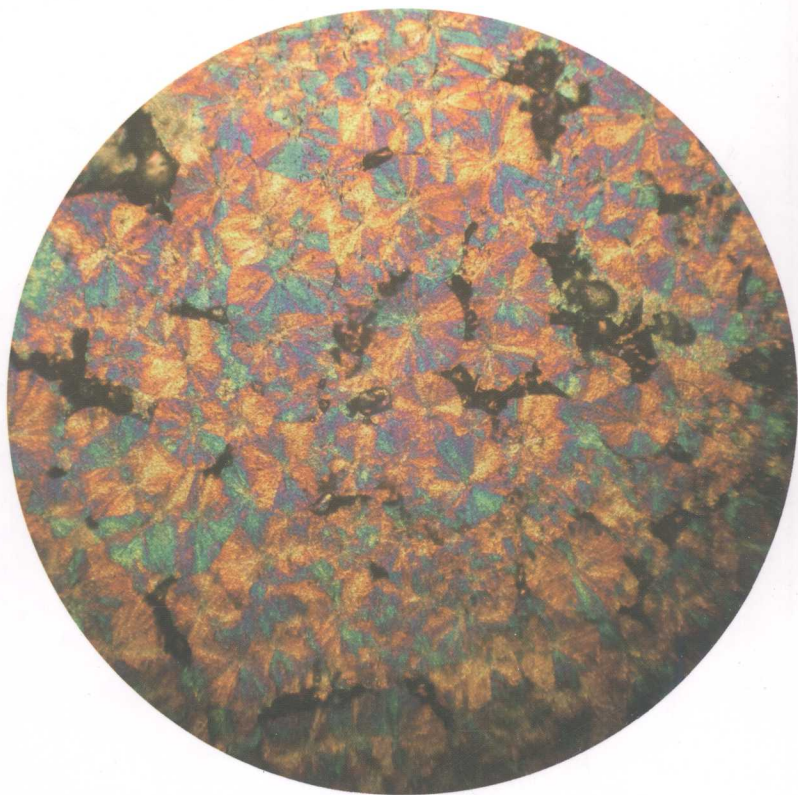




# 聚合物 成型加工原理



金 政◇编著



TQ316  
28

014011754

# 聚合物 成型加工原理



金政◇编著



北航

C1699199

 黑龙江大学出版社  
HEILONGJIANG UNIVERSITY PRESS

TQ316  
28

图书在版编目(CIP)数据

聚合物成型加工原理 / 金政编著. — 哈尔滨 : 黑龙江大学出版社, 2013.5  
ISBN 978-7-81129-597-9

I. ①聚… II. ①金… III. ①高聚物-成型加工-理论 IV. ①TQ316

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 060329 号

聚合物成型加工原理

JUHEWU CHENGXING JIAGONG YUANLI

金 政 编著

---

责任编辑 李 丽 肖嘉慧  
出版发行 黑龙江大学出版社  
地 址 哈尔滨市南岗区学府路 74 号  
印 刷 哈尔滨市石桥印务有限公司  
开 本 720 × 1000 1/16  
印 张 19  
字 数 256 千  
版 次 2013 年 5 月第 1 版  
印 次 2013 年 5 月第 1 次印刷  
书 号 ISBN 978-7-81129-597-9  
定 价 43.00 元

---

本书如有印装错误请与本社联系更换。

版权所有 侵权必究

# 前 言

聚合物产品已成为人们生活中不可缺少的部分,其应用已经涉及国民经济的各个领域。自 20 世纪以来,为了发展我国的聚合物材料产业和培养更多的专业人才,已经有相关高质量的专著和教科书出版,为我国聚合物行业的发展做出了很大贡献。

随着我国聚合物科学专业的飞速发展,各种新工艺、新设备层出不穷,这要求有不同研究方向、不同研究层次的教材,以适应聚合物成型专业的发展,以满足培养更多科技人才的需要。

目前的聚合物成型加工原理方面的教材中,既讲解了基本原理和具体应用,又能指导解决操作中可能遇到的实际问题的注重实用的较少,所以为适应培养多层次专业人才的要求,我们编写了《聚合物成型加工原理》这本书。

“聚合物成型加工原理”是聚合物专业的一门重要专业课程。根据国家普通高等教育的专业大纲要求,将其设为聚合物材料与工程专业的必修专业课。

《聚合物成型加工原理》是在连续十多届本科讲义的基础上编写的。着重对聚合物材料成型加工的成型基础原理、成型过程和成型工艺参数等内容进行了阐述,并结合相关教材的基础内容,根据本专业的教学大纲要求与实际教学要求以及学生的学习特点,以培养复合型应用人才为基础,有重点地介绍了聚合物的基本性质、聚合物的流变学基础、聚合物的配方设计、塑料成型加工原理、橡胶成型加工原理和纤维成型加工原理等相关内容。

在《聚合物成型加工原理》一书的编写过程中,参考了一些同专业的著作,在此对相应参考文献的作者表示感谢。因为编者能力有限,书中难免会存在不妥之处,恳请同行业的专家和读者批评指正。

## 前 言

金 政

2013年1月

本书是在作者多年从事塑料成型加工原理的教学和科研工作的基础上编写而成的。在编写过程中,参考了国内外许多优秀的教材和文献,力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进。本书可作为高等院校塑料成型加工专业及相关专业的教材,也可供从事塑料成型加工工作的工程技术人员参考。

本书共分五章。第一章介绍塑料成型加工的基本概念和分类;第二章介绍塑料成型加工的原理;第三章介绍塑料成型加工的设备;第四章介绍塑料成型加工的质量控制;第五章介绍塑料成型加工的安全与环保。本书在编写过程中,力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进。本书可作为高等院校塑料成型加工专业及相关专业的教材,也可供从事塑料成型加工工作的工程技术人员参考。

本书在编写过程中,参考了国内外许多优秀的教材和文献,力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进。本书可作为高等院校塑料成型加工专业及相关专业的教材,也可供从事塑料成型加工工作的工程技术人员参考。

# 目 录

第 1 章 概述 .....	1
1.1 聚合物概述 .....	1
1.2 聚合物成型加工在国民经济中的地位和作用 .....	15
1.3 聚合物成型加工简介 .....	16
1.4 本书的主要内容 .....	18
复习指导 .....	19
第 2 章 聚合物加工性质及加工过程的变化 .....	20
2.1 聚合物的可加工性 .....	20
2.2 聚合物在加工过程中的黏弹行为 .....	35
2.3 加工过程中聚合物的结晶 .....	42
2.4 加工过程中聚合物的取向 .....	52
复习指导 .....	72
第 3 章 聚合物的流变性质 .....	73
3.1 聚合物熔体的流变行为 .....	73
3.2 影响聚物流变行为的重要因素 .....	84
复习指导 .....	93
第 4 章 聚物流体在管和槽中的流动 .....	94
4.1 在圆管内聚物流体的流动 .....	94
4.2 聚物流体在狭缝中的流动 .....	104

复习指导 .....	107
<b>第 5 章 成型物料的配制</b> .....	108
5.1 物料的组成及添加剂作用 .....	108
5.2 物料的混合和分散机理 .....	125
5.3 配料工艺简介 .....	131
复习指导 .....	141
<b>第 6 章 塑料成型加工原理</b> .....	142
6.1 概念 .....	142
6.2 挤出成型 .....	142
6.3 注射成型 .....	164
6.4 塑料的二次成型 .....	171
6.5 压延成型 .....	196
复习指导 .....	226
<b>第 7 章 橡胶成型加工原理</b> .....	227
7.1 橡胶生产工艺简介 .....	227
7.2 橡胶的硫化行为与成型加工 .....	239
复习指导 .....	251
<b>第 8 章 纤维成型加工原理</b> .....	252
8.1 概述 .....	252
8.2 纺丝成型原理 .....	260
8.3 化学纤维拉伸原理 .....	269
8.4 化学纤维新型成型方法 .....	273
复习指导 .....	293
<b>参考文献</b> .....	294

# 第1章 概述

## 1.1 聚合物概述

人工合成聚合物的成功,是人类材料发展史上的一次重大突破。自古以来,人们使用的各种材料,如石器、木材、陶瓷和金属等,都是直接取自大自然的天然物质,或者是把一些天然物质进行加工后制成的。随着人类物质、文化生活需求的不断增加,人们对材料的性能要求也越来越高了。于是,各种新材料不断产生,把人类物质文明的发展又向前推进了一大步。人工合成聚合物弥补了大自然的不足,以崭新的姿态出现在各个工业部门,同时又迅速地打入民用市场与人们日常生活产生了密切的联系。

人工合成聚合物的品种很多,主要包括一般说的“三大材料”,即合成塑料、合成橡胶和合成纤维,此外还包括合成油漆、涂料、胶黏剂和功能聚合物材料。

聚合物是通过化学方法以天然气或石油裂解产物为原料,经过一系列反应得到的。从结构上看,聚合物化合物的分子是由许多相同的单体(链节)重复排列组成的,例如,乙烯的分子量是 28,而聚乙烯(PE)的分子量可达几十万,即聚乙烯是由大约几十万个乙烯链节组成的。丙烯、丁二烯、苯乙烯和甲基丙烯酸甲酯等单体都可以合成聚合物。合成纤维、橡胶和塑料都是聚合物,它们在形状和性能上有很大差异,但是,它们三者之间并没有严格的界限。同一种聚合物,由于



合成方法和工艺的不同,就可以分别制成纤维或塑料,如聚酰胺纤维(尼龙)就有这种特点。又如聚氨酯弹性体,同时具有橡胶和塑料的双重性能。

在人工合成的聚合物中,塑料诞生最早,发展最快,产量最高,和人们生活的关系也最密切。塑料的显著特点是具有可塑性和可调性。可塑性是指塑料在外力作用下发生形变并保持形变的性质,因此可采用简单的工艺在短时间内制造出各种形状复杂的塑料制品;可调性是指在生产过程中可通过改变工艺、变换配方等方法来调整塑料的各种性能,以满足不同的需要。此外,塑料还具有质量轻、绝缘性好、不怕酸碱腐蚀、绝热性好等优点,可根据需要制成透明、不透明及不同颜色的产品。

1838年,人们就在实验室里合成了聚氯乙烯(PVC),1907年,合成了酚醛塑料。20世纪40年代以后,塑料生产进入蓬勃发展的阶段。据统计,1930年全世界塑料的年产量为100 000 t,1950年达1 600 000 t,1960年达7 400 000 t,1970年达30 000 000 t,2008年达245 000 000 t。

现在的塑料有30~40类,300多个品种。按其热性能可分为热塑性塑料和热固性塑料两大类。前者的特点是遇热会软化或熔化,产生热塑料,冷却后又会变硬;而热固性塑料是在一定条件下起化学反应后形成的固化塑料,再不能软化或熔化。从使用的角度可把塑料分为通用塑料和工程塑料两大类。从20世纪70年代中期开始,又逐渐从工程塑料中分出高性能工程塑料。这三大类品种的划分至今仍没有定论,各国在划分上也略有差异,但大体上可以采用如下分类:通用塑料——聚乙烯、聚丙烯(PP)、聚氯乙烯、聚苯乙烯(PS)、酚醛塑料和氨基塑料等;工程塑料——聚酰胺(PA)、聚甲醛(POM)、ABS、聚碳酸酯(PC)、聚酯、改性聚苯醚等;高性能工程塑料——聚芳醚、聚芳砜(PASF)、聚芳酯、聚芳杂环类、聚芳酰胺、聚对二甲苯、含氟材料等。除此之外,还有特种透明塑料和新近发展起来的功能聚合物等。

通用塑料的产量较大,占塑料总产量的80%以上。它们共同的特点是价格低、用途广,可制成生活用品、一般零件和包装材料,以代替纸和木材,并部分代替金属。聚乙烯能制造容器、管材和家具;聚丙烯可用于制造汽车、电视机零件和食品包装袋;聚氯乙烯可以制成各种硬质、软质的泡沫塑料和农用薄膜等。

工程塑料是指机械性能好,可以代替金属制造机械零件,并且能在一些特殊环境,如高温、低温、腐蚀、大载荷条件下长期工作的一类塑料。工程塑料的出现是20世纪60年代塑料应用方面的重大突破,它既可用作电工器材,又可应用于机械工业,作为钢铁和有色金属的代用品。广泛使用工程塑料的工业部门包括:机械制造、电子、化工、汽车、飞机制造、原子能和建筑等。例如,1 t 聚氯乙烯塑料可代替5 t 铅或7.5 t 不锈钢,或6.5 t 黄铜;尼龙塑料可以制成有良好润滑性的轴瓦,比铜瓦耐磨;聚甲醛材料具有很高的刚性和硬度,耐疲劳性也很好,已用来制造电机、无线电、机械、汽车、原子能、航空航天等方面的某些零件。近年来,塑料在车身板和发动机周围的零部件上的使用量在不断增大,占车身质量的10%~15%。仅以欧洲为例,与20年前相比,目前西欧的各汽车制造商用于制造汽车的塑料耗量增加了1 000 000 t。根据欧洲塑料制造联合会(APME)的统计,1997年欧洲有17 000 000 t的塑料用于汽车生产,1998年塑料的使用量更多,从1999年开始,平均每辆车的塑料用量从原先的70 kg增加到100 kg,净增30 kg。根据APME的统计,目前现代汽车上100 kg的塑料件取代了原先需要200~300 kg的传统汽车材料(如钢铁等),其减重效果达到100%~200%。APME估计,按这种标准计算,由于大量使用塑料部件,每辆车每行驶150 000 km,将减少燃油消耗750 L,按此计算,每年西欧由于车重的减少而节约的燃油就有12 000 000 t,CO<sub>2</sub>排放量下降3 000 t。

目前,工程塑料的使用温度在300℃以下,抗拉强度低于200 MPa,作为结构材料还不能与钢铁等金属相抗衡。国外将约60%的工程塑料用于建筑和包装,约20%用于汽车和化工。国内在机械产品中

将其用于制作轴套、密封件、导管、导轨、罩壳、油箱以及受力小的仪表构件等。

高性能工程塑料又称特种工程塑料,它同军事工业和尖端技术的发展密切相关。因此,虽在世界塑料总产量中比例很小,仅占1%左右,但它的作用是别的任何材料都无法比拟的,具有不容忽视的地位。特种工程塑料大多是在20世纪60年代进入工业化生产的,其工艺还不够成熟,产量不高。例如,聚芳醚的价格低于聚碳酸酯和尼龙,而综合性能优于ABS等工程塑料,在20世纪80年代上升为主要的品种。在提高耐热性方面,现有一系列的特种工程塑料可以满足要求,如聚砒的长期使用温度为 $150^{\circ}\text{C}$ ,短时为 $180^{\circ}\text{C}$ ,能够用于电绝缘而代替云母,增加电机的容量并缩小体积;聚芳砒在 $-240\sim 280^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内有良好的强度和电性能,可制成连接器、开关部件和印刷电路板;聚苯砒长期使用温度为 $180^{\circ}\text{C}$ ,是砒族系统中耐热性最好的聚合物。

芳杂环的特点是耐热、耐辐射和具有突出的高温综合机械性能,目前进入商业化生产的有聚酰亚胺、聚海因、聚乙二酰脲等,耐热性最高达 $350^{\circ}\text{C}$ ,而正在研究中的聚苯并咪唑、聚喹噁啉、聚噁二唑等,耐热性可望达到 $500^{\circ}\text{C}$ ,目前仅限于宇航方面的应用。

20世纪60年代的特种工程塑料研究倾向于追求高性能,特别是耐热等级;70年代以来,各企业都转向注重加工性和降低价格,向追求综合性能和通用用途发展;80年代的主要研究工作是通过化学-物理方法,对现有品种进行改性。在未来的节能型小汽车和旅客飞机上,塑料和树脂基复合材料的用量将大大超过金属材料。

随着新技术革命和医学科学的发展,需要塑料具有光、电、磁的特性和人体的某些生理功能。在医学上,多年来人们一直想用人工器官来代替病人的器官,这种愿望直到合成聚合物广泛应用的今天才得以实现。据专家们估计,将来人体至少有一半以上的组织器官可用合成聚合物来代替。

天然橡胶不仅在数量上,而且在性能上均不能够满足人们的需要,只有大力发展人工合成橡胶才是出路。人们将石油中的多种碳氢

化合物分离出来,利用化学方法聚合得到合成橡胶。人工合成橡胶具有一定的优越性,不仅可以制造出许多结构和性能相当于天然橡胶的普通橡胶,而且还能合成许多优于天然橡胶的特种橡胶。

合成橡胶已有近一个世纪的历史。在20世纪20年代,人们首先合成了丁二烯橡胶,它具有很高的弹性和耐寒性,到了30年代,合成橡胶工业蓬勃发展。目前,合成橡胶的数量和性能都大大超过了天然橡胶。采用合成橡胶的经济效益也非常显著,例如,每生产1 000 t天然橡胶需要3 000 000株橡胶树,为此要占用500多名劳动力和数千亩土地,而且也非一年可得。而生产同等数量合成橡胶的小工厂,每年只要数十名熟练的工人和一定数量的石油。在通用合成橡胶中,最常用的有丁苯、丁基、氯丁、丁腈橡胶等,它们都可以代替天然橡胶制成日常的橡胶制品,如轮胎、救生艇、密封件、电缆、软管和油箱等。丁苯橡胶在合成橡胶中产量最高,主要用于制造汽车和飞机轮胎等;氯丁橡胶的弹性和加工性好,可制造密封件和减震零件;丁腈橡胶具有耐热、耐油和耐老化的特点,可制作耐油胶管和油箱。

特种合成橡胶在国防尖端工业中起着重要作用,它们产量不大但品种繁多,包括丁丙橡胶、异戊橡胶、聚硫橡胶、硅橡胶、氟橡胶、聚氨酯橡胶、氯磺化聚乙烯橡胶、丙烯酸橡胶、氯醇橡胶等。乙丙橡胶是乙烯和丙烯单体共聚制得的橡胶,由于它的分子链基本上是饱和的,所以能耐氧和臭氧的老化、透气性小,耐化学介质和耐液压油性好,使用温度范围为 $-60 \sim 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,最高可达 $170\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,可用于制造汽车散热管及发动机零件。在航空上常用作液压系统的密封件和软管、火箭燃料和氧化剂的密封件和容器。聚硫橡胶是含硫原子的合成橡胶的总称,具有优良的耐油、耐老化及透气性小的特性。用于飞机座舱、整体油箱、电气设备的密封,它还可以做成密封腻子,用于建筑物的防水。

氟橡胶由于分子链中有一部分被氟原子取代,形成与碳原子更紧密的结合,因而使其具有耐高温、耐各种油类及腐蚀介质的能力。例如氟-26橡胶的使用温度范围为 $-40 \sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,氟-246橡胶可在 $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的高温环境中使用,氟醚橡胶可在 $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 油中和液氧、液氢中使

用。氟橡胶在飞机上用作耐热、耐油密封零件,在火箭上用作密封件和容器,由于它具有突出的耐热性,在原子能和化工上也有广泛的用途。硅橡胶由于其主链中具有硅-氧链而获得高的耐热性,是一种使用温度范围最广的橡胶,为 $-100\sim 300\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,加以具有优越的耐大气老化性和电绝缘性,广泛用于航空、造船、化工和建筑领域,作为密封、减震和电绝缘件。在飞机上,透明硅橡胶用作飞机座舱的多层有机玻璃的中间夹层。正在发展的硅硼橡胶和硅氮橡胶,其耐热性可达 $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。硅橡胶在人体中具有很好的生物相容性,是制造人工器官比较理想的材料,已用于人体内的有人造血管、人造瓣膜和人造心脏等;在体外应用的有人工心肺机、人工肾脏、输血导管等。

近年来,国内外兴起的美容整形手术广泛采用有机硅胶填料,使塌鼻和扁平的乳房隆起,赋予有缺陷的女性必要的曲线美,手术安全而简便。胶黏剂和涂料也是有机聚合物化合物的重要应用领域,在许多新型机械、电工和电子产品中都离不开它们。各种胶黏剂不仅可用于木材、皮革、纺织品、塑料、玻璃、陶瓷自身和相互间的胶接,还适用于金属自身和与上述材料的胶接,甚至在医学上划破的伤口、人工骨与天然骨之间也采用了胶接。结构用胶黏剂主要有改性环氧、改性酚醛及聚酰亚胺。它们的特点是强度、韧性和耐久性良好。20世纪50年代起,在飞机上开始大面积使用胶接蜂窝夹层结构的舵面、安定面、机翼、机身壁板和直升机旋翼等。在推广先进连接工艺方面,胶铆、胶焊、胶接或螺接等复合连接方式大量代替了铆接和焊接,大大提高了疲劳强度和耐久性,减轻了结构重量。这些先进的连接工艺已推广至汽车、自行车、火车车厢和船舶制造业。

合成纤维是以煤、石油、天然气、水、空气、食盐、石灰石等为原料,经化学处理制成的人工纤维。20世纪70年代合成纤维的年产量已占世界纤维总产量的一半。合成纤维的主要品种有:锦纶(聚酰胺纤维)、腈纶(聚丙烯腈纤维)、涤纶(聚酯纤维)、维纶(聚乙烯醇缩甲醛纤维)、丙纶(聚丙烯纤维)和氯纶(聚氯乙烯纤维)等六种,其中前三种产量最大,占整个合成纤维产量的90%。它们都具有强度高、耐磨、

比重小、弹性大、防蛀、防霉等优点。除做衣服以外,在工业和其他方面也很有用处。它们共同的缺点是吸湿性和耐热性较差,染色比较困难。锦纶是最早出现的合成纤维,尼龙-66和尼龙-6先后于1939年和1943年开始工业化生产,特点是比重小、强度高,具有突出的耐磨性,大多用于制造丝袜、衬衣、渔网、缆绳、降落伞、宇航服、轮胎帘布等。聚丙烯腈的短纤维类似羊毛,又称人造羊毛,比重低于羊毛,强度是羊毛的三倍,手感柔软蓬松,耐洗耐晒,可以纯纺或同羊毛混纺或制作衣料、毛毯和工业毛毯。腈纶毛线是市场上最畅销的产品之一。近年来,复合材料需用的碳纤维数量日增,常常采用腈纶纤维作为原丝。涤纶俗称“的确良”,它兼有锦纶和腈纶的特点,强度高、耐磨,混纺后的棉涤纶和毛涤纶成为最常用的衣着用料。在工业上,涤纶还可制作轮胎帘布、固定带及运输带等。涤纶纤维出世较晚,但在20世纪70年代其产量已超过锦纶而居合成纤维首位。

以上各种合成纤维产量大,用途广泛,和人们日常生活关系密切,已为大家所熟悉,被称为通用合成纤维。在制造服装方面,合成纤维除了可制成各种织物和针织品外,还可充当棉絮,具有重量轻、弹性好、不板结、不变形的特点,制成的被褥、坐垫、睡袋、沙发和防寒服等可以整洗,并且不怕霉菌和虫蛀,因此在20世纪80年代合成纤维棉絮的用量已和天然棉絮平分秋色了。合成纤维棉絮的进一步发展是人造羽绒。取自禽类身上的天然羽毛,由羽片、绒羽和纤羽三部分组成。人们采用黏合法和静电植毛法完全可以仿造出羽毛上的羽轴、羽枝和小羽枝,人造羽绒呈立体结构,富有弹性,蓬松保暖。由超细纤维或发泡纤维制成的絮片,增加了静止空气的储量,减少了热量的对流和传导,只需原羽绒服的一半厚度就足以保暖了。在宇航服的启发下,一些合成纤维絮片还采用了表面金属蒸发沉积镀膜的方法,形成防湿保暖效果极好的辐射屏蔽层。

在尖端工业中起作用的是特种合成纤维,它们的产量不大,品种却不下数十种,它们具有的特殊的物理、机械性能,是天然纤维和通用合成纤维无法达到的。与“塑料王”氟塑料源出一家的氟纶(聚四氟

乙烯,PTFE),在各种酸碱介质中耐腐蚀性最好,还可耐 250 ℃左右的高温,并保持良好的电绝缘性,在原子能、航空和化学工业中发挥了巨大作用。

号称“合成钢丝”的芳纶(芳香族聚酰胺)在 20 世纪 60 年代就打入了航空和航天领域,是目前有机合成纤维中强度最大、产量最高的纤维。比强度(同样质量材料得到的强度)是钢丝的 5 倍,用手指粗的芳纶绳就可以吊起两辆大卡车。有的品种可以在 260 ℃高温下连续使用上百小时。在飞机上,芳纶被制成降落伞、机轮帘布、电绝缘和过滤结构,或作为增强纤维用于复合材料框架、桁条和舱门等;在航天飞机上,芳纶毡毯用于再返回大气层时的热防护;宇航员穿的宇航服中有氟纶防火保暖层和芳纶防辐射及防流星层。美国 1980 年在航空和航天领域中使用了 450 000 kg 的芳纶纤维。

芳纶坚韧耐磨,刚柔兼备,现在又发展成最有希望的防弹材料。过去的防弹材料主要是防弹铝板和钢板,比较笨重,使用起来不灵活。现在用芳纶编织的防弹背心质量轻、结构紧凑、层数多、防护力强,适合于警察和公安人员日常穿用。士兵在战场上感到威胁最大的是弹片和散弹,穿上一种内衬陶瓷板的芳纶避弹衣,就可以保证肺、胸、脊椎等重要部位的安全。芳纶编织层能吸收弹丸 60% 的能量,陶瓷板能使弹丸偏离或碰掉弹丸。由 80% 芳纶纤维和 20% 树脂制成的“钢”盔,在与真正钢盔质量大致相等的情况下,安全性提高了两倍以上。据统计,芳纶防弹衣和“钢”盔可使伤亡人数至少降低三分之一。

芳纶陶瓷装甲还普遍应用于坦克、装甲车和直升机的装甲上,可作为主防护装甲和辅助防护装甲。这些装甲有的单独使用芳纶层压板,有的与铝板复合使用,大大轻于传统的装甲钢板。这种新型复合装甲还可用于民航机上,作为防爆的防护板。此外,芳纶增强塑料还可制造鱼雷发射管、雷达天线罩等。

在康复医学中,使用各种人造合成纤维的数量越来越大。氟纶、涤纶和碳纤维是最常用的,如氟纶人造血、尼龙中空纤维人工肾、碳纤维人工心脏瓣膜等,都具有良好的生物相容性。人工肺的主要部分是

数万根空心丙纶纤维管,每根长 30 cm,直径 250  $\mu\text{m}$ ,这样小的孔,连血液也不能渗透进去,但却可以让氧气和二氧化碳进行交换,保障人的正常呼吸。可见,合成纤维和人们的关系是越来越密切了。合成纤维的发展,只有 40 ~ 50 年的历史。1940 年,世界棉花产量为 6 900 000 t,合成纤维只有 5 000 t。到 1963 年,合成纤维产量急剧增加到 1 300 000 t,20 多年增加了 259 倍。现在,人类的衣服原料已进入了合成纤维时代。

某些特殊用途的胶黏剂,如厌氧胶黏剂,在空气和氧气中不固化,一旦隔绝空气和氧气后即固化。它们被用于紧固防松、密封防漏和装配固定。压敏胶黏剂具有类似医用橡皮膏的特性,在室温下长期保持黏性,使用时只要对胶带轻微加压,即能黏附于物体表面,不用时又可撕去而不留痕迹。它们被用于电缆接头的包扎、零件临时定位和防止表面磨损,如直升机旋翼前缘贴上压敏胶带可以防止沙蚀。导电胶黏剂用于波导管及导电元件的胶接,无损于电气性能。

有机聚合物涂料在国防尖端工业中也获得了广泛的应用。例如,在飞机机头雷达罩、机翼前缘和直升机旋翼上,涂有合成橡胶和氟弹性体组成的抗侵蚀涂层;在宇宙飞船和航天飞机的座舱内,涂有芳香族聚合物或有机硅——硅酸盐组成的抗辐射涂层;在人造卫星、宇宙飞船和高速飞机上,都必须有硅酸钾二氧化锆或有机硅氧化锌温控涂层。此外,还有防雨涂料、防雷击涂料、雷达吸波涂料等,都是为了满足特定目的而设计的。在民用方面,防水、防锈、防霉、发光涂料和油漆使用的例子就更多了。

### 1.1.1 聚合物在现代文明社会中的地位和作用

现代文明的四大支柱为能源工程、信息工程、生物工程、材料工程。其中材料工程的材料分为金属材料、无机非金属材料、聚合物。聚合物包括天然聚合物和合成聚合物。天然聚合物分为蛋白质、纤维素、天然纤维。合成聚合物分为塑料、合成橡胶、合成纤维、涂料、胶



黏剂。

由此可见,聚合物直接影响到人类生活和科学技术的状况。

在聚合物领域内,有几个关键词比较含混:大分子、高分子、聚合物和聚合物制品。大分子指的是天然的或人工合成的具有较高相对分子质量的物质;高分子是指天然的或人工合成的但相对分子质量超过 10 000 的一种化合物物质;聚合物是指将聚合物化合物经过工程技术处理后形成的物质;聚合物经过成型加工,才能进入实用领域,成为聚合物制品。

研究聚合物化学、聚合物物理及聚合物工程的学科叫作聚合物学科。

聚合物化学是研究聚合物化合物的合成、化学反应、物理化学、物理、加工成型、应用等方面的一门新兴的综合性学科。聚合物的历史不过 80 年,聚合物化学真正成为一门学科还不足 60 年,但它的发展非常迅速。狭义的聚合物化学,则是指聚合物合成和聚合物化学反应。人类实际上从一开始即与聚合物有着密切关系,自然界的动植物包括人体本身,就是以聚合物为主要成分而构成的,这些聚合物早已被用作原料来制造生产工具和生活资料。人类的主要食物如淀粉、蛋白质等,也都是聚合物。只是到了工业上大量合成聚合物并得到重要应用以后,才有了聚合物化学这个名称。

聚合物物理是研究聚合物物理性质的科学。其研究的主要方向包括聚合物形态、聚合物机械性能、聚合物溶液、聚合物结晶等热力学和统计力学方向,以及聚合物扩散等动力学方向。

聚合物工程里面,又分为成型加工、成型机械、成型模具。过去把成型加工看成是一种技能,多数工作研究新产品的制造和其工艺条件,对成型加工原理和方法的研究较少。近年来,人们发现一个聚合物制品的最终性能,例如分子取向和结晶度,是由成型方法和工艺条件最后确定的,所以对成型工艺和成型加工原理开始重视起来。