

化学与材料

—人类文明进步的阶梯

施开良 著



湖南教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

化学与材料: 人类文明进步的阶梯/施开良著. —
2 版—长沙: 湖南教育出版社, 2012. 4
(“化学·社会·生活”丛书)
ISBN 978-7-5355-3281-7

I. ①化… II. ①施… III. ①材料科学: 应用化学—
普及读物 IV. ①TB3-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 065683 号

书 名	化学与材料——人类文明进步的阶梯
作 者	施开良
责任编辑	黄永华 汪一鸣
责任校对	崔俊辉
出版发行	湖南教育出版社出版发行(长沙市韶山北路 443 号)
网 址	http://www.hnepb.com http://www.shoulai.cn
电子邮箱	228411705@qq.com
客 服	电话 0731-85486742 QQ228411705
经 销	湖南省新华书店
印 刷	湖南天闻新华印务邵阳有限公司
开 本	710×1000 16 开
印 张	15
字 数	171 000
版 次	2000 年 8 月第 1 版 2012 年 1 月第 2 版第 1 次印刷
书 号	ISBN 978-7-5355-3281-7
定 价	30.00 元

内 容 简 介



化学具有极强的渗透性，它以材料的形式，无孔不入地渗入了现代社会的工业、农业、医药、卫生、交通、能源等高科技领域，化学与材料同人类社会的发展及人们日常生活都是息息相关的。本书通过介绍人们所生活的化学世界，描述林林总总的材料世家，展示名扬四海的中国晶体材料，揭示了各种新型材料在开发新能源、在迅速发展的信息时代、在举世瞩目的高科技领域里的应用。这是一本用通俗的语言介绍绚丽多彩的功能高分子材料、超导材料、智能材料、仿生材料、信息材料、能源材料等及其用途的科普读物，取材新颖，内容丰富，值得一读。

再版说明



20世纪90年代，在新的全球性科学技术发展高潮和随之而来的激烈竞争初现端倪之时，湖南教育出版社的《科学家谈物理》丛书、《科学家谈生物》丛书、《走近化学》丛书、《化学·社会·生活》丛书陆续出版，在当时为数不多的原创学科科普中，其内容的新颖、作者阵容的强大、语言文字的生动堪称首屈一指。这套学科科普凝聚了当时物理学、生物学、化学领域的大家们的远见卓识和汗水心血。以“大科学家写科普”的严肃认真的态度和细腻别致的情怀，为当时的青少年——21世纪的主人们在接受基础教育的同时，扩展科技视野，了解学科现状和发展趋势提供了一条最权威、最前沿、最贴近的通道。大家们字里行间所流露出来的对科学世界的向往与痴迷、对科学事业的热爱和虔诚也深深地感动和影响了一代青少年。

20余年之后，我们选择以“中国原创科普经典”的名义再次整理出版这套科普则有着非凡的意义。其一是原创的弥足珍贵。这么多大科学家的学识、思想、精神汇聚于此实属不易，时至今日，这其中的许多人已经离开我们，但他们的所著所言却是具有恒久长远



的生命力的，这些原创于今时今日的我们，其珍贵是不言而喻的。其二是经典的不可复制。科学技术的发展日新月异，这套科普所展现的有些内容也许不是如今最前沿的知识，但它所记录的是这个发展过程中不可或缺的一步或几步，它已经成为经典。因此除了将某些符号和计量单位与现在的规定接轨外，我们没有做大的改动，选择尽量保留它的原貌。其三是精神的代代传承。这些著名的科学家们不仅深入浅出地讲解了科普的知识，更自然由衷地表达着对科学的热爱与敬畏，这些精神的甘露润物细无声。我们真心期待 21 世纪的青少年朋友们也能悉心来感受和传承，向伟大的科学和伟大的科学家们致敬。

需要说明的是，时隔多年，有些作者如今已经离世，有些作者现在已经联系不上，但我们一直在努力寻找中。如果有作者或作者的家人、朋友获悉我们再版这套书的情况，请跟我们联系，我们一并付酬致谢。

出版者的话



人类社会进入 21 世纪，信息时代已经来临，网络经济、知识经济已初见端倪。以微电子、信息、生物、航空航天、材料、能源等为代表的高新技术在 20 世纪后半叶的兴起，在促进人类社会生产力迅速发展的同时，也改变了人类的生产生活方式。

人类社会经历了蛮荒时期和蒙昧时代之后，便开始播种收割、驯养动物、冶炼金属、建立城镇、构筑文化，步入文明时代；工业革命之后，随着人口的增长、社会的发达和科学技术的迅猛发展，掌握了强大生产力的人类又开始向自然界无限制的索取和挑战，导致了整个自然支撑系统失衡。从栉风沐雨到安居乐业，从刀耕火种到机械化生产，人类的生活水平在不断提高，与此同时由于人类对自然资源的无度消费，妄自尊大地向自然界肆无忌惮地排放废气、倾倒污水、抛洒废渣，加上人类本身人口的剧增、资源匮乏、生态恶化、环境污染、灾害频发等一系列生存危机也正在向人类逼近，人类的生存环境和社会发展均受到了严重威胁！

化学作为一门重要的基础学科，与物理学、数学等学科共同构



成了当代自然科学迅猛发展的基础，它的核心知识已经应用于自然科学的各个方面，与其他学科相辅相成，构成了创造自然、改造自然、适应自然的强大力量。化学同人类文明有着密切关系，它的最终目标是使人类生活得更美好，就人类生活本身而言，农（业）、轻（工业）、重（工业）、吃、穿、用，无不密切地依赖于化学。过去化学在改变人类的物质文明和精神文明的过程中起过举足轻重的作用，在今后面对未来的机遇与挑战中将会起到更加重要的作用，其作用将是不可替代的。

当前，我国面临着人口控制问题、环境与健康问题、能源问题、资源问题、粮食问题及可持续发展等一系列问题的挑战，化学家们希望从化学的角度，通过化学方法解决其中的问题，为我国的发展和民族的振兴作出更大的贡献；随着国家对农业科学研究的重视，农业和食品中的化学问题研究，也引起了许多化学工作者的关注。

“化学·社会·生活”丛书包括《化学与材料——人类文明进步的阶梯》、《化学与环境——为了人类的健康与美好》、《化学与生命——活起来的分子和原子》、《化学与近代农业——人类丰衣足食的保障》4本。这套丛书分别从化学与材料、化学与环境、化学与生命、化学与农业等领域内与人类社会生活中相关的现实问题出发，用专题的形式，通俗地叙述和介绍了人类所生活的化学世界，介绍了与人类社会生活息息相关的化学材料，介绍了化学在生命科学领域、环境污染与环境保护领域、近代农业与粮食领域所起的作用，通过生活中的一些化学现象，使人们正确地认识化学这门学科在人类社会现实生活中所起的不可替代的作用。从地球的形成到生命的起源，从现代人平时的衣食住行到“两弹一星”、“登月飞行”等高科技领域，从原始生命的逐渐形成到新生命体系的人工合成，从自



然界的天气变化到引起全球性关注的环境恶化……自始至终都渗透着物质的化学变化，渗透着化学所引起的双重作用。因此，可以从某种程度上说化学是一门中心的科学，它的发展有助于人类社会生活水平的提高，有助于解决人类社会所面临的一系列问题。

化学这门学科从开始形成到发展到今天，走过了漫长而复杂的道路，随着时间的推移和人类认知水平的提高，化学也在不断地变化中进一步发展和完善。人类在遥远的古代便开始接触化学现象和积累化学知识，到了炼金术时期，化学就作为一门学科开始萌芽，之后便经历了化学革命时期、原子分子学说形成时期、有机化学的诞生和发展时期、物理化学时期、高分子化学和材料化学时期、原子结构和量子化学的诞生和发展、仪器分析及生物化学等边缘学科的形成漫漫长途，化学本身是一门离不开实验的科学，随着实验手段和仪器分析水平的不断进步，化学学科及其分支也将不断地得到完善和发展。

随着新世纪的来临，未来的化学学科也将不断地开拓未知的领域，取得更加有突破性的进展。我国的化学家将在关注化学在社会生活中的应用的同时，研究其中所涉及的若干基本化学问题。这些问题无疑会成为 21 世纪我国化学研究的新方向，成为我国化学家有所作为的突破点。下面我们就对未来的化学在我国的研究方向作一简要的展望。

化学的中心是化学反应。虽然人们对化学反应的许多问题已有比较深刻的认识，但仍然有更多的问题尚不清楚：化学键究竟是如何断裂和重组的？分子是怎样吸收能量的，怎样在分子内激发化学键达到特定的反应状态的？这些属于反应动力学的问题都有待回答，其研究成果对有效控制化学反应是十分重要的。复杂体系的化学动



力学、非稳态粒子的动力学、超快的物理化学过程的实时探测和调控以及极端条件下的物理化学过程都将成为化学反应过程和控制研究的重要方向。此外，研究生命过程中的各种化学反应和调控机制，也正成为探索化学反应控制的重要途径，真正地在分子水平上揭示化学反应的实质及规律将指日可待。

未来化学发展的基础是合成化学的发展。合成化学在 21 世纪将进一步向高效率和高选择性合成方向发展。新方法、新反应以及新试剂的研究仍将是未来合成化学研究的热点，手性合成技术将越来越受到人们的重视。各类催化合成研究将会有更大进展。化学家也将更多地利用细胞来进行物质的合成，并且相信随着生物工程研究的发展，通过生物系统合成我们所需要的化合物的目的将很快会实现，这些研究将使合成化学呈现出崭新的局面。仿生合成一直是一个颇受人们关注的热点，在该领域内的研究进展将产生高效的模拟酶催化剂，它们将对合成化学产生重要影响。

综合结构、分子设计、合成、性能研究的成果以及计算机技术，是创造特定性能物质或材料的有效途径。分子团簇、原子、分子聚集体，已经在我国研究多年。目前这些研究还在深入，并与现代计算机技术、生物、医学等相结合，以获得多角度、多层次的研究成果。在 21 世纪，化学家将更加普遍地利用计算机进行反应设计，人们有望让计算机按照优秀化学家的思想方式去思考，让计算机评估浩如烟海的已知反应，从而选择最佳合成路线制得预想的目标化合物。

太阳能的光电转换虽早已用于卫星，但大规模、大功率的光电转换材料的化学研究则已经开始。太阳能光解水产生氢燃料的研究，已经受到更大的重视，其中催化剂和高效储氢材料是目前研究最多



的课题。特别值得提出的是，关于植物光合作用的研究已经取得了一定的突破，燃料电池的研究也已展开并取得重大进展。随着石油资源的近乎枯竭，近些年来对燃烧过程的研究又重新被提到日程上来，细致了解燃烧的机制，不仅是推动化学发展的需要，也是充分利用自然资源的关键。

化学家不但要追求化学反应的高效率和高选择性，而且还要追求反应过程的“绿色化”。这种“绿色化学”是21世纪化学的重大变化。它要求化学反应符合“原子经济性”，即反应产率高，副产物少，而且耗能低，节省原材料，同时要求反应条件温和，所有化学原料、化学试剂和反应介质以及所生成产物均无毒无害或低毒低害，与环境友善。毫无疑问，研究不排出任何废物的化学反应（原子经济性），对解决地球的环境污染具有重大意义。高效催化合成、以水为介质、以超临界二氧化碳为介质的反应研究将会有很大的发展。

从化学或物理学的角度来看，纳米级的微粒，其性能由于表面原子或分子所占的比例超乎寻常的大而变得不同寻常。研究纳米材料的特殊光学、电学、催化性质以及特别的量子效应已受到重视。另外，借助原子隧道扫描显微镜等技术进行单分子化学的研究，将能观察在单分子层次上的许多不同于宏观物质的新现象和特异效应，对这些新现象和新效应的揭示可能会导致一些科学问题的突破。

21世纪的化学不仅要面对简单体系，还要面对包括生命体系在内的复杂系统。因此，除了研究分子的成键和断键，即研究离子键和共价键那样的强作用力之外，化学还必须考虑复杂体系中的弱相互作用力，如氢键、分子间作用力（范德华力）等等。这种超分子体系常常具有全新的性能，或者可使通常无法进行的反应得以进行。基于分子识别观点进行设计、合成及组建新的有各种功能的分子、



超分子及纳米材料，将是未来一段时间中化学的重要研究内容。而深入研究控制分子的各种作用力，研究它们的本质并深刻了解分子识别，是一个具有重大意义并充满挑战的课题。研究分子、分子聚集体的结构以及纳米微粒与各种物理化学性质的关系，特别是分子电子学的研究在 21 世纪初可能会有较大的进展。

在 21 世纪，有关化学物质的精密测试的研究也将取得突破。研究反应、设计合成、探讨生命过程、工业过程控制、商品检验等等，都离不开对物质的表征、测试、组成与含量测定等。能否发展和建立适合原子、分子、分子聚集体等不同层次的表征、鉴定与测定方法，特别是痕量物质的测定方法，将成为制约化学发展的关键。

总而言之，未来的化学将在不同层面上发生重大的变革，但是无论在过去、现在还是未来，化学这门学科的发展都将会使人类社会生活得更加美好。

但愿向人们介绍化学知识在社会生活中的应用的“化学·社会·生活”丛书，能得到广大读者的青睐！

前 言



化学是在原子、分子水平上研究物质的组成、结构、性能、反应和应用的学科。化学家们经过几百年的努力，开发了许多存在于自然界中的天然化合物，同时制备了大量自然界中不存在的合成化合物，两者的总和已超过 2 000 万种。在这 2 000 多万种的化学物质里，只有其中一小部分成为各种各样的材料，构成了现代文明社会五彩缤纷的物质世界的物质基础。什么是材料？材料是人们利用化合物的某些功能来制作物件时用的化学物质。传统的材料有几十万种，而合成的新材料每年大约以 5% 的速度在增加。全世界的化学家平均每天研究出 7 000 多种新化合物，这为材料的选择提供了丰富的来源，所以可以毫不夸张地说，化学是材料发展的源泉。

从学科发展来看，化学学科已经渗透到各相邻学科，出现了生命化学、环境化学、能源化学、地球化学、材料化学、计算化学、农业化学、医药化学……因此，人们称誉化学是一门中心学科。本书主要介绍化学与材料方面的知识，那么化学与材料究竟是什么关系呢？化学是材料发展的源泉，而材料又为化学发展开辟了新的空



间。化学与材料保持着相互依存、相互促进的关系。

化学具有极强的渗透性，它以材料的形式无孔不入地渗入现代社会的工业、农业、医药、卫生、交通、环境、能源和一切高科技领域及现代人的衣、食、住、行之中，整个社会的发展与化学密切相关。化学（包括材料）是人类文明进步的阶梯，所以也可以说，人类就是生活在一个化学世界中。

目录



再版说明

出版者的话

前言

1 人类生活在化学世界中 /001

1.1 地球的形成 /002

1.2 生命的起源 /004

1.3 人体的组成 /008

1.4 现代人的衣食住行 /010

1.5 “两弹一星”与化学 /026

2 林林总总的材料世家 /037

2.1 材料——社会进步的标尺 /037



- 2.2 材料家族 / 039

- 3 中国晶体材料名扬四海 / 066
 - 3.1 晶体结构 / 066
 - 3.2 晶体性质 / 068
 - 3.3 晶体材料 / 069
 - 3.4 晶体缺陷 / 074

- 4 迅速发展的信息功能材料 / 076
 - 4.1 半导体材料 / 077
 - 4.2 磁信息存储材料 / 085
 - 4.3 信息传输材料 / 093

- 5 新型结构材料的大力开发 / 105
 - 5.1 空间技术与高性能结构材料 / 105
 - 5.2 高温合金 / 113
 - 5.3 结构陶瓷 / 120
 - 5.4 先进的复合材料 / 123

- 6 潜力无穷的能源材料 / 126
 - 6.1 “万物生长靠太阳” / 128
 - 6.2 开发氢能 / 135
 - 6.3 开发风能 / 140
 - 6.4 开发自然冷能 / 142



- 7 前途无量的超导材料 / 147
 - 7.1 超导体 / 147
 - 7.2 超低温材料 / 148
 - 7.3 低温超导体及其应用 / 149
 - 7.4 高温超导材料 / 156

- 8 举世瞩目的纳米材料 / 162
 - 8.1 打不烂的陶瓷 / 162
 - 8.2 纳米材料的特异性能 / 164
 - 8.3 原子、分子搬动技术 / 166
 - 8.4 微型机械崛起 / 172
 - 8.5 五花八门的纳米武器 / 173
 - 8.6 碳纳米管 / 176
 - 8.7 我国在纳米科技中的贡献 / 178

- 9 绚丽多彩的功能高分子材料 / 182
 - 9.1 导电高分子 / 183
 - 9.2 生物医用高分子 / 185
 - 9.3 可降解高分子 / 189
 - 9.4 高吸水性高分子 / 191
 - 9.5 高分子功能膜 / 194
 - 9.6 涂料和胶黏剂 / 204



10 展望未来 /211

10.1 未来的材料 /211

10.2 智能材料和智能系统 /214

10.3 仿生材料 /218

附录 元素周期表 /222