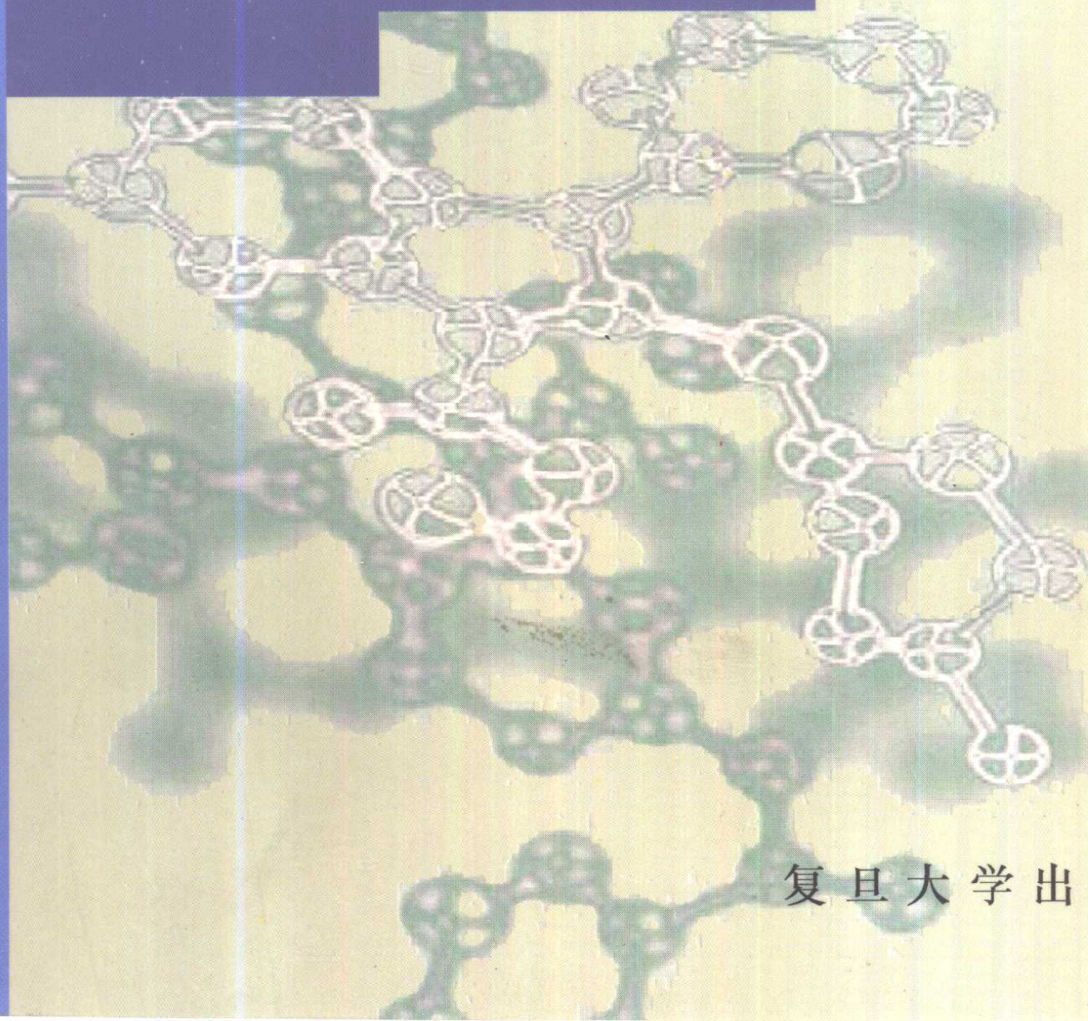


高分子世界

■ 平郑骅 汪长春 编著



复旦大学出版社

高 分 子 世 界

平郑骅 汪长春 编著

图书在版编目(CIP)数据

高分子世界/平郑骅,汪长春编著. —上海:复旦大学出版社,2001.5
ISBN 7-309-02798-1

I. 高… II. ①平…②汪… III. 高分子材料-基本知识 IV. TB324

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 08943 号

出版发行	复旦大学出版社
	上海市国权路 579 号 200433
	86-21-65102941(发行部) 86-21-65642892(编辑部)
	fupnet@fudanpress.com http://www.fudanpress.com
经销	新华书店上海发行所
印刷	复旦大学印刷厂
开本	787×960 1/16
印张	16.75
字数	357 千
版次	2001 年 5 月第一版 2001 年 5 月第一次印刷
印数	1—3 000
定价	24.00 元

如有印装质量问题,请向复旦大学出版社发行部调换。

版权所有 侵权必究

内 容 提 要

本书较系统地介绍了高分子材料的基本知识、主要用途和最新成果,反映了高分子材料在新技术革命中的作用及其对现代科技发展的影响。

全书共分十章。前五章介绍了高分子的基本概念和传统的通用高分子材料,后四章重点介绍了具有电、磁和光学等特性以及能用于信息、医学和分离等用途的新型功能高分子材料。最后一章讨论了“白色污染”的成因和解决途径。

本书结合高分子材料的应用介绍了相关的科学知识,对拓宽学生的知识面有一定益处。全书编写力求深入浅出,文字流畅。每章都附有复习思考题。

本书的主要对象是大专院校文科类学生,也适合非高分子专业理科学生阅读。还可供广大中学教师和对新材料感兴趣的干部、工程技术人员和一般读者参考。

材料是人类社会发展的基础,反映了一个国家生产和科学技术发展的水平。在人类历史上,每一种新材料的发现和使用都促进了社会生产力和生产关系的改变。因此,历史学家用材料来作为各个历史阶段划分的标志。这从一个侧面反映了材料与社会发展的关系和重要性。

今天,世界正进入一个新技术革命的浪潮之中,新型材料不仅是它的主要内容之一,也是它的物质基础。作为新材料的主力军,高分子材料,特别是合成高分子材料不但在信息革命和生命科学等新技术领域的发展中大显身手,而且已经深入到国民经济的各个部门。无论是工业、农业和交通运输,无论是科学技术和医疗保健,也无论是航天、航空和现代国防,到处都可以看到高分子材料的身影。从这一意义而言,把我们今天生活的世界称为“高分子世界”也并非言过其实。

然而,高分子材料的重要性却与人们对它的了解不成比例。虽然我们每天都在接触高分子、使用高分子,但是在我们中间却有相当多的人并不了解高分子。其中一个十分重要的原因是有关这方面的科普读物太缺乏了。因此,普及高分子科学的知识,让更多的人了解高分子,是我们编写本书的一个主要目的。

本书是以系统介绍高分子材料用途为主要内容的教材。为了使读者能对高分子材料有一个完整的认识,我们集中在第一章简要地介绍了高分子材料的基本知识,并在必要的地方简要介绍材料的使用原理。在以后各章我们较系统地介绍了主要的高分子材料和它们的应用。在介绍传统高分子材料的同时,也对它们的最新发展和应用作了较详细的介绍。对与社会和经济发展较为密切的一些功能高分子材料如导电、导磁材料,信息材料,医用材料,膜分离材料都作了专门的介绍。最后还特别用一章的篇幅讨论了“白色污染”的成因和解决的途径。

由于高分子的用途十分广泛,因此,本书的编写要涉及到方方面面的知识。考虑到本书是一本素质教育的教材,我们在介绍高分子材料应用的同时,也尽可能地把相关学科的知识介绍给大家。由于作者水平所限,这些介绍可能十分肤浅,甚至还难免会出现一些错误,但是我们觉得它们对扩大读者的知识面还是会有不少好处。所以,我们尽力把有关的内容写好。对错误的地方,希望大家批评指正。

考虑到本书的对象是具有高中化学基础知识的学生、工程技术人员和干部,本书

的编写力求内容丰富、材料新颖、深入浅出,并且在书中穿插了一些小知识和小故事,以期引起读者的兴趣。本书在每章列出一些参考书目,可供对高分子材料有兴趣的读者查阅、参考。

本书的编写得到上海市教委和复旦大学教务处的资助,谨在此表示衷心的感谢。

作 者

2000 年 11 月于复旦大学

第一章 高分子的基本概念	1
§ 1.1 高分子材料与社会发展	1
一、高分子在现代材料中的地位	1
二、高分子材料对社会经济发展的影响	2
三、高分子科学研究的内容	3
§ 1.2 高分子的基本概念	4
一、高分子的定义和有关高分子的争论	4
二、高分子的组成	5
小知识 基因性疾病——镰刀形贫血症	5
三、高分子的命名	7
四、高分子的分类和用途	8
§ 1.3 合成高分子的制备方法	10
小故事 赛璐珞的发现	10
一、缩聚反应	11
小知识 第一个人工合成的高分子材料——酚醛塑料	13
二、加聚反应	14
补充材料 高分子的聚合方法	18
§ 1.4 影响高分子性能的因素	19
一、单体的组成和结构	20
二、高聚物的相对分子质量	22
三、高分子链的形状	24
四、高分子的聚集态结构	25
小实验 塑料薄膜的拉伸	27
§ 1.5 高分子的玻璃化温度和熔融温度	27
§ 1.6 高分子的机械性质	30
§ 1.7 高分子科学的发展历史和前景	31

复习思考题	33
参考书目	33

第二章 无所不能的塑料	35
§ 2.1 塑料的定义和特点	35
一、什么是塑料	35
二、塑料的特点	35
§ 2.2 塑料的主要品种	39
一、通用塑料	40
二、工程塑料	45
三、热固性树脂	48
四、特种塑料	49
小故事 聚乙烯和聚四氟乙烯的发现	50
§ 2.3 塑料的主要用途和选用	51
一、塑料包装材料	51
二、塑料建筑材料	58
§ 2.3 塑料的加工方法	61
一、挤出成型	61
二、注射成型	62
三、压制成型	62
四、压延成型	63
五、吹塑成型	63
六、其他成型方法	63
补充材料 塑料的改性	64
复习思考题	67
参考书目	67

第三章 橡胶和纤维	69
§ 3.1 橡胶的发展历史	69
§ 3.2 橡胶的主要品种	71
一、天然橡胶和聚异戊二烯橡胶	71
二、合成橡胶	72
§ 3.3 橡胶的基本知识	76
一、橡胶弹性的由来	76
二、橡胶的选用	78
三、橡胶的加工	78

§ 3.4 合成纤维的发展历史	79
小故事 涤纶和尼龙的发明	81
§ 3.5 纤维的基本知识	82
一、纤维的定义和分类	82
二、成纤聚合物原料的基本要求	82
三、衡量纤维质量的常用指标	83
§ 3.6 纤维的主要品种	84
一、人造纤维	84
二、合成纤维	85
三、特种纤维	89
§ 3.7 纤维加工	94
一、纤维纺丝法	94
二、纤维的后加工	95
小知识 各种化学纤维织物的洗涤和熨烫	96
复习思考题	97
参考书目	97
第四章 材料的保护神——涂料	99
§ 4.1 涂料的基本知识	99
一、涂料的由来和发展	99
二、涂料的功能	100
三、涂料的组成	101
四、涂料是怎样成膜的	102
§ 4.2 涂料的主要品种	103
一、合成树脂漆	103
小知识 有机硅涂料	105
二、乳胶涂料	106
补充材料 白色平光外墙涂料的制备	109
三、涂料的发展趋势——从溶剂型涂料到绿色环保涂料	110
§ 4.3 涂料的使用常识	111
一、怎样选择涂料	111
二、乳胶涂料的使用常识	112
三、溶剂型涂料的使用常识	113
§ 4.4 功能涂料	113
一、防火涂料	113
二、防蚊蝇涂料	115

三、防霉涂料	115
四、伪装涂料	116
五、导电涂料	116
六、航空航天特种涂料	117
小知识 涂料与色彩	118
复习思考题	121
参考书目	121
第五章 合二为一的高手——胶粘剂	123
§ 5.1 胶粘剂的主要品种	123
一、胶粘剂的主要组成	123
二、天然高分子胶粘剂	124
三、无机胶粘剂	125
四、合成有机胶粘剂	125
§ 5.2 胶粘剂的用途和作用	131
一、在航天航空和国防尖端技术中的应用	132
二、在车辆制造业中的应用	132
三、在建筑行业中的应用	133
四、在电子、电器工业中的应用	133
五、在医学方面的应用	134
六、胶粘剂的经济效益和社会效益	134
§ 5.3 粘接的基本原理和工艺	135
一、粘接原理	135
二、粘接工艺	136
三、胶粘剂的使用常识	137
小知识 胶粘剂与文物保护	138
复习思考题	139
参考书目	140
第六章 高分子与现代医学的发展	141
§ 6.1 医用材料的基本要求	141
§ 6.2 人工脏器	143
一、人工心脏	143
二、人工肾(血液渗析器)	145
三、人工肺	146
§ 6.3 修复性医用高分子材料	147

一、人工角膜和接触眼镜	147
二、人工骨	148
二、齿科材料	149
四、美容材料	150
§ 6.4 高分子医疗器材	151
一、医用导管	151
二、高分子绷带材料	152
三、一次性高分子医疗用品	153
§ 6.5 高分子药物	157
一、高分子载体药物	158
二、小分子药物的高分子化	158
三、高分子药物	159
小常识 高分子药物的缓释作用	160
四、高分子药物的导向作用	162
五、代血液	162
复习思考题	163
参考书目	163
第七章 信息产业中的高分子材料	165
§ 7.1 计算机是怎样越做越小的	166
一、感光树脂和光刻胶	167
补充材料 常用的光刻胶	168
二、电子封装材料(塑封料)	168
§ 7.2 从电缆到光缆	169
一、光缆通讯的原理简介	170
二、塑料光纤	170
小常识 功能光纤	172
§ 7.3 磁带、光碟和全息存储材料	173
一、从磁带到光碟	173
二、高分子全息储存材料	174
补充材料 高分子全息存储材料的种类	176
§ 7.4 感光高分子树脂与印刷技术的革命	178
复习思考题	179
参考书目	179
第八章 功能高分子材料	181

§ 8.1 导电高分子材料	181
一、导电高分子的种类和特点	182
二、复合型导电高分子材料的制备和应用	182
三、结构型导电高分子及应用	185
§ 8.2 高分子磁性材料	187
一、高分子磁体	187
二、复合型高分子磁性体	187
三、结构型高分子磁性体	188
四、高分子磁体的应用	188
五、高分子磁性涂料	189
§ 8.3 其他功能高分子材料	191
一、智能高分子材料	191
二、隐身高分子材料	192
三、高分子催化剂	193
四、高分子复合材料	193
五、高分子液晶材料	195
小知识 高分子压电体	196
复习思考题	197
参考书目	197
 第九章 水处理和膜分离	 199
§ 9.1 水与人类	199
一、水资源的现状	199
二、废水的主要成分和指标	201
三、废水处理的主要方法	203
§ 9.2 膜分离在水处理中的应用	206
一、膜分离的特点和应用	206
二、太空水的由来	208
三、反渗透	208
四、纳滤、超滤和微滤	211
小知识 家用净水器	214
五、离子交换和电渗析技术	215
小知识 海水淡化	218
§ 9.3 气体分离	219
一、氧气富集	219
二、氮氢分离	221

小知 识 分 离 膜 的 制 备 方 法	221
复 习 思 考 题	223
参 考 书 目	224
第 十 章 高 分 子 与 可 持 续 发 展	225
§ 10.1 从 太 阳 获 取 能 量	226
一、太 阳 能 转 变 为 热 能	227
二、将 光 能 转 换 为 机 械 能 的 聚 合 物	228
三、将 光 能 转 换 成 热 能 的 聚 合 物	229
§ 10.2 天 然 高 分 子 燃 料	231
一、天 然 高 分 子 材 料 的 气 化	231
二、天 然 高 分 子 材 料 的 液 化	232
三、建 立 能 源 农 场 和 发 展 生 物 工 程	233
§ 10.3 废 弃 高 分 子 的 再 回 收	234
一、白 色 污 染 的 主 要 成 因 和 防 止	234
二、废 旧 聚 合 物 的 回 收 和 再 利 用	238
三、废 旧 聚 合 物 的 能 量 回 收	241
§ 10.4 绿 色 塑 料——可 降 解 高 分 子	241
一、降 解 塑 料 的 定 义、分 类 与 用 途	242
二、生 物 降 解 塑 料	243
三、光 降 解 高 分 子 材 料	246
复 习 思 考 题	247
参 考 书 目	247
附 录 一 常 用 聚 合 物 的 名 称 和 结 构 式	249
附 录 二 常 用 聚 合 物 鉴 定 方 法	252

第一章 高分子的基本概念

§ 1.1 高分子材料与社会发展

一、高分子在现代材料中的地位

材料是人类生存和发展的基础,也是人类文明的物质基础。从远古的石器时代到青铜器时代,然后再进入铁器时代,每一种新材料的出现和使用,都伴随着生产力和科学技术的发展,标志着人类文明的进步。因此,材料的品种和产量是衡量一个国家科技发展水平和人民生活水平的重要标志。

人类社会使用的材料主要有三类:无机材料、金属材料和高分子材料。前两类材料早就为人们所熟知,它们的使用历史可以追溯到几千年前。高分子材料同人类的关系更为密切,可以说,人类从起源以来就同高分子结下了不解之缘。因为地球上的生命体究其根本都是由高分子材料组成的,人类的衣食住行也离不开高分子。但是,由于科学认识上的局限性,人类对高分子的认同还只是 20 世纪初的事情,而合成高分子材料从问世到今天也还不到 1 个世纪。然而,在这短短的几十年中,合成高分子材料的发展速度却远远超过其他传统材料。在过去 40 年,美国塑料生产猛增了 100 倍,而在同一时期钢铁生产却几乎是负增长。如按体积计算,全世界塑料的产量在 90 年代初已超过钢铁,说明高分子材料在世界经济发展中的作用已变得越来越重要。

高分子材料的生产获得如此迅速发展的原因:一方面是由于这种材料本身具有十分优良的性能。它不像金属材料那样重,却像金属一样坚固;它不像玻璃和陶瓷那样脆,却像它们一样透明和耐腐蚀;高分子材料的加工不像金属和陶瓷那样需要几千度的高温,也不需要很多的手工劳动,因此,加工方便,自动化程度高。另一方面高分子材料的资源非常丰富,原料价格十分低廉。炼油厂从石油中提炼了汽油、柴油和润滑油等油品后无法直接利用的废气和重油,焦炭厂炼焦时产生的废气和焦油都是生产高分子最好的原料。这就使得高分子的生产和加工所需的投资和成本都比其他材料低,有十分显著的经济效益和市场竞争能力。今天,合成高分子材料已经大量地取代

了金属、木材、陶瓷、玻璃等天然材料,正在越来越多地进入我们的生活,进入国民经济的各个领域。即便是一些至今仍在大量使用金属或其他材料的生产部门,合成高分子材料的用量也在不断增加。例如,在汽车工业中,到1990年,塑料在每辆车中所占的重量已达10.3%,占车用材料体积的一半左右,使小轿车的重量减轻了1/3以上。在机械和纺织行业,由于采用了塑料轴承和塑料齿轮来代替相应的金属零件,车床和织布机运转时的噪声大大降低,改善了工人的劳动条件。有一种用塑料同玻璃纤维制成的复合材料——玻璃钢,由于它比钢铁更加坚固,被用来代替钢铁制备耐高压的气体钢瓶、船舶的螺旋桨和汽车的车架、车身等,用它制备的坦克车的防弹装甲比钢板更坚固。近年来在建材行业中,塑钢门窗的使用不仅美观,而且节省了大量的木材资源。今天合成纤维在民用纤维的用量中已占50%左右,在工业用纤维中,几乎全部取代了天然纤维。橡胶工业的发展虽然较慢,但合成橡胶的产量已大大超过天然橡胶,占了世界橡胶用量的2/3。

二、高分子材料对社会经济发展的影响

高分子材料的广泛应用促进了生产力的发展,也使传统的生产方式和生产工艺发生了巨大的变革。由于在农村中大力推广农用薄膜,作物生长对大自然的依赖性大大减小。作物的生长期延长了,产量也大幅度增加。过去在严寒的北方,居民们整个冬季几乎只能吃到一种菜——大白菜。现在有了塑料大棚,居民们一年四季都能享用大棚中种植的黄瓜、西红柿和豆角。

“三天打鱼,两天晒网”是人们对传统渔业最形象的写照。自然这不是渔民们的本意。那是因为过去他们用的是棉麻做成的渔网,每次打鱼时,渔网浸了海水重量骤增,劳动强度一下子提高了数倍。加上渔网的强度差,每次捕鱼后非得把渔网晒干、补好后才能进行下一次的出海作业。自从使用了轻巧、强度高、耐腐蚀又不吸水的尼龙绳做的塑料渔网,渔民们再也不用晒网,起网也不像以前那么吃力了。

过去,印刷业是一个技术落后、劳动强度大的行业。大量繁重的手工拣字、排版和制版劳动被形容为像“刀耕火种”这样的原始作业方式,根本不能满足当今信息社会发展的需求。感光高分子树脂的出现,使激光照排技术在印刷业普遍采用,落后的生产方式也基本上从印刷业消失。

高分子科学的发展也促进了医学的进步,提高了人们的生活质量。用高分子材料做成的人工脏器的出现使一些器官性疾病不再是不治之症:人工肾挽救了世界上千百万濒临绝境的肾衰竭病人;人工角膜的研制成功使一些失明的人重见光明。由于一次性医疗用品和一次性餐具的大量使用,避免了疾病的传播和交叉感染,保障了人们的健康。尿不湿的发明,成为婴儿和年轻父母亲们的福音;不粘锅使餐后的劳动变得轻松;用塑料制成各种各样的拼装玩具,对开发儿童的智力、培养他们的创造力有很好的作用;此外,高分子建材的大量使用,不仅提高了建筑物的质量,而且使我们

的家居更加美观漂亮,这样的例子还有很多很多。

今天,新材料同信息技术和生物技术一起组成了未来世界的三大高技术领域。它们将谱写世界新技术革命的主旋律,成为推动社会生产力发展的决定性因素。新材料的主要内容包括聚合物、复合材料、磁性材料、半导体材料、光学纤维和特种陶瓷等,高分子材料在其中占据了重要的位置。回顾近年来,信息工业和微电子工业的飞速发展无一不是以电子高分子材料的发展为依托的:没有高分辨光刻胶和塑封树脂的发展就不可能有超大规模集成电路的成功;没有有机光缆和光信息存储材料的出现也不可能有信息高速公路的发展。因此,高分子材料已经渗透到自然科学的各个学科,并在人类社会的各个领域中得到广泛的应用,为创造人类的美好未来作出贡献。

我国高分子材料工业的起点是非常低的,但发展速度异常迅速。在解放初期,我国合成树脂的总产量还不到 200t,合成橡胶和合成纤维都是空白。经过 50 多年的建设,我国的高分子工业已达到相当规模。1965 年,我国合成树脂的年产量为 1.3×10^5 t,1978 年达 9.23×10^5 t,至 1992 年,我国的树脂产量已增至 5.368×10^6 t。近 10 年的平均年增长速度达 14.2%,已跻身于世界塑料生产大国之列。

但是,我国高分子工业的发展同先进国家相比仍存在巨大的差距。以塑料为例,我国塑料的总产量虽居世界的第 13 位,但塑料人均使用量仅 2kg 左右。是美国人均消耗量的 2.4%,日本的 2.9%。此外,我国的高分子产品也存在品种少、性能差、使用水平低等问题,在一定程度上,制约了国民经济的发展。不过事物总存在两重性,从发展的眼光看,中国的高分子工业具有十分巨大的市场和应用前景。

三、高分子科学研究的内容

产业的发展总是同学科和技术的发展密切相关的。高分子科学是一门新兴的综合性科学,是以研究高分子材料基本规律为内容,促进高分子工业发展为目的的科学,是一门理论和应用密切相结合的科学。从世界高分子工业发展的历史可以发现,正是凭借着高分子科学在理论研究中的重大突破才有今天高分子工业蓬勃的发展。因此,我们要加强高分子科学研究的力度,为促进我国高分子工业发展作出贡献。

高分子科学主要包括以下三个分支:高分子化学、高分子物理和高分子工艺。高分子化学是研究聚合物的合成方法和反应规律的学科。目前特别重视传统聚合物产品合成方法的改善和新型聚合物产品的合成。高分子物理是研究聚合物结构、性质和相互关系的学科,并以此来指导高分子的合成反应和高分子的加工过程。高分子工艺是研究聚合物材料加工方法、加工过程和产品应用的学科。因此,高分子科学是一门具有很强的交叉学科特点的学科。由于历史的原因,目前从事高分子科学研究的人才几乎全部来自化学学科。这种现状是同高分子学科的特点不相符的,对高

子科学的发展是不利的。高分子科学的发展正在召唤越来越多的从事数学、物理、生物和其他相关学科的研究人员加入到高分子科学研究的行列中来。

基于高分子在人类生活和社会发展中的重要性,因此了解高分子、普及高分子、掌握高分子材料的基本特性和使用方法应该成为人们的基本常识,使高分子能在我们的工作和生活中发挥更大作用。这也是我们开设这门课的宗旨和主要目的。

§ 1.2 高分子的基本概念

一、高分子的定义和有关高分子的争论

顾名思义,高分子化合物是一类相对分子质量很高的物质,通常是指相对分子质量为 $10^4 \sim 10^6$,原子间以共价键连接起来的大分子化合物。由于这类化合物表现出与无机、金属和有机的小分子化合物完全不同的机械和化学性质,因而成为化学学科领域中的一个重要分支。

今天我们谈起高分子并不会觉得这个名词有什么特别的地方。但是在 1 个世纪以前,化学家们为自然界是否存在高分子化合物而争论得不可开交。

近代化学发展于 18 世纪初,当时提出了纯物质和简单化合物的概念。稍后,人们发现成千上万的化合物实际上是由十几种元素组成的,而有机化合物几乎无例外的是由碳、氢、氧、氮以一定的比例组成的。原子间以共价键连接在一起,形成很稳定的分子。最简单的有机分子是由碳原子和氢原子组成的,因而被称为碳氢化合物或烃类。最小的有机分子是甲烷(CH_4),分子中只包含 1 个碳原子和 4 个氢原子,相对分子质量仅 16,在常温下为气体。这种甲烷气是沼气的主要成分,通常可当作燃料使用。极大多数化合物的组成要复杂得多,到 20 世纪初发现的最大的有机化合物的分子结构中已含有 100~200 个原子,相对分子质量达几千。但是不管这些化合物的分子有多大,它们都有确切的组成和非常固定的熔点、沸点和相对分子质量。当有机化学家遇到高分子化合物时就感到十分恼火,是因为这种化合物既不能用一般的方法提纯,又没有固定的熔点,就连相对分子质量也无法用常规的办法测定。于是他们认为,这类物质不是纯粹的化合物,而是由小分子化合物通过某种分子间的相互作用力结合而成的聚集体。尽管早在 1877 年德国著名的有机化学家,有机分子结构学说的创始人之一凯库勒(Kekule)曾经提出一个假设,认为许多同生命直接联系在一起的天然有机物如蛋白质、淀粉和纤维素等很可能是由很长的链组成的,但他的假设在当时是得不到任何支持的。

这场争论前后共持续了近半个世纪,1920 年,德国化学家施陶丁格(Staudinger)在他发表的划时代文献《论聚合》中,首次使用了大分子的名词,提出了大分子的概念。他认为,大分子是由数以万计的原子组成,它们的相对分子质量可以高达几万、几十万,甚至上百万。在它们的分子中包含了许多以共价键连接在一起的,结构相同的重