



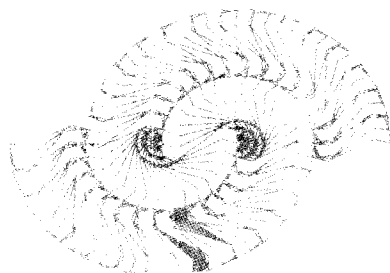


闻建勋 / 著

# 诺贝尔奖百年鉴

■ 材 料 物 理 与 化 学 ■

## 奇妙的软物质



A1023206

上海科技教育出版社

# 诺贝尔奖百年鉴

---

## 材料物理与化学 奇妙的软物质

闻建勋 著

丛书策划 卞毓麟 匡志强

责任编辑 匡志强

装帧设计 桑吉芳

出版 上海科技教育出版社

上海冠生园路 393 号

邮政编码 200235

发行 上海科技教育出版社

经销 各地新华书店

印刷 常熟市华顺印刷有限公司

开本 787×960 1/32

印张 4.5

字数 80 000

版次 2001 年 12 月第 1 版

印次 2001 年 12 月第 1 次印刷

印数 1-5 000

书号 ISBN 7-5428-2777-4/N·455

定价 8.00 元

## 策 划 语

从 1901 年开始颁发的诺贝尔奖,可以说是 20 世纪物理学、化学和生命科学发展的缩影。它记录了百年来这三大学科的几乎所有重大成就,对世界科学事业的发展起了很大的促进作用,被公认为科学界的最高荣誉。人们崇敬诺贝尔奖,赞叹诺贝尔奖得主们的科学贡献,并已出版了许多相关书籍。

那么,我们为什么还要策划出版这套《诺贝尔奖百年鉴》丛书呢?

这是因为,有许多热爱科学的读者,很希望有这样一套书,它以具体的科学内容为基础,使社会公众也能对科学家们的成就有一定的感性认识;它以学科发展的传承性为主线,让读者领略科学进步的永无止境;它还是简明扼要、通俗易懂的,令读者能轻松阅读,愉快受益。

基于这种考虑,本丛书将百年来三大学科的全部诺贝尔奖按具体获奖内容分为 26 个领域,每个领域写成一卷 8 万字左右的小书,以该领域的进展为脉络,以相关的诺贝尔奖获奖项目为重点,读者将不但能了解这些诺贝尔奖成果的科学内容,更能知道这个领域的发展历

程。丛书的分卷不局限于一级学科的分类,以体现现代科学之间的交融。此外,丛书还另设了3卷综述,便于读者对这三大学科的全貌有一个宏观认识。丛书29卷内容如下:

|            |         |
|------------|---------|
| 20世纪物理学革命  | 现代有机化学  |
| 20世纪化学纵览   | 无机物与胶体  |
| 20世纪生命科学进展 | 材料物理与化学 |
| X射线与显微术    | 现代分析技术  |
| 核物理与放射化学   | 生物分子结构  |
| 量子物理学      | 量子与理论化学 |
| 基本粒子探测     | 蛋白质核酸与酶 |
| 场论与粒子物理    | 遗传与基因   |
| 粒子磁矩与固体磁性  | 细胞生物学   |
| 超导超流与相变    | 生理现象及机制 |
| 测量技术与精密计量  | 内分泌与免疫  |
| 天体物理学      | 临床医学与药物 |
| 物理学与技术     | 传染病与病毒  |
| 热力学与反应动力学  | 神经与脑科学  |
| 物质代谢与光合作用  |         |

在丛书策划基本成形后,我们曾到上海、北京、南京等地的许多著名高校及中国科学院、中国医学科学院等科研院所征求专家们的意见,得到了他们的大力支持。许多学者不顾事务繁忙,慨然为丛书撰稿。我们谨向他们表达由衷的感谢和深深的敬意。

2000年12月10日

## 作者简介

闻建勋,男,1939年生,1964年毕业于中国科技大学高分子化学与物理系。1968年中国科学院上海有机化学研究所研究生毕业。1985年获日本京都大学理学博士学位。中国科学院上海有机化学研究所研究员、博士生导师,华东理工大学兼职教授,《功能材料》、《材料研究学报》、《功能高分子》、《液晶与显示》等杂志编委。

# 目录

---

## 1

### 何谓软物质/1

材料科学与人类社会生活/1

“软物质”与“超分子”/3

高分子与液晶/7

学科交叉的硕果/10

## 2

### 高分子化学的黎明/13

高分子科学的奠基人/13

先驱者的孤立/16

一场关于高分子的论争/21

艰难的历程/26

没有失败者/34

探索者、教师与使徒/38

## 3

### 高分子工业的革命/43

高分子的合成/43

齐格勒的科学生涯/45

齐格勒催化剂的发明过程/47

---

聚丙烯聚合法的发现/49  
聚丙烯发明的优先权之争/56  
纳塔的风格/60

## **4** 高分子基础理论的奠定/63

卡罗瑟斯与弗洛里/63  
排除体积理论和  $\theta$  温度/68  
弗洛里的日常生活/71

## **5** 德让纳与软物质/75

当代的牛顿/75  
软物质/78  
用类比来理解液晶/80  
从临界现象认识高分子/85  
在物理与化学之间架设桥梁/87

## **6** 从星际分子到富勒烯/89

富勒烯的发现者/89  
 $C_{60}$ 的发现/92  
富勒烯家族/96  
失之交臂者的遗憾/101  
新的竞争/105  
诺贝尔奖应该授予谁/109

## **7** 导电高分子的诞生/113

来自失误的偶然发现/113  
能导电的聚乙炔/117

---

黑格与孤子概念/122

前景无限/124

白川英树与福井谦一/126

诺贝尔奖引出的话题/129

**本卷大事记/133**

# 何谓软物质

## 材料科学与人类社会生活

材料是人类社会生活的物质基础,与能源、信息并列为现代科学技术的三大支柱。材料的发展从一个方面反映了生产力的发展,甚至整个人类社会文明的发展。历史学家往往根据当时有代表性的材料,将人类社会划分为旧石器时代、新石器时代、青铜器时代、铁器时代等。材料对社会发展的重要意义,由此可见一斑。

材料的种类可谓五花八门。目前传统材料有几十万种,而且每天还有大量新材料不断出现。所有这些材料,我们都可以按照其成分和特性进行分类,通常可分为金属材料、陶瓷材料、高分子材料和复合材料等。

18 世纪蒸汽机的发明,促进了产业革命的爆发。而大工业的发展,迫切要求以钢铁为中心的金属材料大规模发展,由此导致了黑色金属和有色金





属工业的建立。

进入现代社会以后,材料的发展日新月异。高分子材料的出现,使塑料和橡胶走进了每一个人的日常生活。高分子塑料已应用于现代生活的各个领域,从制造厨房用品到飞机汽车的许多部件,以及磁带、光盘、塑料光纤等。而半导体材料的突破,更是计算机及整个信息技术蓬勃发展的基础。同时,材料技术也对工业、日常生活、医学等领域产生了深刻影响。比方说,催化转化器可以降低汽车排污;合成材料能用于鼓风式喷射器以及现代网球拍;医学上核磁共振在层析成象中的应用,也是与材料科学的发展分不开的。可以说,在 21 世纪里,材料科学的进步将极大地改变人类社会的面貌,丰富我们的生活。

近年来,随着大量具有全新特性的新合成材料不断出现,材料科学的发展也进入了一个新的阶段。现在,人们又把材料分成传统材料和新型材料。传统材料是指生产工艺已经成熟、已经进行工业化生产的材料,钢铁、塑料等等都属于传统材料。新型材料则是一些正在发展的具有特殊功能的材料,如高温超导材料、工程陶瓷、功能高分子材料、纳米材料等。

与传统材料不同,新型材料是根据社会需要,在人们已经掌握了物质结构及其变化规律之后,通过研究、设计、合成等方法发明出来的。同时,它也往往是多学科(物理学、化学、冶金等)综合研究的结

晶。这些新型材料的发展,往往都基于基础研究的重大突破。例如,富勒烯的发现,就直接导致了纳米材料的蓬勃发展;而导电高分子材料的出现,也完全是建立在黑格(Alan J. Heeger)、麦克迪尔米德(Alan G. MacDiarmid)和白川英树等科学家多年悉心研究的基础之上的。我们将在以后对这些新型材料进行更详细的介绍。

## “软物质”与“超分子”

材料科学的不断发展,使物理学和化学的相应领域出现了革命性的进步,诞生了许多新思想、新概念、新理论。“软物质”与“超分子”的概念,就是其中极为重要的两个。

1991年诺贝尔物理学奖获得者德让纳(Pierre-Gilles de Gennes)在诺贝尔讲演中,开门见山地提出:“何为我们所指的软物质?美国人宁可称为‘复杂流体’……在本世纪上半叶原子物理学的剧变中,一个自然的结果就是软物质,其基础是高分子、表面活性剂、液晶,还有胶体粒子。”这一概念的提出推动了这门横跨物理学、化学及生物学三大学科的交叉领域的发展,并使凝聚态物理学向新世纪转型。

凝聚态物理学是研究固体与液体的基础科学,此外它还研究介于固、液之间的居间态(液晶、玻璃、凝胶),稠密气体和等离子体,以及超流体。所有这些状态构成了所谓的物质的凝聚态。这门学





科的重要性在于:第一,它为力学、热力学、电子学、光学、冶金学及固态化学等经典科学提供了量子力学基础;第二,它为高技术发展作出了巨大贡献,已成为许多重大技术革新的源泉,并对非核军事技术产生持久影响。在物理学的所有分支中,凝聚态物理带来的技术发展对现代人类社会生活产生了最深刻的影响。

凝聚态物理的研究对象在它的整个发展历史中一直处于变化之中,其趋势是包括越来越复杂的现象。第二次世界大战后那些最早的成就中,就包括对高技术材料(例如半导体、磁性材料、超导体)的基本理解。它的理论已达到这样的水平,至少对具有近乎完美结构的元素系统的各种体性质(内聚力,电子性质动力学行为,热、光、磁及输送现象等),均已研究得相当清楚了。20世纪90年代后,凝聚态物理的研究重点已转移到新奇或具有特别性质的材料上,转移到非完美系统上,转移到同技术或生物学重要材料和结构有关的问题上,转移到无序系统上,等等。

凝聚态物理基础研究的动力是求知欲,因为人们既想了解凝聚态物质的结构单元(电子、核子、原子、分子)是如何紧密地大量结合在一起而形成肉眼可见的世界(世界的很多部分是看不见的),又想知道这些系统所具有的性质。凝聚态物理理论为理解系统的基本性质提供坚实的基础。

20世纪80年代起,凝聚态物理成了非常活跃的

领域,与传统的固体物理学不同,高分子及液晶等也成了重要的研究对象。美国著名的《物理学评论》杂志新开辟了一个E分册,专门刊登研究液晶、高分子聚合物、胶体等被称为复杂流体的物质的文章,每月出版两期,篇幅仅次于B分册(凝聚态物理)。《欧洲物理学期刊》在传统固体凝聚态之外又开辟了一个新栏目,叫软凝聚态物质(soft condensed matter),其涉及的学科依次为液晶、高分子、双亲分子、生物膜、胶体、浸润与附着以及颗粒介质。然而发明软物质一词取代复杂流体的人正是德让纳。作为物质科学的不同分支,高分子、液晶及胶体有着各自不同的理论、研究方法、应用领域及发展历史,但是均以其复杂性及柔性被纳入软物质的框架。

化学家也用自己传统的方法开展了软凝聚态的研究,他们不失时机地提出了超分子化学。1987年,法国化学家莱恩(Jean-Marie Pierre Lehn)与美国化学家佩德森(Charles J. Pederson)、克拉姆(Donald J. Cram)一道获得诺贝尔化学奖,以表彰莱恩在合成结构复杂的大多环“穴状化合物”上的卓越贡献以及他在1978年以来所创立的“超分子化学”新概念和新领域上的新成就。莱恩的诺贝尔演讲题目是“超分子化学的范畴与展望——分子、超分子和分子器件”。超分子化学可以定义为“超出分子范围的化学”,关系到通过分子间力使两种或多种化学物种缔合在一起而形成的高度复杂的组织化整体。现在,超分子化学的框架已逐渐建立,而化学家也正在分





子识别、催化和输送以及扩展到分子表面和多分子组合体方面进行很活跃的工作,正在积累超分子水平上有关分子行为的大量知识。显然,在设计和实现其他许多有待于想象的系统和过程时,还有许多基础化学内容有待研究。对所得结果来说,同样可从研制分子器件的组分的观点来加以分析,这种分子器件能完成高选择性识别、转换、传递、调节和通信的功能,并进行信号和信息处理。这种功能与专家系统特性有相似性,因而使人工智能与分子行为过程联系起来。在分子、超分子科学和工程上的这些发展,为化学与物理学、生物学的前沿指出了—个激动人心的前景。

超分子领域是一个十分年轻的领域,它既包含了冠醚与穴状配体的进展,也包括了基于分子自组织(例如膜与胶束)、有机半导体与高分子导体的研究。现在,超分子化学家们正在着力于分子的设计、合成及超分子聚集结构与功能发现之间的关系。该学科正在形成自己的完整框架,弗格特勒(F. Vogtle)在《超分子化学》—书中列举了以下内容:主客体化学、生物无机与生物有机化学、笼形包合化合物、光子响应主客体体系、有机开关、液晶、表面活性剂、胶束、囊泡—界面活性化合物的预组织、有机半导体、高分子导体、有机超导体、分子器件等。这一领域的发展离不开母体化学,离不开合成化学,而学科交叉是它的显著特点。

## 高分子与液晶

高分子化合物与人类的生活密切相关。自然界的动植物(包括人体本身),就是以高分子为主要成分构成的。食物中的淀粉、蛋白质,衣服的原料棉、毛、丝、麻,以及木材、天然橡胶等,都属于高分子。这些高分子(天然高分子)也早已被用作原料以制造生产工具和生活资料。

中国是世界上最早利用蚕丝这种天然高分子的国家,而且在相当长的时间内是惟一的国家。在新石器时代的晚期,我们的先人就已开始用蚕丝织作。出土文物证明,这至少已有五千年左右的历史。古老的丝绸之路,从汉代开通,到隋唐时代达到鼎盛。它促进了我国与中亚、南亚、伊朗、阿拉伯以及欧洲的文化交流,一方面将我国当时处于世界领先地位的科技成就传播到其他国家,对世界文明作出了重大贡献;另一方面又从交往的国家中吸取其先进的科技成就,充实了我国的文明宝库。

不仅人类的衣食住行一开始就离不开天然高分子,而且生命本身与高分子的存在有同样古老的历史。人体内的蛋白质、核酸,都是高分子。所以,要了解人体,必须先了解高分子是什么。

顾名思义,高分子内部含有非常多的原子,因而分子量很大。但是,高分子内部的原子究竟是如何连接在一起的呢?这个问题一直在困扰着科学家





们。直到 20 世纪 20 年代初,德国化学家赫尔曼·施陶丁格(Hermann Staudinger)提出了“以共价键连接的链式巨大分子”的概念,并经过近 10 年艰苦工作及论战才得到学术界承认。随之,高分子的分子量测定、物理性质及化学合成方法的研究得到迅速发展。在 30 年代,随着高分子科学的建立,欧美各国的高分子工业发展很快,高压法聚乙烯、聚异丁烯、氯丁橡胶及尼龙的生产都已工业化了。到了 40 年代前半期,各国都出于军事目的开始生产丁苯橡胶、丁基橡胶、尼龙黏接层、有机硅树脂及聚四氟乙烯等许多高分子材料。进入 50 年代之后,具有划时代意义的齐格勒催化剂的发明,使人们可以用低压法合成聚乙烯。50 年代后半期到 60 年代以聚丙烯、顺式异戊二烯为代表的各种有规立构高分子的工业化,拉开了石油工业黄金时代的序幕,高分子时代到来了。从 20 世纪 70 年代到 80 年代,塑料工业有了较大成长,以体积计算的产量与粗钢差不多,这说明塑料作为产业主干材料的地位已经确立。塑料已经应用到现代社会的各个领域,例如汽车、飞机、航天器、铁路车辆、船舶、原子能设备、海洋设备、化学装置、电脑、信息通信、办公设备、家用电器、电缆、机械部件、医疗用品、食品包装、日用品、杂货、住宅材料及玩具等,不胜枚举。80 年代后半期使用茂金属催化剂的高分子工业化生产,目的在于通过高分子的高性能化及高功能化,可以自由控制有规立构、分子量分布及共聚物组成。可以肯定,一个高分子工业的新时