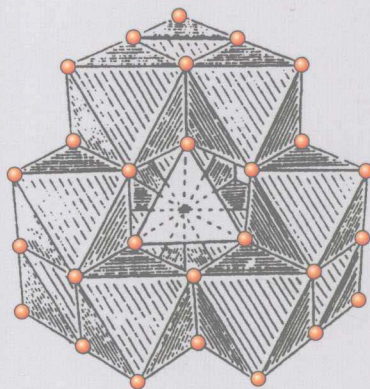
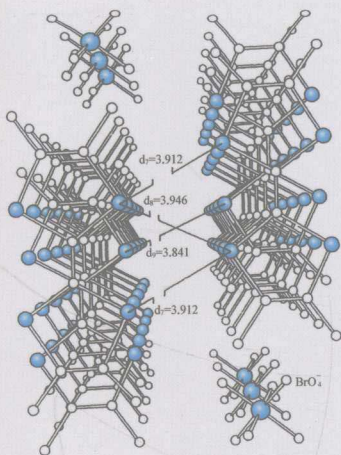


材料科学与工程前沿文库

“十二五”国家重点图书出版规划项目

先进材料化学

Chemistry of Advanced Materials



主编 (美) Leonard V · Interrante
(美) Mark J · Hampden-Smith

翻译 郭兴伍 赵斌元 胡晓斌 冯传良
窦红静 仵亚婷 邓意达 刘庆雷

主审 郭兴伍



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

材料科学与工程前沿文库
“十二五”国家重点图书出版规划项目

先进材料化学

(美) Leonard V. Interrante 主编
Mark J. Hampden-Smith

郭兴伍 赵斌元 胡晓斌 冯传良 翻译
窦红静 仵亚婷 邓意达 刘庆雷

郭兴伍 主审

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书以生动的图表和翔实的数据阐述了材料化学研究的一些前沿领域,包含电子传输盐基导体、功能电活性高分子聚合物、聚合物在电子工业中的应用、化学气相沉积、有机材料的非线性光学性能、纳米颗粒材料和纳米多孔材料、层状过渡族金属氧化物和硫族化合物,以及生物材料等。

本书为目前国内较为稀缺的“材料化学”类书籍,内容丰富而又深邃,适用于化学或材料科学与工程学科研究生“材料化学”课程的教材或补充读物,或深层次的本科生教学读物。

图书在版编目(CIP)数据

先进材料化学/(美)因特兰特(Interrante, L.),
(美)汉普登-史密斯(Hampden-Smith, M.)主编;郭兴
伍等译.—上海:上海交通大学出版社,2013
ISBN 978-7-313-08944-1

I. ①先… II. ①因… ②汉… ③郭… III. ①材料科
学-应用化学 IV. ①TB3

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第193497号

First published by Wiley-VCH in the USA and Canada in 1998.
Copyright © 1998 by Wiley-VCH, Inc.
Chinese (simplified characters) rights © 2011 by SJTUP
上海市版权局著作权合同登记:图字:09-2011-522号

先进材料化学

(美) Leonard V. Interrante 主编
Mark J. Hampden-Smith
郭兴伍 等译

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路951号 邮政编码200030)

电话:64071208 出版人:韩建民

上海华业装潢印刷有限公司印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:28.75 字数:603千字

2013年1月第1版 2013年1月第1次印刷

ISBN 978-7-313-08944-1/TB 定价:58.00元

版权所有 侵权必究

告读者:如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系
联系电话:021-63812710

序

“材料科学与工程”专业在半个世纪前创立以后,鉴于不少材料的合成、加工和(或)应用与化学原理、化学反应和(或)应用密切相关,建立了“材料化学”课程。化学家们大致认为“材料化学”是以化学研究材料的“化学支学科”,而材料学家们更认为这是以化学和化学工艺为主要基础的“材料支学科”。但是,除高分子材料外,《材料化学》的书籍很少,中文的更属稀缺。

1998年,以美国 Rensselaer 多科性工学院化学系(Troy, New York)的 Leonard V. Interrante 和 New Mexico 大学化学系的 Mark J. Hampden-Smith 为主编,联合有关 25 位专家由 Wiley-VCH 出版了 *Chemistry of Advanced Materials — An Overview* 一书。其中,第 1 章为主编所写材料化学的术语及概念,其余 10 章分别阐述:电子传输盐基导体,超导体和磁体,高分子材料,聚合物在电子工业中的应用,化学气相沉积,有机材料的非线性光学性质,纳米颗粒和纳米结构材料,纳米多孔材料,合成无机固体材料的分子前驱体路线,层状过渡金属氧化物及硫族化合物和生物材料。本书内容深邃,主编认为适用于化学或材料科学与工程学科研究生“材料化学”课程的教材或补充读物、或深层次的本科生教学读物。

上海交通大学材料科学与工程学院《材料化学》教学团队责任教授郭兴伍联合团队成员 7 位老师为了提高我国“材料化学”课程的教学质量,有利于有关材料化学科研的进展,特不辞辛劳,将此书翻译成中文版《先进材料化学》,堪称善举。特为此奋笔撰写数语,以志对编、译诸君和出版单位的赞誉和敬佩,并聊以为序。

徐祖耀
2012. 5 月

前言

本书的目的是把“材料化学”的概念更广泛地介绍给化学界和材料科学界,也可作为材料化学研究生和高年级本科生课程的教材和补充读物。在第1章的绪论中,我们试图给材料化学一个定义,并且勾画出现在称为“化学”和“材料科学与工程(MS & E)”的漫长发展历史的轮廓^[1]。如果以更广泛的观点把材料化学看做“与材料制备、加工和分析有关的化学”,很明显,“材料化学”一直是化学的一个有机组成部分,而且从事化学工作的人员中,很大一部分都可以被看作“材料化学家”^[2]。尽管这一标签一直没有被用于构成材料化学学科的广泛活动中,许多对“聚合物科学”、“表面科学”、“固体化学”等领域感兴趣的个人也可以被看作“材料化学家”。尽管方向、方法和焦点大不相同,材料化学的所有这些不同领域都有一个共同的目的,即讨论一种“材料”的产生、研究和应用。大部分“材料”的定义都把物质与功能和效应联系起来^[3]。与化学药品(其效用主要在于它们的消耗)不同,材料通常都是有用的,因为它们能被反复地或者连续地用于某一用途而不会不可逆地转变为其他东西。从这个意义讲,材料及其使用存在于人类活动的每一个方面。不管是考虑社会生活和社会功能的实际方面,还是更多的生活的美学方面,没有材料的生活是很难想象的。

化学和化学工艺在材料的发展和使用时一直起着主要的作用。然而,这些工艺已如此地完美,以至于完全变成了技术或者其他学科,如冶金学,许多化学家不再把它们看作化学的一个学科分支。然而,从事化学和化学工程的学者正越来越多地专注于材料的开发、改善以及应用的研究和开发活动。材料的应用(通常是产生于对材料化学的理解)对我们的生活,包括我们的经济安全,有着非常重要的影响。例如,当代的能源贮藏设备(电池)、显示设备、电子器件、信息交换设备、传感器以及医疗技术都受益于对相关材料化学的了解。我们希望本书能提醒化学家和化学工程师们自身与材料科学与工程的内在线索,以及告诉他们本领域在应用化学和化学概念方面的最新进展。我们也希望本书将更广泛地向材料科学与工程界传达本领域激动人心的研究方向以及材料化学继续为新材料

技术提供的机会。

第 2~11 章阐述了目前世界范围的化学家、化学工程师以及材料科学家正在进行的一些材料化学研究的领域,说明了材料化学研究的宽度和范围:总的发展是从分子材料到广泛的无机固体;然而,大部分章节的焦点主要是制备材料的方法或者材料的最终应用。我们以材料化学和生物技术之间的联系作为最后一章。每一章都是由该领域的专家所撰写,他们提供了其所在学科的一般概述以适合于具有基本化学背景的非专家阅读。然而,本书绝对没有完全覆盖材料化学的全部范围,我们觉得本书仅说明了该学科作为一个研究领域和作为 21 世纪的一种新技术源泉的重要性,并为本领域研究人员提供了一种有价值的资源。

Leonard V. Interrante
Mark J. Hampden-Smith

参考文献

- [1] L. V. Interrante, "Materials Chemistry-A New Subdiscipline?"[M]. MRS Bulletin, January 1992, p. 4.
- [2] National Materials Policy, Proceedings of a Joint Meeting of the National Academy of Sciences-National Academy of Engineering[M], Natl. Acad. of Sciences Press, Washington, DC, 1975, p. 125.
- [3] "The Random House Dictionary of the English Language, The Unabridged Edition." [M] J. Stein and L. Urdang, Eds., Random House, NY, 1969, p. 884. ["materials; the articles or apparatus needed to make or do something"]; "Materials and Man's Needs," Supplementary Report of the Committee on the Survey of Materials Science and Engineering, National Academy of Sciences, Volume. 1, "The History, Scope and Nature of Materials Science and Engineering," Washington, DC, 1975.

译者前言

“材料化学”是一门新的化学分支学科,大约在 1990 年之前,很少将“材料”和“化学”两个词联系在一起,而且只有少数科学家将他们的研究工作首先描述成“材料化学”。2009 年之后,“材料化学”已成为理论和应用化学的一个主要增长部分,根据对期刊引用、提交的论文以及完全或部分致力于该学科的期刊的统计,“材料化学”在化学领域的所有出版物中占有很重要的一部分。正如作者在第一章化学的作用里所提到的一样,1988~1990 期间出现了三本专门致力于“材料化学”研究的期刊:① *Advanced Materials*; ② *Chemistry of Materials*; ③ *Journal of Materials Chemistry*。这标志着“材料化学”开始受到了高度的关注,其重要性也得到了充分的体现,说明化学在开发新材料和材料加工方面具有非常重要的作用,化学家在解决基础材料科学问题方面的作用正在变得越来越重要。负责编写本书 *Chemistry of Advanced Materials — An Overview* 的两位作者是 Leonard V. Interrante 和 Mark J. Hampden-Smith,其中,Leonard V. Interrante 是美国伦斯勒理工学院(Rensselaer Polytechnic Institute)的化学教授,他同时也是美国化学学会(American Chemical Society, ACS)的 *Chemistry of Materials* 期刊的编辑;Mark J. Hampden-Smith 是美国新墨西哥大学(the University of New Mexico)的化学教授。本书主要阐述先进“材料化学”的基本原理和“材料化学”这一新的化学分支学科中的一些相关技术问题,内容包括:

- 电子传输盐基导体、超导体和磁体;
- 先前高分子材料:功能电活性高分子聚合物;
- 聚合物在电子工业中的应用;
- 化学气相沉积;
- 有机材料的非线性光学性能介绍;
- 纳米颗粒和纳米材料;
- 纳米多孔材料;

- 合成无机固体材料的分子前驱体路线；
- 层状过渡金属氧化物和硫族化物；
- 生物材料。

本书将“材料化学”范围中的一些重要信息汇集到一起,与国内已有的“材料化学”中文书籍相比,给人们提供了一个有别于“材料科学基础”或者“材料科学导论”的深入认识“材料化学”的新视角。对理解组成某种材料的原子、离子或者分子的排列组合与其宏观结构和性能之间的关系以及从原子和分子水平的观点来思考和解决相关的材料科学问题都大有裨益。本书还可以培养“材料化学”分析和解决问题的思维方法,改变化学家看材料科学以及材料科学家看化学的传统观念。

上海交通大学材料科学与工程学院自2005年起开设本科生“材料化学”课程以来,课程教研组全体教师深感缺乏适合于上海交通大学材料科学与工程学院本科生的“材料化学”中文教材和教学参考书。由 Leonard V. Interrante 和 Mark J. Hampden-Smith 两位知名教授负责编写的本书对“材料化学”的过去、现在和未来,“材料化学”的基本原理、方法和相关技术问题所阐述的深度与广度是国内目前已有的一些“材料化学”书籍所难以相比的,因此,教研组全体教师一致认为有必要将该书翻译成中文。该书不仅可以作为学生教学用参考书,而且对从事“材料化学”研究的相关人员也是一本难得的参考书。希望本书能够在推动我国“材料化学”领域的发展方面起到积极的作用。

本书在翻译过程中得到了上海交通大学材料科学与工程学院林栋梁教授、陈世朴教授、丁文江教授、戎咏华教授、钱苗根教授、王浩伟教授、金学军教授等多位教授以及上海交通大学材料科学与工程学院教学委员会以及学院领导的大力支持和关怀。特别是徐祖耀院士在百忙中为本书写序,对我们是极大的鼓励和鞭策。上海交通大学出版社的编辑人员在本书的文字编辑和图表绘制方面花费了大量的心血,我们对他们认真的工作态度和一丝不苟的工作精神深表敬意和感谢。本书的第1,5,7章由郭兴伍翻译,第2章由赵斌元翻译,第3,11章由窦红静翻译,第4章由冯传良翻译,第6章由胡晓斌翻译,第8章由刘庆雷翻译,第9章由仵亚婷翻译,第10章由邓意达翻译。全书由郭兴伍统一审定。由于译者的学识水平有限,译文中难免存在不妥或错误,敬请有关专家批评指正。

译者

2012年8月于上海交大

目录

| | |
|---|----|
| 第 1 章 术语和概念简介 | 1 |
| Mark J. Hampden-Smith and Leonard V. Interrante | |
| 1.1 材料化学：绪论 / 1 | |
| 1.2 材料化学：过去 / 1 | |
| 1.3 材料化学：现在 / 3 | |
| 1.4 材料化学：未来 / 10 | |
| 参考文献 / 12 | |
| 参考书籍 / 13 | |
| 第 2 章 电子传输盐基导体、超导体和磁体 | 14 |
| Patrick Cassoux and Joel S. Miller | |
| 2.1 引言 / 14 | |
| 2.2 定义和单位 / 16 | |
| 2.3 历史背景 / 18 | |
| 2.4 一维导体 / 20 | |
| 2.5 准一维和准二维超导体 / 23 | |
| 2.6 富勒烯化合物 / 30 | |
| 2.7 相关的研究领域 / 31 | |
| 2.8 电子传输盐基铁磁体 / 36 | |
| 2.9 结论 / 44 | |
| 参考文献 / 46 | |

| | |
|--|-----|
| 第 3 章 先进高分子材料：功能电活性高分子 | 60 |
| Bashir M. Sheikh-Ali and Gary E. Wnek | |
| 3.1 引言 / | 60 |
| 3.2 共轭高分子结构简介 / | 60 |
| 3.3 共轭高分子的合成、加工及掺杂 / | 61 |
| 3.4 离子导电聚合物 / | 65 |
| 3.5 共轭聚合物的应用 / | 67 |
| 3.6 电子和离子导电聚合物在储能方面的应用 / | 72 |
| 3.7 其他的电活性聚合物体系 / | 74 |
| 参考文献 / | 75 |
| | |
| 第 4 章 聚合物在电子工业中的应用 | 81 |
| E. Reichmanis and T. X. Neenan | |
| 4.1 引言 / | 81 |
| 4.2 光刻技术材料 / | 81 |
| 4.3 光刻胶要求 / | 82 |
| 4.4 溶液显影的光刻胶化学 / | 84 |
| 4.5 干法显影胶化学 / | 94 |
| 4.6 聚合物作为封装材料和密封剂 / | 97 |
| 参考文献 / | 104 |
| | |
| 第 5 章 化学气相沉积 | 115 |
| Mark J. Hampden-Smith Toivo T. Kodas and Audunn Ludviksson | |
| 5.1 引言 / | 115 |
| 5.2 CVD 工艺基础 / | 120 |
| 5.3 气相沉积方法(与 CVD 相关和无关的工艺)综述 / | 141 |
| 5.4 研究实例 / | 147 |
| 5.5 总结、结论和将来的方向 / | 158 |
| 参考文献 / | 159 |
| | |
| 第 6 章 有机材料非线性光学性能介绍 | 169 |
| Fabienne Meyers, Seth R. Marder and Joseph W. Perry | |
| 6.1 引言 / | 169 |

| | | |
|--------------|---|-----|
| 6.2 | 基本概念 / 169 | |
| 6.3 | 量子化学描述 / 177 | |
| 6.4 | 分子结构与 NLO 性质的关系 / 181 | |
| 6.5 | 材料设计 / 194 | |
| 6.6 | 结论 / 207 | |
| | 参考文献 / 208 | |
| 第 7 章 | 纳米颗粒和纳米结构材料 | 216 |
| | Kenneth J. Klabunde and Cathy Mohs | |
| 7.1 | 一个介于化学和固体物理之中的世界 / 216 | |
| 7.2 | 制备方法 / 221 | |
| 7.3 | 物理性能 / 232 | |
| 7.4 | 表面化学性能 / 240 | |
| 7.5 | 纳米颗粒的可能应用 / 249 | |
| | 参考文献 / 251 | |
| 第 8 章 | 纳米多孔材料 | 261 |
| | Peter T. Tanev, Jean-Rémi Butruille and Thomas J. Pinnavaia | |
| 8.1 | 引言 / 261 | |
| 8.2 | 沸石分子筛 / 261 | |
| 8.3 | 多孔层状固体 / 281 | |
| 8.4 | 总结和结论 / 296 | |
| | 参考文献 / 297 | |
| 第 9 章 | 合成无机固体材料的分子前驱体路线 | 305 |
| | Jacques Livage, C. Sanchez and Babonneau | |
| 9.1 | 引言 / 305 | |
| 9.2 | 金属醇盐的溶胶-凝胶化学 / 305 | |
| 9.3 | 有机-无机杂化材料 / 320 | |
| 9.4 | 制备非氧化物陶瓷的聚合物路线 / 333 | |
| 9.5 | 结论 / 343 | |
| | 参考文献 / 344 | |
| | 参考书目 / 347 | |

| | |
|--|-----|
| 第 10 章 层状过渡族金属氧化物及硫族化合物 | 351 |
| Paul A. Salvador and Thomas O. Mason Michael E. Hagerman and Kenneth R. Poeppelmeier | |
| 10.1 引言 / 351 | |
| 10.2 材料化学家的方法 / 354 | |
| 10.3 先进材料中的层结构 / 365 | |
| 10.4 总结与展望 / 376 | |
| 参考文献 / 379 | |
| | |
| 第 11 章 生物材料 | 388 |
| Carole C. Perry | |
| 11.1 引言 / 388 | |
| 11.2 人体内的关键组织 / 392 | |
| 11.3 生物矿化: 生物复合材料的可控形成 / 396 | |
| 11.4 骨骼和其他矿化组织 / 402 | |
| 11.5 结构材料 / 407 | |
| 11.6 其他应用 / 425 | |
| 11.7 生物相容性测试 / 426 | |
| 11.8 研究基金: 前进道路 / 427 | |
| 参考文献 / 428 | |
| | |
| 索引 术语及缩略词 | 433 |

第 1 章 术语和概念简介

Mark J. Hampden-Smith and Leonard V. Interrante

1.1 材料化学：绪论

石器时代、青铜时代、铁器时代的文明都是依据人类与材料的关系来定义的。人类在衣、食、住、行方面所使用的材料不仅使人类与其他动物区别开来，而且保证了我们人类的生存和优势。材料已经如此彻底地融入社会以至于它们常常被忽视或者没有得到正确的评价。当我们打开电灯开关时，我们正在有效地使用几百种不同的材料，这一事实对于一个不经意的观察者来说是微不足道的。从制造灯泡的玻璃、金属以及聚合物到通过开关和仪表连接灯泡的电线，再到产生电的发电厂，都与我们平常低估了其价值的各种材料密不可分。

很明显，材料对文化、社会经济、人口以及地理发展都有着深刻的影响。“材料”被定义为“在机械、结构、设备和产品中具有有用性能的物质”，该定义使材料与功能以及通过功能而获得的应用清楚地联系起来^[1]。“化学”被定义为“研究物质的成分、结构和性能以及从一种物质转变为另一种物质的科学。”^[2]材料科学注重宏观性能表现，而化学着眼于原子-分子水平的相互作用，两者的有机结合可以从分子水平到宏观尺度为理解和控制结构与功能的根本联系提供机会。这种理解可以改善成分、结构和合成方法并能开发出具有优越性能和功用的先进功能材料。

1.2 材料化学：过去^[3,4]

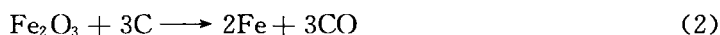
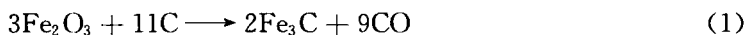
在历史上，最早的文明时代是根据当时所使用的关键材料来划分的：石器时代、青铜时代和铁器时代。后来的工业时代是以为商业目的而大规模生产的材料为特征的。尽管也有一些材料因其美学应用而具有价值（例如，金、银作装饰品，财富的象征，或者作贸易媒介），但是，在大多数情况下，材料的使用是最重要的。

在发现金属能通过一定的（化学）工艺从岩石获得以前，所有金属都相对较为稀少。即使从矿石中提取铜和青铜的技术被开发出来时，由于其矿石不能广泛获得，也极大地限

制了这些金属的广泛使用。直到能将铁从其广泛分布且丰富的矿石中提取的技术出现后,金属才成为许多实际应用选择的材料。很明显,金属是文明发展早期最有影响的材料,而且,化学与其生产密切相关。

化学在生产金属方面的作用可以用铁作为例子。与金和铜不同,铁在自然界不能以单质的形式存在,而必须通过化学的方法从铁矿石(氧化铁)中分离出来。

当铁矿石 Fe_2O_3 (赤铁矿),与焦炭一起被加热时,发生下列反应:



Fe_3C (渗碳体,一种硬而脆的材料)和铁(相对较软且具有延展性)形成一种被称为(碳)钢的复合材料。当碳在钢中的浓度太高时,将在该复合材料中形成高浓度的渗碳体而使其太脆,不利于应用。反复弯折、加热和锤打可去除部分碳和硅渣,并使铁表面氧化成黑色氧化亚铁 FeO 。碳化铁和氧化亚铁反应生成金属铁:



铁与剩下的碳化铁使钢具有有用的性能。当然,对于早期的人类不仅不知道这些特殊的反应,而且也远不能理解这些反应所基于的基本概念。与所有早期的材料一样,钢的发展完全通过经验过程来实现。当对基础化学的认识提高后,当认识了热和物理过程对微观结构的影响结果后,就出现了钢铁生产的不同精炼工艺,生产出了高性能、从而具有更高价值的碳钢和合金钢。

事实表明,通过更好地理解所涉及的化学问题能成功地提高某种重要的材料技术。在 19 世纪晚期和 20 世纪初期,当对这些技术所包含的基础科学的认识增加时,许多材料技术就获得了发展。还可以列举其他的例子来说明化学认识和分析方法的进步,导致材料技术的巨大提高。例如,染料工业,合成染料的开发使得大部分人能容易地得到彩色布料。再例如,纤维和塑料工业都是建立在聚合物合成的进步之上(参见 1.3 节)。因此,很清楚,化学始终与材料技术的开发密切相关,而且,对化学的根本认识对于优化(或者成功进行)材料的生产常常是必需的。

尽管化学与材料有密切的联系,但是当化学在 19 世纪后期和 20 世纪初期成为一门独立的科学分支后,其在大学里的研究逐渐与材料合成和加工技术相脱离。20 世纪 30 年代到 50 年代,诸如地球化学(地质学)、金属化学(冶金学)和陶瓷化学这样的应用学科被分离出来,形成新的学科。在许多大学里,材料研究被看作一种更适合于工程师,或者至少是应用科学家的行为,而不是一种化学家的行为。20 世纪中叶,美国只有少数几所大学为学化学的学生教授材料科学基础。然而,在工业中,化学继续为新材料的开发和材料加工发挥重要的作用,对一个化学过程的进一步了解将有助于前进的步伐。化学在生产新材料方面发挥关键作用的一个突出的例子是合成聚合物的开发,它始于 20 世纪初叶。

在历史上,天然有机聚合物,如木材和其他植物纤维,是人类最早使用的材料之一。尽管为了提供功效好、成本低的材料(即颗粒板和夹板,particle board and plywood),木材已经越来越多地与有机合成聚合物结合在一起,但是,木材用作结构材料一直持续到现在。也许,比将木材用作结构件更重要的是将其转变为纸,这一关键技术是中国人的贡献,是在公元前750~800年由阿拉伯人传到西方的。直到现在,纸作为记录和传输信息的媒介中心的作用才以CD、磁记录介质和集成电路的方式逐渐让位给塑料、陶瓷和半导体。

在天然聚合物材料中,引起科学家兴趣的首先是蚕丝和蜘蛛网。1665年,Robert Hooke注意到蚕丝和蜘蛛网的有趣性能,其中的某些性能在合成聚合物中得到了复制。化学对有用的合成聚合物材料发展的第一次重要冲击发生于1839年,当时Charles Goodyear发现把天然橡胶与硫一起加热可提高其弹性性能并消除其黏性。当该发现进入商业产品发展过程中时,另一种从天然材料通过化学转化获得的产品,即硝酸纤维素,被发现并最终成为火棉和玻璃纸膜的基础。这些聚合物材料可以看作半合成材料,因为它们是从天然聚合物获得的。第一种纯人工合成聚合物的商业开发始于20世纪初期,当时Leo Baekeland生产出了酚醛塑料,它是一种通过苯酚和甲醛反应而获得的热固性聚合物。然而,合成聚合物生产真正的进步是在对高分子结构、化学键的科学了解有了进一步的发展之后,而且合成反应是在20世纪20年代Hermann Staudinger的研究工作以及持续到50年代Herman Mark, Kurt Meyer, Wallace Carothers以及Paul Flory^[5]的研究工作基础上开始的。合成材料生产的变革持续到现在,而且以下列商业产品的采用为标志,如尼龙(聚酰胺纤维)、人造纤维、特氟龙和聚碳酸酯,还有许多其他的产品名称已成为现代技术和社会词汇的一部分。现在,有机聚合物以各种形式已成为我们日常生活的一部分,在所有材料中,有机聚合物显示出最大的性能范围,从平底锅的不黏涂层到记录介质。

无机新材料的开发经历了与有机材料类似的道路,首先直接使用天然材料(如岩石、矿物和金属),之后,通过实验学会用化学方法改善天然物质以获得未知的新材料或者在自然界不易得到的材料。这种方法的一个早期例子是陶瓷的开发,如陶器、玻璃以及后来的水硬水泥,这种方法无疑促进了有意识地从矿石资源提取金属。“陶瓷”这一术语现在已扩展到包括除金属和半导体外的所有无机工程材料,其中,材料形式及其特征物理性能为其分类提供了一个基础。

1.3 材料化学: 现在

1.3.1 材料的分类

在材料科学与工程的大部分教科书里,材料根据其化学组成和典型物理性能被分成许多类型^[6,7]。固体材料通常分为三种基本类型:金属、陶瓷和聚合物。另外,还有两组

重要的工程材料：复合材料和半导体。复合材料由两种或者两种以上的不同材料组成，而半导体是根据其不寻常的电性能来区分的。这种分类方法是根据材料的结构、化学键和性能进行的。此外，材料越来越多地根据其功能进行分类[即电子、生物医学、结构以及光学(和非线性光学)材料]。

金属材料 通常由一种或者多种金属元素组成。金属的特征是存在大量自由电子，即这些自由电子不是与专门的原子相结合。金属的许多性能与这些自由电子直接相关。金属通常是电和热的良导体而且对可见光是不透明的。抛光金属表面能反光且具有表面光泽。尽管金属强度很高，但是它们通常都具有延展性，易于加工成所希望的形状，因此，在结构应用方面特别有用。

陶瓷 是由金属元素与非金属元素形成的化合物，重要的例子包括氧化物、硫化物、氮化物和碳化物。该分类范围内的材料分布广泛，包括地球上的大部分天然矿物，如硅酸盐、氧化物、碳化物和硫化物以及玻璃和玻璃陶瓷。这些材料通常不导电和不导热，而且具有较好的抗高温和抗恶劣环境的能力。陶瓷很硬但很脆。这些材料被用于结构、光学和电子技术方面的应用。

聚合物或者分子材料 包括人们熟悉的塑料和橡胶材料。它们通常都由大分子组成，其涵盖的范围从具有不定形或者非晶结构的线性聚合物到具有广泛交联网络的聚合物。近年来，这种材料已有效地扩展到实际上包括各种类型的由离散分子组成的材料(即分子材料)。除了由小分子或者分子、离子组成的固体外，这类分子材料逻辑上应包括某些液体，例如硅树脂(用作润滑剂和绝缘流体)，以及显示长程有序的流体，例如，液晶、Langmuir-Blodgett(LB)薄膜以及自组装单层膜。然而，当考虑到木材(或者植物纤维)时，从纸张到结构件的各种形式也都可以归入聚合物类型，无疑这是最大和最重要的材料类型之一。聚合物和大部分其他分子材料典型的特点是导电率和导热率低；强度比金属和陶瓷低而且一般不适合在高温下使用。热塑性聚合物的长分子链没有严格地交联，因而具有好的延展性和成型性；热固性聚合物因为分子链紧密交联因而强度较高，但是也更脆。聚合物和其他分子材料具有许多应用，例如，电子设备中的绝缘材料，显示器，平板印刷术，记录介质，织物纤维以及食品和其他产品的包装材料。

复合材料 复合材料是不同材料的组合。玻璃纤维是人们熟悉的例子之一，在玻璃纤维复合材料中玻璃纤维镶嵌在聚合物基材内。所设计的复合材料是每一种组成材料的最佳特性的结合。大部分天然材料，例如石头、混凝土和木材在逻辑上也可以归入复合材料类型。在航空航天和体育设备里，许多最近开发的材料都是复合材料，其优点是强度高和重量轻。

半导体 半导体的电学特性介于导体和绝缘体之间，而且，这些材料的电学特性是对杂质原子(即使浓度很低)极其敏感，杂质原子被控制在非常小的空间区域。半导体使集成电路的出现成为可能，集成电路使电子学和计算机工业在过去 50 多年里发生了革命性的变化。

1.3.2 化学的作用

化学与上述所列举的每一类不同物质的生产与加工密切相关,也与它们因自然和非自然原因产生的环境失效有关。例如,大部分金属都是通过还原它们的氧化物或硅酸盐,或者通过氧化(然后还原)它们的硫化物而得到的。化学在冶炼金属的历史上的(很大程度上是经验性的)应用,得益于对这些过程中基本化学反应(例如,钢铁生产中的氧气炉)以及对金属在其使用寿命期间所经历的腐蚀过程的认知,其中的某些金属当被废弃时对生物有机体造成危害,这一事实提出了对认识和控制金属物质的基础化学和生物化学的需要。

化学在陶瓷加工过程中的作用不甚明显,但是,由于大部分陶瓷材料在凝固成粉末之前都要进行包括化学反应的大量的纯净化,因此,化学的作用同样不能忽视。即使它们的凝固和它们用作粉末都常常需要加入有机聚合物和表面活性剂作为胶黏剂与分散剂。近年来,化学已经被越来越多地应用于特殊形式陶瓷的加工,例如,制备具有规定颗粒大小、尺寸分布和形状的粉末、纤维、涂层和薄膜。诸如喷射干燥(spray drying)、气相合成(vapor-phase synthesis)、溶胶-凝胶加工(sol-gel processing)、化学气相沉积和浸渗(chemical vapor deposition and infiltration)以及聚合物前驱体的高温热分解(polymer precursor pyrolysis)等方法正在不同的领域获得越来越多的应用。

与金属一样,纯粹的半导体在自然界是找不到的,甚至也找不到在电子学中的大部分应用所要求的化学形式。硅(电子工业的支柱材料)是通过还原硅石后经蒸馏净化得到的,其制备就像四氯化硅一样,在转变成单质元素前通过物理方法进行区域精练和结晶。化学的作用绝不仅如此而已,像氧化、掺杂、图案形成以及刻蚀这些工艺在性质上或者大部分是或者全部都是化学过程。另外一种正在对半导体加工影响越来越大的化学过程是化学气相沉积(CVD),从半导体材料(包括Si)的生长到在硅表面制备绝缘体和金属导体都能用CVD来完成。

除了一些天然材料外,目前作为材料使用的聚合物材料都是化学过程的最终产品。即使在使用如木材、纸张、或者棉花这样的天然产品的情况下,也常需应用化学过程将天然材料转变成某一种更有用的最终产品的某一阶段(即漂洗、染色和涂装)。由天然材料[例如,碳氢化合物(石油)]制备的合成聚合物正在不断用于代替织物和更广泛的其他产品中的天然纤维,然而,当对这些产品进行处理或者回收时却产生了一系列问题。

通常,材料制备和加工的整个计划与材料的起源和最终处理或者再生紧密相关,这正在成为被广泛接受的认识。因此,如果不了解获取一种材料的真实成本以及这种材料在产品中的使用寿命结束后的命运,提取或者加工一种材料的新方法就不会被考虑。为了说明我们对新材料的不断需求和材料开发与环境和基本原材料供应减少之间的紧密联系,本文使用了整个材料循环周期的概念(图 1.1)。

实际上,如果不考虑材料供应和其真正的生产成本等因素对环境的潜在影响,就将一