

实用塑料材料学

欧阳国恩 编著

ShiYong
Liao
CaiLiaoXue

国防科技大学出版社

实用塑料材料学

欧阳国恩 编著

国防工业出版社

内 容 简 介

本书从塑料材料学原理出发,结合塑料制品生产中材料配方问题较系统地介绍了与塑料材料性能相关的原材料品种、性质,配比、重要生产环节及后处理等各方面内容,并以主要章节介绍了塑料材料改性方法、配方技术和配方实例。全书共十一章,分别为聚合物结构和性能、聚合物流动特性、热塑性塑料、热固性塑料、纤维增强塑料、填料、助剂、塑料配方技术、塑料共混改性、塑料表面装饰技术、塑料性能测试。

本书以教材的形式编写,概念清晰,说理由浅入深,有较好的可读性。既可供大专院校相近专业师生参考,也可供工程技术人员使用;可作为有塑料生产实践经验的工人自学和夜大的教材。

实 用 塑 料 材 料 学

欧阳国恩 编著

责任编辑 周 禾 戴东宁

*

国防科技大学出版社 出版发行

新华书店总店科技发行所经销

国防科技大学印刷厂印装

*

开本: 787×1092 1/32 印张: 10.25 字数: 239千

1991年9月第一版 1991年9月第一次印刷

印数: 1—6 000 册

ISBN 7-81024-152-4

TQ·3 定价: 3.75元

一本实用性好书——代序

欧阳国恩的近著《实用塑料材料学》确实是一本非常实用的书，它一改通常一般化的理论陈述和冗长的技术说明，而着重在实用上下功夫。塑料工业在我国已有卅几年的历史，但比起其他工业来说还是很年轻的。因为年轻就有一个基础不深技术不完备的问题。就从业的技术人员和生产工人来说也不如其他行业那样的充实与熟练；因此亟待在基础理论与专业技能上提高。为此就需要一本在理论和实践两方面内容合适的教科书。

本书作者多年来一直从事塑料与聚合物基复合材料的教学和科学研究，在塑料的开发应用中曾做出过卓有成就的工作，熟悉塑料工业的情况，根据我国塑料工业生产的实际需要早在1984年曾出版一本“塑料材料学基础”，深受广大读者欢迎，在此基础上，他重新编纂增加了聚合物结构和性能、聚合物的流动特性等基础知识和塑料配方技术，表面装饰等实用技术，使它更适合当前塑料生产的实际应用。尤其是塑料配方，由于近年来它已成为具有商品价值的技术资料，各家互相保密、互相封锁，很少进行技术交流。以致在某些从国外引进的先进技术中仍要靠由国外购买原材料，而这些材料并不是国内不能解决的。作者义无反顾，敢冒天下之大不韪，为了提高我国塑料工业的技术水平在著作中冲破了这个禁区，这种精神是值得推崇和赞赏的。

本书以教材形式编写，它不仅考虑到大专院校的学生的实

际，也顾及到成人大学和有志于自学成材深造提高的有实践经验的工人。概念清晰准确，论述深入浅出，语言通顺流畅；作为本书的第一个读者愿向广大读者推荐这本书，并希望开卷后有所补益。

王兴业

1990年4月于长沙

前 言

材料科学是当代新技术革命的三大支柱之一。材料科学在30年前并未被当作一个学科领域，它的知识分散于物理、化学等学科领域并逐渐积累起来，形成几乎涉及所有学科的一个新的科学体系。

工业材料可分为金属材料、无机非金属材料 and 有机材料三大类。有机材料又以高分子材料为主体，塑料是高分子材料的一部分。塑料材料学也是高分子材料学的一部分。

高分子材料学最初注重于大分子结构与其性能之间规律的研究，近来对树脂的改性有了广泛的兴趣并倾注了极大的研究热情。在材料科学与材料工程的交叉带逐渐形成新的材料学分支。塑料材料学以树脂分子结构和性能关系为基础，研究塑料中主要组份的树脂与其他组份之间相互作用的规律，以便在有限的树脂品种基础上为成千上万种不同用途的塑料制品提供性优价廉的各种塑料材料配方。

塑料材料学的发展，无疑将会促进树脂、助剂以及塑料加工工业的发展，促进塑料制品品种和应用领域的扩展。

拙著《实用塑料材料学》原是大学本科生的选修课教材，几番修改始成现在这个样子。虽立足于高分子材料学又注重了实用性，但由于塑料材料配方国内外很少公开，缺乏系统的配方资料，错误和疏漏之处定难俾免，敬请读者指正。

该书是我对塑料材料研究的尝试。在编写过程中，承蒙王
兴业教授、唐羽章副教授的支持与帮助，特此表示感谢。

作 者

1990年4月

目 次

1 塑料和塑料的基本性质	
1.1 塑料在国民经济中的作用	1
1.2 塑料和塑料制品	4
1.3 塑料的分子结构	9
1.4 聚合物的结晶和取向	16
1.5 分子量及分子量分布	21
1.6 高聚物的三态和玻璃化转变	23
2 塑料的受力变形与流动特性	
2.1 塑料的力学性能	30
2.2 塑料熔体变形流动特点	33
2.3 牛顿流体流动的速度和温度分布	39
2.4 测定粘度的方法	42
2.5 影响塑料熔体粘度和流动的因素	45
2.6 熔融指数仪的使用	49
3 热塑性塑料	
3.1 聚乙烯	53
3.2 聚丙烯	62
3.3 聚苯乙烯及衍生物	67
3.4 聚氯乙烯	75
3.5 聚酰胺（尼龙）	85
3.6 聚碳酸酯	89
3.7 聚甲醛	94
3.8 氟塑料	99
3.9 ABS塑料	105
3.10 其他热塑性塑料	109
4 热固性塑料	
4.1 酚醛树脂和塑料	115
4.2 氨基塑料	122
4.3 环氧树脂	126
4.4 聚胺脂塑料	144
4.5 不饱和聚脂树脂	152

4.6	有机硅树脂	158
5	纤维增强塑料——复合材料	
5.1	概 述	163
5.2	纤维增强塑料的原材料和性能	168
5.3	纤维增强塑料的成型工艺	173
6	填料	
6.1	概 述	177
6.2	填料各论	178
6.3	偶连剂应用技术	187
7	塑料加工用助剂	
7.1	增塑剂	193
7.2	稳定剂	197
7.3	阻燃剂	208
7.4	润滑剂和脱模剂	211
7.5	塑料着色剂	213
7.6	发泡剂	218
7.7	塑料交联剂	221
7.8	其他助剂	222
8	塑料材料配方技术	
8.1	聚氯乙烯塑料配方	224
8.2	塑料材料实用阻燃配方	232
8.3	提高塑料耐热性与使用温度的配方	238
8.4	塑料配方试验设计	245
9	塑料共混改性	
9.1	塑料共混改性的意义	252
9.2	塑料机械共混改性	253
9.3	共混体系的结构与改性机理	255
9.4	共混原理	259
9.5	共混设计的步骤和实验检验	265
10	塑料表面装饰	
10.1	塑料制品电镀技术	266
10.2	塑料件真空镀膜	276
10.3	塑料表面喷涂	278
10.4	塑料制品烫印技术	279
10.5	塑料丝网漏印技术	282
11	塑料性能测试	
11.1	塑料品种的简易鉴别	288
11.2	材料性能测试概述	290
11.3	塑料老化试验	300

11.4 塑料实用性能测试.....	305
主要参考文献	
附 录	
一、有关缩写代号.....	308
二、环氧树脂新旧牌号对照.....	312
三、电器用绝缘材料耐热分级.....	312
四、我国聚乙烯、聚丙烯树脂型号.....	313

1 塑料和塑料的基本性质

1.1 塑料在国民经济中的作用

自古以来，人类就使用天然高分子材料来满足自身生存的衣食住行的需要。至今，人类还在从自然界获取制备淀粉、蛋白质、纤维和橡胶的天然原料。从本世纪30年代起，人工合成高分子材料得到巨大的发展，为创造更高的人类文明开辟了更加广泛的材料来源。目前，全世界年合成高分子材料按体积计算已经超过了金属材料；估计在不久的将来，它的总产量按重量计算也将超过金属材料。联合国工业发展研究中心预测，到本世纪末，高分子合成材料总产量将超过3亿吨。现在合成高分子材料已经深入到人类生活的各个领域。据1979年的统计，平均每人每年消费的合成高分子制品，芬兰占首位，为125.6kg；美国为78kg；西德为105kg；日本为63kg；我国约为1.5kg。今天，可以毫不夸张地说，人类如果停止使用合成高分子材料，维持现代物质文明将是不可想象的。

合成高分子材料通常分为塑料、纤维和橡胶三大类。其中塑料占合成高分子材料总产量的3/4。我国合成材料生产中，塑料占的比例也最大；1989年三大合成材料总产量为400万吨，其中塑料约为320万吨，占80%强。

我国塑料工业在解放前可以说是空白，解放后才得到高速发展。1952年生产塑料2000吨，到1979年已达78万吨；近十

年以9%的年增长率发展。到1989年达到法国1979年的生产水平，预计到本世纪末总产量将超过500万吨，相当于法国1995年的产量。我国的塑料工业是在50年代末发展起来的，70年代引进了几组成套设备，使聚乙烯、聚丙烯和聚氯乙烯的生产能力，产品品种和型号显著增加。80年代新建大庆乙烯工程、齐鲁乙烯工程、扬子石化和上海金山的乙烯工程，使我国塑料工业跃上了新的台阶。塑料加工工业也相继引进了很多先进设备，塑料制品的品种，花色都得到了很大的增长和提高，每年为国民经济创造了几百亿元的产值。塑料工业已经成为我国轻工业的一大支柱。

在国民经济建设中，塑料已大量代替各种紧缺材料，如木材，皮革，毛、棉、玻璃以及许多稀有金属。塑料制品不仅为人类提供了丰富多彩的日常用品，而且广泛应用于建筑、电器、纺织、化工、汽车、船舶、飞机和国防尖端等方面，推动了各行各业的现代化。

在工业方面，塑料可制成各种机械、仪器仪表零件；化工耐腐蚀阀门、管道、塔和罐；电子工业的电线电缆，电机、电器外壳；建筑业的门窗，地板、天花板、管道及室内装饰；全塑汽车、全塑船舶，全塑飞机均已相继问世。

在农业方面，推广应用塑料薄膜保温种植；塑料也能制成各种农机零件及排、灌、喷器具。

在医疗卫生方面，塑料除用来制造医疗器具外，还用来制造人造血管、人造骨骼和关节，人造心脏及假肢、假牙等，并用于美容和整形手术。

在国防工业方面，塑料在常规武器上被制作枪托、头盔、掩体、装甲以及军训器材等。在尖端武器上被制作导弹的关键部件和原子能辐射防护材料等。

表1.1和表1.2是日本塑料工业联盟1988年公布的塑料生产情况的统计数据，由表 1.2 可见我国塑料工业与世界发达国家之间的差距。但是我国有丰富的石油化工资源，我国塑料工业的发展前景是非常令人乐观的。

表 1.1 日本塑料用于各部门的比例（1987年）

行业名称	建筑	包装	电气电子	运输	家 俱	农业
比例(%)	11.5	26.2	12.6	9.6	1.0	7.0
行业名称	玩具	日用	机械	医疗器械	纺织器材	其他
比例(%)	3.0	8.5	10.0	0.1	1.0	9.5

表 1.2 世界塑料生产量（1987年）

地区	年产量 (千吨)	年增长 (%)	占总产量 比例 (%)	主要 国家(省)	年产量 (千吨)	年增长 (%)	占总产量 比例 (%)
亚 洲	15970	9.0	18.7	美 国	25313	9.7	29.6
西 欧	26650	4.8	31.2	日 本	10032	7.0	11.7
东 欧	10510	2.1	12.3	西 德	8392	7.0	9.8
北 美	27380	10.0	32.0	苏 联	5400	1.5	6.3
中南美	3643	5.5	4.3	法 国	3863	5.3	4.5
非 洲	385	1.3	0.5	意大利	2821	2.2	3.3
澳 洲	900	5.9	1.1	英 国	1871	- 2.5	2.2
总 计	85440	6.9	100	中 国	2000	10.7	2.3
				大陆	2133	9.8	2.4

1.2 塑料和塑料制品

1.2.1 塑料和塑料材料学

塑料一词的英文“plastics”原意为可任意捏成各种形状的材料或可塑材料。这个含意显然是与金属材料比较而言的，但塑料一词在辞海中定义为“以合成的或天然的高分子化合物为主要成分，可在一定条件下塑化成形，产品最后能保持形状不变的材料。”

塑料和塑料制品这两个词通常这样理解：原材料工厂把各种化学物质合成为可熔性的粉粒状固体或浆状液体，称为树脂或塑料；塑料加工厂通过适当的配方与加工方法把塑料转化为塑料制品。表1.2中所列数据均指树脂，实际上塑料在应用中却是塑料制品。塑料制品的总产量比树脂高。组成塑料制品的基本原料是树脂、填料和助剂，它们按不同的比例配制，就会制出不同材料性能的塑料制品。研究原料配比与性能之间的关系，这就是塑料材料学。换言之，塑料材料学研究的内容是根据各种塑料具有的分子结构和性质，采用何种配方组成与比例及加工方法能制成满足使用要求的塑料制品。目前，塑料材料并不完全都像金属材料那样以棒、板等形式任人们选择，而更多的是材料与制品统一为一体。树脂既是可供选择的原料，但在未确定配方之前，又还不是具体的塑料材料；只有在做成塑料制品的过程中，塑料材料才同时产生，特定的材料才被人们所接受。或者说，对于同一种树脂，通过不同的配方可以制成性能迥然不同的塑料材料及制品。这就是材料配方的意义。学习塑料材料学的意义在于用它的知识去提高产品质量，改进花色品种，为人民创造并提供更多更美的商品，以不断提高全社会的

物质文明水平。

在很多书籍中把树脂的性能与塑料制品的材料性能混淆在一起。其实每一种树脂都有它自身的性能指标,而每种树脂经过配方形成塑料材料后又具有材料的性能指标;两者在性能方面有紧密联系,但在概念上又有区别。例如酚醛树脂的性能指标是凝胶速度、粘度与游离酚等,而酚醛树脂与填料等配合后的材料基本性能是热变形温度、强度、绝缘电阻等。在我国,树脂与塑料制品的生产是严格分开的。前者的生产属化工部管理,后者的生产属轻工业部管理。学习塑料材料学,要弄清两者的区别与联系,用数量有限的树脂品种,创造出更多性能优良的塑料材料,以适应塑料制品发展的要求。

1.2.2 塑料的命名及分类

1.2.2.1 命名法

塑料的学名是根据有机化合物的命名规则来确定的。有机化合物命名方法有两种,一是按碳架,一是按官能团。碳架碳原子数以天干(甲、乙、丙…)表示,一个碳原子为甲,二个为乙,余此类推,超过10个以数字表示。官能团命名可参照常常见基团的名称。高分子化合物名字要反映单体碳原子数和基团的名称。例如单体为 $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}_6\text{H}_5$, 称为苯乙烯,

$\text{CH}_2=\text{CH}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{//}}{\text{C}}}-\text{OH}$ 为丙烯酸, $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{Cl}$ 为氯乙烯。这些单体合成的大分子,以单体的名字加上一个“聚”字来命名,例如聚苯乙烯、聚丙烯酸等。常见的基团及名称如下:



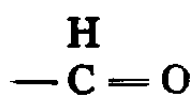
甲 基



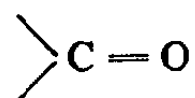
次甲基



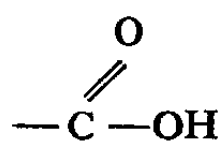
羟基



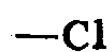
醛基



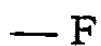
羰基或酮基



羧基或酸基



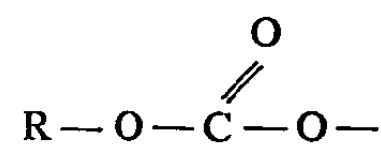
氯化…



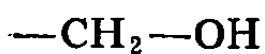
氟化…



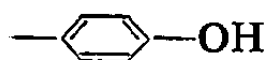
醚键



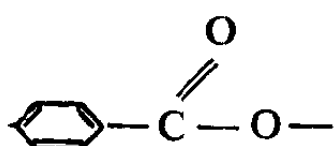
碳酸酯基



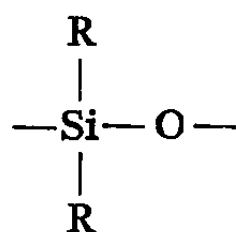
醇基



苯酚基



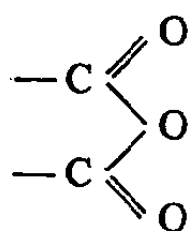
苯甲酸…



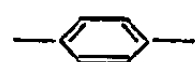
R 基硅氧烷



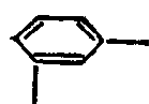
硫醚



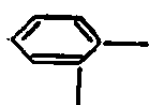
酸酐



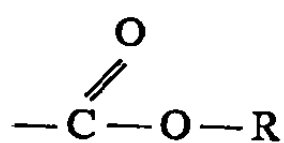
对苯…



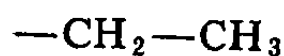
间苯...



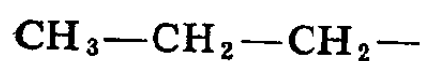
邻苯...



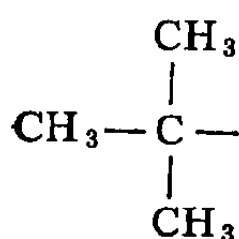
R 酯基



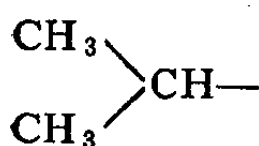
乙基



丙基



异丁基



异丙基



氨基



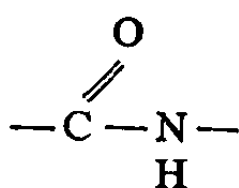
硝基



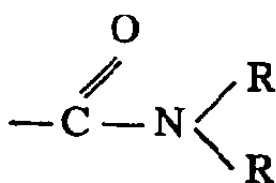
亚硝基



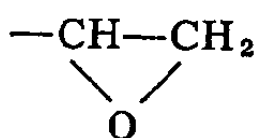
苯基



酰胺基



酰亚胺基



环氧基



腈基