述。学习中应掌握塑料材料的相关概念，正确理解和把握塑料材料的特性、应用和发展。

一、塑料的概念及分类

材料是人类生活和生产的基础，是一个国家科学技术、经济发展和人民生活水平的重要标志，它与能源、信息并列为现代科学的三大支柱。通常将材料分为金属材料、无机非金属材料和高分子材料三大类。目前，就发展速度及应用的广泛性而言，高分子材料大大超过了传统的水泥、玻璃、陶瓷和钢铁等材料。作为高分子材料主要品种之一的塑料，自 20 世纪初实现工业化生产以来，产量及品种快速发展，已成为工业、农业、国防和科技等领域的重要材料，在国民经济各个领域和日常生活中发挥着巨大作用。

塑料是“以高聚物为主要成分并在加工为成品的某阶段可流动成型的材料”，也可以认为是“以树脂为主要成分，含有添加剂、在加工过程中能流动成型的材料”。一般不包含纤维、涂料和黏结剂。塑料材料通常由两种基本材料组成：一种是基体材料——树脂；另一种是辅助材料——助剂。材料的组成及各成分之间的配比对制品性能有一定影响，作为主要成分的高聚物对制品性能起主宰作用。塑料材料的结构和成分决定了它的性质和性能。在温度和压力作用下塑料可熔融塑化，通过塑模制成一定形状，冷却后在常温下保持其形状而成为制品。

塑料、橡胶和合成纤维统称为三大合成材料，塑料应用最为广泛。塑料的玻璃化温度高于室温，室温下一般为刚性固体（少数具有柔性），力学性能范围宽且受温度影响较大；橡胶与塑料的性能差别在于其玻璃化温度低于室温，在室温下通常处于高弹态，呈现弹性；合成纤维具有较高的力学强度和耐热性，宏观上长径比较大。实际上，随着高分子材料及其加工技术的发展，三者之间并无明显的区别，很多常用塑料也是制造合成纤维的材料，有些塑料室温下也有一定弹性。

塑料品种繁多，性能各异，最常用的分类方法有以下三种。

1. 按塑料热行为分类

按塑料材料受热后的形态性能表现不同，可分为热塑性塑料和热固性塑料。热塑性塑料可在特定的温度范围内反复加热软化、冷却固化，在软化、熔融状态下可进行各种成型加

工，熔点和软化点以下能保持一定的形状而成为制品，成型加工过程中几乎没有化学反应。因此，这类塑料成型加工方便，其制品丧失使用性能后可再生利用。热塑性塑料占塑料总产量的70%以上，主要品种有聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚酰胺等。热固性塑料是在特定温度下将单体或预聚体加热使之流动，交联生成不熔不溶的塑料制品。热固性塑料受热后只能分解，不能再恢复到可塑状态，难以再生利用。如酚醛塑料、不饱和聚酯塑料、氨基塑料等均为常用热固性塑料。

2. 按塑料的基体树脂分类

按组成塑料的基体树脂不同可分为聚烯烃塑料、苯乙烯类塑料、聚酰胺塑料、氟塑料等。每一类塑料品种中基体树脂的组成和结构相似，性能相近，如由乙烯、丙烯、丁烯等简单结构的 α -烯烃聚合而得到的热塑性树脂简称为聚烯烃，以聚烯烃树脂为基材的塑料称为聚烯烃塑料，主要品种有聚乙烯塑料和聚丙烯塑料。聚烯烃塑料具有相对密度低、介电常数和介电损耗值小、绝缘性能优异、易于成型加工等特点。

3. 根据塑料的用途分类

根据塑料的使用范围与用途，可分为通用塑料、工程塑料、功能塑料。通用塑料的产量大、价格较低、性能一般，主要用作非结构材料，如聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯等。工程塑料具有较高的力学性能，能经受较宽的温度变化范围和较苛刻的环境条件，可以用于工程中作为力学构件，通常产量小、价格高。其主要品种有聚酰胺、聚甲醛、聚碳酸酯、聚砜等。由于工程塑料的综合性能优异，使用价值远远超过通用塑料，20世纪60年代后，随着航天、航空等高科技领域的快速发展，相继出现了高耐热、高强度的工程塑料品种，通常把它们称为特种工程塑料，如聚酰亚胺、聚砜、聚苯硫醚等。但实际上某些通用塑料（如聚丙烯等）经改性后也可作为结构材料使用，相对分子质量达100万~300万的超高相对分子质量聚乙烯也具有工程塑料的性能特征，因而随着科学技术的迅速发展，工程塑料与通用塑料之间的界限已变得越来越模糊。

功能塑料是一类具有特种功能并可满足于特殊性能要求的塑料品种，是高分子新材料的重要组成部分，如氟塑料、有机硅塑料、可环境降解塑料、纳米塑料、导电塑料等，在国防、医疗、电子、农业、包装诸多方面作为高性能材料使用。

二、塑料的组成与配方

1. 塑料的组成

除上述分类方法外，还可以根据塑料的组成不同分为单组分塑料和多组分塑料，实际上大多数塑料品种是一个多组分体系，它由塑料的基体材料树脂和塑料助剂两部分组成。树脂是塑料的主要成分，含量一般为40%~100%，作为塑料材料的主体它决定了塑料的基本性质和性能。例如，结晶性或非晶性、热塑性或热固性、耐热性等。热塑性塑料中助剂所占比例较小，热固性塑料中助剂所占比例较大。在助剂用量较多的体系中聚合物起黏结作用，使各种辅助材料构成一个整体。

塑料助剂也称添加剂，简称助剂，是为提高产品性能而添加到高聚物中的化学药品。塑料中加入助剂的主要目的是改善成型加工性能和制品的使用性能，延长使用寿命和降低成本。在通常情况下，虽然有些树脂如聚乙烯、聚苯乙烯、聚酰胺等不加助剂也可进行成型加工，但大多数树脂都需要与助剂配合，以满足制品某些使用性能和成型加工的要求。如PVC塑料制品的成型加工必须加入热稳定剂配合，防止其在成型中受热降解脱除HCl而变色、烧焦，及HCl气体对加工设备的腐蚀；聚丙烯是一种极易热氧老化的树脂，纯聚丙烯树脂成型加工中会氧化变质，而加入抗氧剂后可顺利成

型加工, 制品还可长期在 120℃ 条件下使用。功能性塑料助剂, 如着色剂、阻燃剂、填料、抗静电剂等, 可赋予高聚物多种多样的宝贵性能。因此, 塑料助剂在塑料工业的发展中起着重要作用。

塑料助剂品种繁多, 而且随着塑料工业的发展, 新型助剂不断涌现, 目前已有十几大类、数百个品种, 常用的有以下几类。

(1) 热稳定剂与增塑剂 这两类助剂主要用于聚氯乙烯及其共聚物。由于这类树脂分子链结构不稳定导致其对热敏感, 在成型加工和使用过程中易降解, 热稳定剂就是针对这一特性而开发的, 主要品种有碱式铅盐类、金属皂类、有机锡类等; 增塑剂是一类添加到聚合物中能使聚合物塑性增加的物质, 通常是具有极性或部分极性的高沸点、难挥发且与聚合物有一定相容性的液体或低熔点固体。增塑剂分布在大分子链之间, 降低分子间作用力, 使聚合物黏度降低, 柔韧性增加。常用的增塑剂有邻苯二甲酸酯类、磷酸酯类、脂肪族二元酸酯类等。

(2) 抗氧剂与光稳定剂 塑料在光、热、氧、射线等因素作用下, 会发生降解、变色, 物理机械性能随之逐渐变坏, 最后丧失使用价值, 这就是塑料的老化现象。抑制或减缓这种破坏作用的物质称为稳定剂, 除热稳定剂外, 还有抗氧剂和光稳定剂。抗氧剂是稳定化助剂的主体, 应用最为广泛, 它的作用是消除老化反应中生成的过氧化自由基, 从而终止氧化的连锁反应, 防止塑料的氧化降解。聚烯烃塑料、苯乙烯类塑料、聚酰胺、聚甲醛等大多数塑料品种中均加有抗氧剂。常用的抗氧剂有酚类、胺类、硫化物和亚磷酸酯等。

可抑制塑料光老化过程的物质称为光稳定剂, 其作用是延长塑料的户外使用寿命, 一般在需要时才加入。常用的有紫外线吸收剂、光屏蔽剂、光猝灭剂和自由基捕捉剂。

(3) 填料 包括填充剂和增强材料两类。在塑料中加入填充剂可提高塑料的刚性、硬度和耐热性, 降低蠕变和成型收缩率, 并且起到降低成本的作用。工业上常用的填充剂有碳酸钙、滑石粉等无机填料和木粉等有机填料。增强材料能够显著提高塑料制品的力学性能、耐热性和尺寸稳定性, 品种大部分是纤维状物质, 如玻璃纤维、石棉纤维、碳纤维等。

(4) 着色剂 是一类能使塑料着色并赋予塑料色彩的物质, 着色后塑料制品不但美观、便于识别, 而且也提高了塑料的商品价值。着色剂主要有两类, 一类是耐热性好、遮盖力强的无机颜料; 另一类是色彩鲜艳、着色力强的有机颜料。此外, 还有一些特殊类型的着色剂, 例如, 能提高制品白度的物质称为荧光增白剂, 能赋予塑料制品珍珠般光泽的物质称为珠光剂等。

(5) 其他塑料助剂 润滑剂是一类能够减少塑料熔体内部及熔体与加工设备之间的摩擦, 改善塑料在成型加工时的流动性和脱模性的物质, 常用的有石蜡、低相对分子质量聚乙烯、硬脂酸、硬脂酸单甘油酯等; 阻燃剂是为了克服塑料易燃性、扩大其应用范围而开发的助剂, 主要品种有含氯有机物、含磷有机物及氧化锑和氢氧化铝一类的无机物; 抗静电剂在本质上通常都是表面活性剂, 包括阴离子型、阳离子型、非离子型和高分子型几类, 可以在塑料外部涂覆或内部添加, 从而保证塑料制品在生产和使用方面的安全; 能够在塑料成型时受热产生气体从而制得泡沫塑料的物质称为发泡剂, 常用的有物理发泡剂和化学发泡剂两大类, 有机化学发泡剂最为常用。

除上述种类外还有一些用于特殊目的的助剂, 如成核剂、驱避剂、交联剂以及用于生产降解塑料的光降解剂和生物降解剂, 用于生产抗菌塑料的抗菌剂等新型助剂。

2. 塑料配方

塑料配方是指为满足制品成型加工和使用性能的要求, 合理选用树脂和助剂并科学确定

其配比后所形成的复合体系。通过合理配方不但能使制品原有性能得到某种程度的改善，而且功能性助剂还可赋予塑料材料制品崭新的性能。由此可见，在塑料成型加工中塑料配方是十分重要的。

要得到好的塑料配方首先要了解和掌握塑料材料的性能，了解每种树脂和助剂的长处和短处，发挥各种助剂的最大功效，使树脂与助剂之间、助剂与助剂之间产生协同效应。也就是优选树脂，优选助剂，优化其用量及配比。这是塑料配方的核心问题，只有这样才能满足制品成型加工和使用性能的要求，生产出高质量的塑料制品。

三、塑料的特性

塑料材料品种繁多，性能差别较大。有的以高强度著称，有的以耐腐蚀性领先，有的电气绝缘性能优异，有的极易成型加工等。尽管塑料材料性能多种多样，但与其他材料相比，仍具有共同特性，可归纳为如下几个主要方面。

(1) 质轻 塑料的密度在 $0.9\sim 2.3\text{g/cm}^3$ 之间，各种泡沫塑料的密度在 $0.01\sim 0.05\text{g/cm}^3$ 之间。在要求减轻自重的用途中，塑料材料有着特殊重要的意义。如航天、航空、交通运输工业大量采用塑料材料就是为了减轻自重，尤其是结构泡沫塑料和纤维增强塑料的开发利用，使塑料材料在这些领域得到了前所未有的发展。

(2) 电气绝缘性好 塑料的相对介电常数一般在 2 左右，体积电阻率高达 $10^{10}\sim 10^{20}\Omega\cdot\text{cm}$ ，介电损耗低到 10^{-10} 。塑料不仅在低频、低压条件下具有良好的电气绝缘性，而且在高频、高压条件下许多塑料也能作为电气绝缘材料和电容器介质材料使用。

(3) 力学强度范围宽 由于塑料品种繁多并可进行各种改性，力学性能范围宽，从柔顺到坚韧、从刚到脆，因而具有广泛的应用领域。

大多数塑料摩擦系数很小，有些塑料还具有优良的减摩、耐磨和自润滑特性，其耐磨性为许多金属材料所不及。例如，各种氟塑料以及用氟塑料增强的聚甲醛、聚酰胺塑料就是优异的耐磨材料。

(4) 优异的耐化学腐蚀性 一般塑料都有较好的化学稳定性，对酸、碱、盐溶液、蒸汽、水、有机溶剂的稳定性超过了许多金属及其合金材料，被广泛地用作防腐材料。号称“塑料王”的聚四氟乙烯甚至能耐“王水”等极强的腐蚀性介质的腐蚀。

(5) 隔热性能好 塑料的热导率小，比金属小上百倍甚至上千倍，是热的不良导体或绝热体，如泡沫塑料的热导率与静止的空气相当。因此，塑料常被用作绝热保温材料，广泛应用于冷藏、建筑、节能装置和其他工程。

(6) 成型加工性能优良 塑料材料具有一些特有的成型加工性能，如良好的模塑性、挤压性、延展性等，可用多种多样的成型加工技术生产出品种繁多的各类制品。例如，用塑料制造工业零部件在多数情况下可不必经过铸造和车、铣、磨、刨等工序而实现一次成型。

塑料材料这些优良而多样的性能，使它在工农业生产、日常生活、国防以及科技领域中获得相当广泛的应用。塑料也有许多缺点，如耐热性较差，刚度和硬度不如金属，易变形，耐老化性较差，制品在使用过程中易产生蠕变、疲劳等现象。随着合成和塑料改性技术的发展，所有这些缺点正在得到改善。

四、塑料材料的应用与发展

1. 塑料材料的应用

塑料材料作为传统材料的代用品，在 20 世纪初开始被大量生产和应用，进入 50 年代以后塑料工业在原料、生产、加工、研究等方面都进入新的发展阶段，其应用领域也迅速扩

大，在国民经济中与钢铁、木材、水泥一起并称为四大基础材料，被认为是推动社会生产力发展的新型材料。

电气工业是最早使用塑料材料的领域之一，随着时代的发展，进而扩展到电子、家电和通信领域。塑料在电气电子工业主要用作绝缘、屏蔽、导电、导磁等材料；在通信领域，塑料材料不仅广泛用于各类终端设备，而且作为生产光纤、光盘等高性能材料使用；中国是家用电器生产大国，全行业对塑料材料需求量较大，用量接近塑料消费总产量的十分之一。塑料材料质轻、绝缘、耐腐蚀、表面质量高和易于成型加工的特点正是制造空调、电视、洗衣机、电冰箱等家用电器所必需的。

农业是中国的基础产业，近年来实施的地膜覆盖、温室大棚以及节水灌溉等新技术，使农业对塑料材料的需求量越来越大。使用地膜覆盖可保温、保湿、保肥、保墒，并可除草防虫，促进植物生长，提前收割，从而提高农作物产量；也正因为使用了温室大棚和遮阳网才使得蔬菜和鲜花四季生长；塑料管材质轻、耐蚀、不结垢、易于运输、安装和使用，在现代农业灌溉中被广泛使用；此外，绳索、农机具、渔网、鱼筐等也使用塑料材料，经久耐用又容易清洗。

塑料材料在建筑工程上的应用发展迅速，制品主要有给排水管道、导线管、塑料门窗、家具、洁具和装潢材料及防水材料。尤其是20世纪70年代以后低发泡塑料等结构材料的发展大量取代木材，使塑料在建筑材料中用作结构件增长很快。目前国外塑料材料在建筑领域中用量约占其总产量的20%，而中国不足10%，具有较大的发展潜力。

在包装行业塑料材料是后起之秀，消耗量占塑料总产量的30%左右，居首位。塑料薄膜用于包装早已融入日常生活之中，食品、针织品、服装、医药、杂品等轻包装绝大多数都用塑料薄膜包装；化肥、水泥、粮食、食盐、合成树脂等重包装由塑料编织袋取代了过去的麻袋和牛皮纸袋包装；塑料容器作为包装制品既耐腐蚀，又比玻璃容器轻、不易破碎，在运输方面带来许多方便，因而在饮料、化工等行业得到广泛使用。

目前，汽车工业发展迅速，每辆汽车平均使用100kg以上的塑料材料，并呈逐年上升趋势。塑料在汽车行业的应用具有节能、提高配件功能、简化制造工序和工艺三大优势。节能缘于塑料质轻，如聚丙烯材料密度不足 $1\text{g}/\text{cm}^3$ ；提高配件功能缘于塑料材料品种和性能的多样化，如高相对分子质量高密度聚乙烯制成的燃油箱各项性能均优于金属燃油箱；简化制造工序和工艺缘于塑料材料固有的易于成型加工的特性。因而，“汽车塑料化”也并非天方夜谭。

在国防、航空、航天高科技领域塑料材料也具有重要地位。例如，兵器的轻量化已在战车、枪炮、弹药等方面取得重大进展；复合材料——纤维增强塑料代替铝合金制造飞机可大大减轻重量，节省燃料；人造卫星和宇宙飞船中，塑料材料占其总体积的一半，作为减重、抗烧蚀材料的地位是其他材料不可替代的。

在医学工程领域，聚甲基丙烯酸甲酯在20世纪30年代就成为牙托、假牙、牙体修复、人工颌骨的主要材料。20世纪50年代以后，开始用塑料制造人体内的人工脏器，如人工气管、人工血管、人工食道、人工心脏瓣膜及体外使用的人工肾脏、人工心脏等。由于长期与生物肌体、血液、体液等接触，这类材料必须具有优良的生物替代性和生物相容性。此外，塑料材料还多用于制造医疗器械，如一次性使用的注射器、输液袋、手术器械等。

除上述应用外，塑料材料在化工、机械及日常生活等方面都有广泛用途，科学家认为：“人类已进入高分子合成材料时代”。

2. 塑料材料的发展

由塑料材料的应用可以看出,人类社会对塑料材料的需求是塑料材料生产和发展的推动力。从1909年第一个合成树脂——酚醛树脂工业化生产以来,树脂品种已达数千种,其中作为塑料材料使用的有300多种,常用的有50多种,表0-1给出了一些常用塑料品种实现工业化生产的年份。

表 0-1 常用塑料品种实现工业化生产的年份

工业化生产年份	塑料品种	英文缩写代号	类别
1909	酚醛树脂	PF	热固性、通用塑料
1926	脲醛树脂	UF	热固性、通用塑料
1930	聚苯乙烯	PS	热塑性、通用塑料
1931	聚氯乙烯	PVC	热塑性、通用塑料
1933	聚甲基丙烯酸甲酯	PMMA	热塑性、通用塑料
1939	低密度聚乙烯	LDPE	热塑性、通用塑料
1939	聚酰胺	PA	热塑性、通用工程塑料
1946	不饱和聚酯	UP	热固性塑料
1949	聚四氟乙烯	PTFE	热塑性、特种工程塑料
1953	聚对苯二甲酸乙二醇酯	PET	热塑性、通用工程塑料
1954	丙烯腈/丁二烯/苯乙烯共聚物	ABS	热塑性塑料
1954	高密度聚乙烯	HDPE	热塑性、通用塑料
1957	聚丙烯	PP	热塑性、通用塑料
1958	聚碳酸酯	PC	热塑性、通用工程塑料
1965	聚砜	PSU	热塑性、特种工程塑料
1980	聚醚醚酮	PEEK	热塑性、特种工程塑料

从世界范围看,20世纪50年代是塑料工业发展的重要转折时期,尤其是1954年定向聚合技术在生产实践中得到应用,创造性地合成出高密度聚乙烯和聚丙烯材料,从而带动了一大批具有优质性能的热塑性塑料问世。石油工业的崛起、合成技术的提高、大量新型塑料助剂的问世以及塑料改性技术的应用又不断地推动塑料材料在品种、质量、成本和使用方面向前发展,与塑料成型设备、模具、工艺一起形成了完整的工业化系统,使塑料工业在世界经济中有了举足轻重的地位。从表0-2可看出历年来世界塑料产量增长概况。

表 0-2 世界塑料产量增长概况

年份	1935	1950	1960	1970	1980	1990	1995	2000	2004	2007
产量/万吨	20	150	620	3000	5000	9990	12126	16000	21200	24500

中国塑料工业从20世纪50年代才刚刚起步,1958年全国塑料制品年产量2.4万吨,1977年为78.6万吨。改革开放以来,中国塑料工业发展迅猛,1997年塑料制品产量已达1530万吨,2007年达4588万吨,产量仅次于美国,居世界第二位,其发展速度远远超过世界平均水平。以2000年人均消耗塑料量计算,我国年人均约为15kg,尚未达到世界人均27.8kg的平均消费水平,2006年人均消费量约31kg,略高于世界人均消费水平,但与美、英、德等一些发达国家人均超过100kg以上的水平相比仍有较大差距。由此可见,我国塑