

职业技术教育教材

塑料材料

Plastics Materials

谢圣英 主编



中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

塑料材料/谢圣英主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2010. 1

职业技术教育教材

ISBN 978-7-5019-7113-8

I. ①塑… II. ①谢… III. ①塑料-材料科学-职业教育-教材 IV. ①TQ32

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 150119 号

责任编辑: 赵红玉 郭雪娇

策划编辑: 赵红玉 责任终审: 张乃东 封面设计: 锋尚设计

版式设计: 王培燕 责任校对: 李靖 责任监印: 张可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印刷: 三河市世纪兴源印刷有限公司

经销: 各地新华书店

版次: 2010 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

开本: 787 × 1092 1/16 印张: 12.5

字数: 304 千字

书号: ISBN 978-7-5019-7113-8 定价: 26.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

80842J3X101ZBW

前 言

塑料材料因为性能优异,加工容易,在塑料、橡胶和合成纤维三大合成材料中,是产量最大、应用最广的高分子材料。目前,塑料材料的应用领域仍在进一步扩大,已经涉及国民经济及人们生活的各个方面。

要从事塑料成型加工,必须熟悉塑料材料的结构、性能及应用,并了解塑料材料的发展状况,本教材正是基于这一出发点进行编写的。

通过本教材的学习,能够使学生熟悉塑料材料的结构和性能,并达到以下目的:

- ①熟悉常用塑料材料的结构、性能及应用范围。
- ②能够根据塑料材料外观及燃烧特性,识别常用的塑料材料。
- ③熟悉常用塑料助剂的作用原理、常用品种及应用范围,并能够进行基本性能测试。
- ④能够根据加工方法和产品的使用性能要求,选用合适的材料品种、型号,并能进行常用配方设计。

除了上述几点之外,还注意理论联系实际,多留心观察日常生活用品,注意区分各种制品所用的塑料材料的特征,通过比较、分析材料之间的异同点,更牢固地掌握材料的特性,为从事塑料加工打下坚实的基础。由于塑料材料的改性技术发展迅速,因此,还必须了解新材料、新工艺,为塑料工业的发展作出自己的贡献。

本书共8章,第1章、第2章的第2节至第10节、第5章、第6章、第8章及附录由湖南科技职业学院的谢圣英、陈兴华编写,第2章的第1节及第4章由湖南科技职业学院的文俊雅编写,第2章的第11节至第15节、第3章及第7章由郑州轻工业职业学院的李振平编写。本书由谢圣英主编并统稿。

由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者
2009.8

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 塑料材料的发展概况	1
1.2 塑料的概念及分类	3
1.2.1 塑料的概念	3
1.2.2 塑料的分类	3
1.3 塑料的特性与应用	4
1.3.1 塑料的特性	4
1.3.2 塑料材料的应用	5
1.4 塑料的组成与配方	6
1.4.1 塑料的组成	6
1.4.2 塑料配方	8
1.5 本课程的学习目的及要求	8
第 2 章 热塑性塑料	9
2.1 聚氯乙烯	9
2.1.1 聚氯乙烯简介	9
2.1.2 聚氯乙烯的结构与性能	10
2.1.3 聚氯乙烯的成型与加工	14
2.1.4 聚氯乙烯改性品种	18
2.2 聚乙烯	19
2.2.1 聚乙烯简介	19
2.2.2 聚乙烯的结构与性能	20
2.2.3 聚乙烯的成型加工	23
2.2.4 聚乙烯的应用	25
2.2.5 其他品种	25
2.3 聚丙烯	31
2.3.1 聚丙烯简介	31
2.3.2 聚丙烯的结构与性能	31
2.3.3 聚丙烯的成型加工与应用	35
2.3.4 聚丙烯塑料的改性品种	36
2.4 聚苯乙烯类塑料	37
2.4.1 聚苯乙烯	38
2.4.2 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料	41
2.4.3 其他苯乙烯类塑料	44
2.5 丙烯酸酯类塑料	45

2.5.1 聚甲基丙烯酸甲酯	45
2.5.2 其他丙烯酸酯类聚合物	49
2.6 聚氨酯塑料	50
2.6.1 聚氨酯简介	50
2.6.2 聚氨酯的合成原料	50
2.6.3 聚氨酯泡沫塑料	52
2.6.4 聚氨酯弹性体	55
2.6.5 聚氨酯人工革	57
2.7 聚酰胺	59
2.7.1 聚酰胺简介	59
2.7.2 聚酰胺结构	60
2.7.3 聚酰胺的性能	61
2.7.4 聚酰胺的成型加工与应用	63
2.7.5 聚酰胺的改性品种	64
2.8 聚碳酸酯	65
2.8.1 聚碳酸酯简介	65
2.8.2 聚碳酸酯的结构与性能	65
2.8.3 聚碳酸酯的成型加工	67
2.8.4 聚碳酸酯的改性品种	68
2.9 聚甲醛	69
2.9.1 聚甲醛简介	69
2.9.2 聚甲醛的结构和性能	69
2.9.3 聚甲醛的成型加工与应用	71
2.9.4 聚甲醛的改性品种	72
2.10 热塑性聚酯	73
2.10.1 聚对苯二甲酸乙二酯	73
2.10.2 聚对苯二甲酸丁二酯	75
2.11 氟塑料	76
2.11.1 聚四氟乙烯	76
2.11.2 其他氟塑料	78
2.12 聚砒类塑料	79
2.12.1 聚砒	79
2.12.2 聚芳砒	81
2.12.3 聚醚砒	82
2.13 聚苯硫醚	82
2.13.1 聚苯硫醚简介	82
2.13.2 聚苯硫醚的结构与性能	82
2.13.3 聚苯硫醚的成型加工与应用	83
2.14 聚酰亚胺	84

2.14.1 聚酰亚胺简介	84
2.14.2 聚酰亚胺的结构与性能	84
2.14.3 聚酰亚胺的成型加工与应用	85
2.15 其他工程塑料	86
2.15.1 氯化聚醚	86
2.15.2 聚芳酯	86
2.15.3 聚醚醚酮	86
2.15.4 液晶聚合物	87
第3章 热固性塑料	89
3.1 酚醛树脂及塑料	89
3.1.1 酚醛树脂及塑料简介	89
3.1.2 酚醛树脂	89
3.1.3 酚醛模塑料	90
3.1.4 酚醛层压塑料	91
3.1.5 酚醛泡沫塑料	92
3.2 氨基树脂及塑料	94
3.2.1 氨基树脂及塑料简介	94
3.2.2 氨基塑料	94
3.3 环氧树脂及塑料	97
3.3.1 环氧树脂简介	97
3.3.2 环氧塑料的组成与性能	97
3.3.3 环氧塑料的成型与应用	99
3.4 不饱和聚酯	100
3.4.1 不饱和聚酯简介	100
3.4.2 不饱和聚酯的组成与固化	100
3.4.3 不饱和聚酯制品的性能	101
3.4.4 不饱和聚酯的成型与应用	102
第4章 增塑剂	105
4.1 概述	105
4.1.1 增塑剂的定义及用途	105
4.1.2 增塑剂的分类	105
4.1.3 增塑剂的作用机理	105
4.2 增塑剂的主要性能	106
4.3 塑料常用增塑剂	109
4.4 增塑剂的选用	113
4.4.1 增塑体系的确定	113
4.4.2 常见增塑剂的性能比较	113
4.4.3 增塑剂在聚氯乙烯中的应用	113
第5章 稳定剂	115

5.1 热稳定剂	115
5.1.1 聚氯乙烯的热降解	116
5.1.2 热稳定剂的作用原理	116
5.1.3 热稳定剂的协同效应	117
5.1.4 常用的热稳定剂	119
5.1.5 热稳定剂的选用	122
5.1.6 热稳定剂的发展趋势	122
5.2 光稳定剂	123
5.2.1 塑料的光老化	123
5.2.2 光稳定剂的分类及其作用机理	124
5.2.3 光稳定剂的应用	127
5.3 抗氧化剂	129
5.3.1 塑料的氧老化	129
5.3.2 抗氧化剂的作用机理	131
5.3.3 塑料常用抗氧化剂	132
5.3.4 抗氧化剂的应用	134
5.3.5 抗氧化剂的现状与发展	135
第6章 填料	137
6.1 概述	137
6.2 填充剂	138
6.2.1 填充剂的性质对树脂性能的影响	138
6.2.2 塑料常用填充剂	138
6.3 增强材料	141
6.3.1 增强材料的作用机理	141
6.3.2 常用增强材料	141
6.4 偶联剂与表面处理剂	142
6.4.1 偶联剂	143
6.4.2 表面处理剂	144
6.5 填料在塑料中的应用	144
第7章 其他助剂	147
7.1 着色剂与色母料	147
7.1.1 塑料着色基本知识	147
7.1.2 塑料常用着色剂	148
7.1.3 着色剂的应用	151
7.2 润滑剂	153
7.2.1 润滑剂的作用机理	153
7.2.2 常用润滑剂	154
7.2.3 润滑剂的应用	155
7.3 阻燃剂	156

7.3.1 塑料的燃烧	156
7.3.2 阻燃剂及其作用机理	157
7.3.3 常用塑料阻燃剂	157
7.3.4 阻燃剂的应用	159
7.4 抗静电剂	160
7.4.1 静电的产生及危害	160
7.4.2 抗静电剂的作用机理	161
7.4.3 塑料常用抗静电剂	161
7.4.4 抗静电剂的使用	162
7.5 发泡剂	162
7.5.1 物理发泡剂	163
7.5.2 化学发泡剂	163
7.5.3 发泡剂的应用	165
第8章 塑料配方设计	167
8.1 概述	167
8.1.1 塑料配方设计的意义	167
8.1.2 塑料配方设计的原则	167
8.1.3 塑料配方的表示	168
8.1.4 塑料配方的确定	169
8.2 常用塑料配方举例	169
8.2.1 塑料加工配方	169
8.2.2 填充、增强塑料配方	175
8.2.3 塑料阻燃配方	177
8.2.4 塑料耐候性配方	178
8.3 塑料配方设计方法	180
8.3.1 单变量配方设计	180
8.3.2 多变量配方方法	181
附录	182
参考文献	187

第 1 章 绪 论

应知应会要点

1. 记住塑料的概念与分类。
2. 知道塑料材料的特性、组成与应用。
3. 了解塑料材料的发展概况。

1.1 塑料材料的发展概况

早在 19 世纪以前,人们就已经利用沥青、松香、琥珀、虫胶等天然树脂了。1868 年,将天然纤维素硝化,用樟脑作增塑剂制成了世界上第一种塑料,称为赛璐珞,从此开始了人类使用塑料的历史。1909 年出现了第一种人工合成的塑料——酚醛塑料,1920 年又一种人工合成塑料——氨基塑料(苯胺甲醛塑料)诞生了。这两种塑料当时为推动电气工业和仪器制造工业的发展起到了积极作用。

到 20 世纪 20~30 年代,相继出现了醇酸树脂、聚氯乙烯、丙烯酸酯类、聚苯乙烯和聚酰胺等塑料。从 20 世纪 40 年代至今,随着科学技术和工业的发展、石油资源的广泛开发利用,塑料工业获得迅速发展,品种上又出现了聚乙烯、聚丙烯、不饱和聚酯、氟塑料、环氧树脂、聚甲醛、聚碳酸酯、聚酰亚胺等。表 1-1 列出了各种塑料实现工业化生产的年份。

表 1-1 主要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
1870	硝酸纤维素	CN	热固性塑料
1909	酚醛树脂	PF	热固性塑料
1930	聚苯乙烯	PS	热塑性塑料
1931	聚氯乙烯	PVC	热塑性塑料
1933	聚甲基丙烯酸甲酯	PMMA	热塑性塑料
1939	低密度聚乙烯	LDPE	热塑性塑料
1939	聚酰胺	PA	热塑性塑料
1946	不饱和聚酯树脂	UP	热固性塑料
1949	聚四氟乙烯	PTFE	热塑性塑料
1953	聚对苯二甲酸乙二酯	PET	热塑性塑料
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	热塑性塑料
1957	聚丙烯	PP	热塑性塑料
1958	聚碳酸酯	PC	热塑性塑料
1965	聚砒	PSU	热塑性塑料
1980	聚醚醚酮	PEEK	热塑性塑料

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。目前, 高分子材料的发展速度及应用范围远远超过了传统的水泥、木材、陶瓷和金属等工业材料。作为高分子材料主要品种之一的塑料, 是高分子材料中发展最快、产量最大、应用最广的材料。

从表 1-2 可看出历年来世界塑料产量增长概况。

表 1-2 世界塑料产量

年份	1935	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2003	2004
产量/万 t	20	150	620	3000	5000	9990	12126	20006	21000

中国塑料工业从无到有, 并不断取得迅速发展。1958 年全国塑料制品年产量 2.4 万 t, 1977 年为 76.8 万 t。特别是 20 世纪 80 年代以后, 发展速度极快, 产量平均以每年 15% 的速度递增。2007 年, 我国合成树脂产量已达 3073.55 万 t, 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。但我国人均消耗塑料量为 15kg, 不但与美、德等一些发达国家人均超过 100kg 的水平有较大差距, 而且尚未达到世界人均 27.8kg 的平均水平。由此可见, 我国塑料工业仍具较大发展空间。

展望塑料材料的发展, 改性技术已成为开发塑料新品种的重要手段。共混改性、反应挤出、填充增强、助剂的纳米化和微胶囊化、母料化等新技术催生了一批高强度塑料和功能塑料, 如碳纤维增强塑料、抗菌塑料、纳米塑料、可降解塑料、导电塑料等。改性技术已使原有塑料品种的性能随使用要求而改变, 有些塑料品种的牌号可达数百种, 极大地丰富了塑料材料的内容, 扩大了应用范围。聚乙烯、聚丙烯、聚酰胺等材料都是较活跃的改性塑料品种。

与其他工业的发展一样, 塑料工业在发展过程中也会遇到各种各样的问题。目前, 塑料工业面临的问题主要有两方面: 一是合成高分子的资源问题。合成高分子化合物是以石油资源为基础的, 现代社会所依赖的石油资源正日益短缺, 并且作为不可再生的自然资源, 石油总有枯竭的时候。进入 21 世纪后, 寻找合成高分子化合物的新资源就成了科学家关注的问题。由于天然高分子的存在, 人们首先想到了植物资源, 如天然橡胶、纤维素、淀粉、木质素等, 可能成为潜在的合成高分子的单体资源, 也可采用基因工程的方法促使植物产生更多的可直接使用的天然高分子, 这些由植物获得的高分子还具有环境友好的特征。二是塑料材料的广泛使用所造成的环境问题, 尤其是大量使用塑料包装材料和农用地膜所引起的“白色污染”已经影响到人类的日常生活质量。因而, 如何解决塑料对环境的不良影响是今后塑料材料能否得到长足发展的关键问题之一。就目前而言, 解决这一问题的途径主要有几个方面: 再生利用、焚烧、裂解和降解回归, 并建立循环利用和降解回归的平衡体系。

总之, 塑料材料不仅丰富了材料家族的品种, 使人们的生活更加方便、多彩, 给众多的工业产品带来了新面貌, 而且在科技尖端领域也已占有一席之地。就像发明了塑料一

样,人类同样可以找到解决塑料材料所存在问题的最佳途径,使它在人类日常和经济生活中发挥越来越重要的作用。

1.2 塑料的概念及分类

1.2.1 塑料的概念

塑料是指以树脂(或在加工过程中用单体直接聚合)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。材料的组成及各组分之间的配比对制品的性能有一定的影响,作为主要成分的高聚物对制品性能起决定作用。

塑料、橡胶和合成纤维统称为三大合成材料,塑料的应用范围最广泛。一般塑料的玻璃化温度(T_g)或热变形温度高于室温,室温下一般为刚性固体,力学范围宽且受温度影响较大;橡胶的玻璃化温度低于室温,在室温下通常处于高弹态,有较大的弹性;合成纤维具有较高的力学性能和耐热性,宏观上长径比较大。实际上三者之间并无本质区别,通过采用不同的加工方法,很多塑料也可制造成合成纤维,有些塑料在室温下也有一定的弹性。

1.2.2 塑料的分类

塑料的分类体系比较复杂,各种分类方法也有所交叉,按常规分类主要有以下四种:

(1) 按塑料的使用特性分类

根据各种塑料不同的使用特性,通常将塑料分为通用塑料、工程塑料和功能塑料三种类型。通用塑料一般是指产量大、用途广、成型性好、价格便宜的塑料,如聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯等。工程塑料一般能承受一定外力作用,具有良好的力学性能和耐高、低温性能,尺寸稳定性较好,可以用作工程材料代替金属制造各种机械设备或零件的塑料。工程塑料又可分为通用工程塑料和特种工程塑料两大类。通用工程塑料如:聚酰胺、聚甲醛、聚碳酸酯、改性聚苯醚、热塑性聚酯等。特种工程塑料如:聚砜、聚醚砜、聚苯硫醚、聚酰亚胺、聚醚醚酮等。但实际上某些通用塑料(如聚丙烯等)经改性后也可作为工程材料使用,相对分子质量达100万~300万的超高相对分子质量的聚乙烯也具有工程塑料的性能特征,因而随着科学技术的快速发展,工程塑料与通用塑料之间的界限已变得越来越模糊。功能塑料是指具有特种功能,可用于航空、航天等特殊应用领域的塑料,是高分子材料的重要组成部分,如氟塑料和有机硅具有突出的耐高温、自润滑等特殊功用。

(2) 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。热塑性塑料是指在特定温度范围内能反复加热软化和冷却硬化的塑料。树脂的化学结构不发生变化,分子结构呈线性或支链型,废旧热塑性塑料可回收利用。这类塑料成型加工方便,是发展最快、产量最高(占塑料产量的70%以上)、用途最广的一种塑料。主要品种有聚乙烯

烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚酰胺等。热固性塑料是指在受热或其他条件下能交联固化成不熔不溶特性的塑料。热固性塑料交联固化后呈网状结构，难以再生利用。如酚醛塑料、氨基塑料、环氧塑料等。

(3) 按塑料的基体树脂分类

按照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、纤维素类塑料等。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。

(4) 按树脂分子的聚集状态分类

按照树脂大分子的聚集状态可分为无定形塑料和结晶性塑料。无定形塑料是指聚合物中大分子链排列是以无规线团的无序方式排列的。无定形塑料无明显的熔点，其熔化的温度范围较宽。主要品种有聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚砜、丙烯酸酯类等。结晶性塑料是指聚合物中大分子的分子链排列是有序的。结晶性塑料有比较明显的熔点，其熔化温度范围较窄。主要的品种有聚乙烯、聚丙烯、聚甲醛、聚四氟乙烯等。

1.3 塑料的特性与应用

1.3.1 塑料的特性

塑料品种繁多，因其结构和组成不同，性能也不相同。有人这样形容塑料：像棉花一样洁白；像玻璃一样透明；像海绵一样轻软；像陶瓷一样绝缘；像钢材一样强韧；像石棉一样隔热；像金子一样防锈；做成齿轮，不用润滑。总的来说塑料的特性可归纳如下：

①质轻、比强度高 塑料质轻，一般塑料的密度都在 $0.9 \sim 2.3 \text{g/cm}^3$ 之间，只有钢铁的 $1/8 \sim 1/4$ 、铝的 $1/2$ 左右。各种泡沫塑料的密度更低，在 $0.01 \sim 0.5 \text{g/cm}^3$ 之间。按单位质量计算的强度称为比强度，有些增强塑料的比强度接近甚至超过钢材。例如，合金钢材，其单位质量的拉伸强度为 160MPa ，而用玻璃纤维增强的塑料可达到 $170 \sim 400 \text{MPa}$ 。

②优异的电绝缘性能 几乎所有的塑料都具有优异的电绝缘性能，如极小的介电损耗和优良的耐电弧特性，这些性能可与陶瓷媲美。

③优良的化学稳定性能 一般塑料对酸碱等化学药品均有良好的耐腐蚀能力，特别是聚四氟乙烯的耐化学腐蚀性能比黄金还要好，甚至能耐“王水”等强腐蚀性电解质的腐蚀，被称为“塑料王”。

④减摩、耐磨性能好 大多数塑料具有优良的减摩、耐磨和自润滑特性。许多工程塑料制造的耐摩擦零件就是利用塑料的这些特性，在耐磨塑料中加入某些固体润滑剂和填料时，可降低其摩擦因数或进一步提高其耐磨性能。

⑤透光及防护性能优异 多数塑料都可以作为透明或半透明制品，其中聚苯乙烯和丙烯酸酯类塑料像玻璃一样透明。有机玻璃化学名称为聚甲基丙烯酸甲酯，可用作航空玻璃材料。聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯等塑料薄膜具有良好的透光和保暖性能，大量用作农用薄膜。塑料具有多种防护性能，因此常用作防护包装用品，如塑料薄膜、箱、桶、瓶等。

⑥减震、消音性能优良 某些塑料柔韧而富于弹性，当它受到外界频繁的机械冲击和

振动时,内部产生黏性内耗,将机械能转变成热能,因此,工程上用作减震消音材料。例如,用工程塑料制作的轴承和齿轮可减小噪声,各种泡沫塑料更是广泛使用的优良减震消音材料。

⑦成型加工性能优良 塑料材料具有良好的可模塑性、挤压性和可延展性。

上述塑料的优良性能,使它在工农业生产和人们的日常生活中具有广泛用途,它已从过去作为金属、玻璃、陶瓷、木材和纤维等材料的代用品,一跃成为现代生活和尖端工业不可缺少的材料。

然而,塑料也有不足之处。例如,耐热性比金属等材料差,一般塑料仅能在 100°C 以下温度使用,少数 200°C 左右使用;塑料的热膨胀系数要比金属大 $3\sim 10$ 倍,容易受温度变化而影响尺寸的稳定性;在载荷作用下,塑料会缓慢地产生黏性流动或变形,即蠕变现象;此外,塑料在大气、阳光、长期的压力或某些介质作用下会发生老化,使性能变坏等。塑料的这些缺点或多或少地影响或限制了它的应用。但是,随着塑料工业的发展和塑料材料研究工作的深入,这些缺点正被逐渐克服,性能优异的新颖塑料和各种塑料复合材料正不断涌现。

1.3.2 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 $1/10$ 。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膜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、鱼网、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%,而我国不足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 1g/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。因此，“汽车塑料化”也并非天方夜谭。

在人们的日常生活中，塑料的应用更广泛，如市场上销售的塑料凉鞋、拖鞋、雨衣、手提包、儿童玩具、牙刷、肥皂盒、热水瓶壳等。目前在各种家用电器，如电视机、收录机、电风扇、洗衣机、电冰箱等方面也获得了广泛的应用。

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；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。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。

1.4 塑料的组成与配方

1.4.1 塑料的组成

塑料还可按其组成的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粘接作用，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离 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100℃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，主要品种有盐基性铅盐类、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，物理力学性能随之逐渐变坏，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，有热稳定剂，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、苯乙烯类、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

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，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。

1.4.2 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。

要掌握好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。

1.5 本课程的学习目的及要求

要想成为一名合格的塑料工程技术人员，必须学习和掌握塑料材料的相关知识。在制品生产中，工艺条件的确定、加工设备的选择及模具的设计都离不开塑料材料的基本知识。因此，学习本课程必须做到以下几点：

- ①掌握常用塑料结构和性能特点，成型加工的方法和制品的应用。
- ②根据塑料制品的性能要求选择和使用塑料原料。
- ③了解塑料助剂的结构及其作用机理，掌握助剂的性能特点与选用原则及应用范围。
- ④掌握塑料配方原理和方法。
- ⑤了解塑料配制的基本方法、工艺过程和要求。

思考题

1. 什么是树脂？什么是塑料？两者有何区别？
2. 塑料有哪种分类方法？
3. 与其他材料相比，塑料有何特点？举例说明塑料的用途。
4. 说明热塑性塑料与热固性塑料有何区别。
5. 什么是通用塑料？什么是工程塑料？两者有何区别？

第2章 热塑性塑料

应知应会要点

1. 记住常用热塑性塑料的名称、代号。
2. 会根据塑料制品的使用要求、性能要求及加工方法选用合适的树脂。
3. 能分析塑料材料的结构与性能间的关系。
4. 能根据加工工艺方法设定常用材料加工工艺参数。

课前认知实习

每位同学选一种日常生活用品，回答下列问题：

1. 该制品用的什么塑料材料，这种塑料是否有毒？
2. 此种塑料制品是否透明？
3. 此种塑料制品是硬质的还是软质的？
4. 想一想，此种塑料制品是否可用其他材料代替？

2.1 聚氯乙烯

2.1.1 聚氯乙烯简介

聚氯乙烯（PVC）是以氯乙烯为单体聚合而得的聚合物，自20世纪30年代首先在德国开始工业化生产以来，由于它原料来源丰富，用途广泛，在通用塑料中一直占有重要地位，其产量在塑料中仅次于聚乙烯居第二位，其制品产量在所有塑料中一直居于首位。我国从1958年开始工业化生产PVC树脂，尤其是70年代以后，着重解决了树脂中氯乙烯单体含量过高和“黏釜”两大技术难题，对PVC树脂颗粒形态和成型加工之间的关系也进行了深入的研究，这些促使PVC工业一直处于高速发展之中。

PVC树脂具有化学稳定性好，力学性能高，电气绝缘性优良，难燃自熄，价格低廉等优点；但也存在热稳定性差，使用温度不高，硬质制品的脆性较大，不耐寒，在光和热的作用下易老化的缺点。PVC塑料是以PVC树脂为基体，加入各种塑料助剂制备而成的多组分塑料。各种组分都直接影响到它的性能，通过改变配方可制得软、硬程度不同及多种功能的塑料材料和制品，在农业、建筑、化工、电气、机械和日常生活中用途广泛。