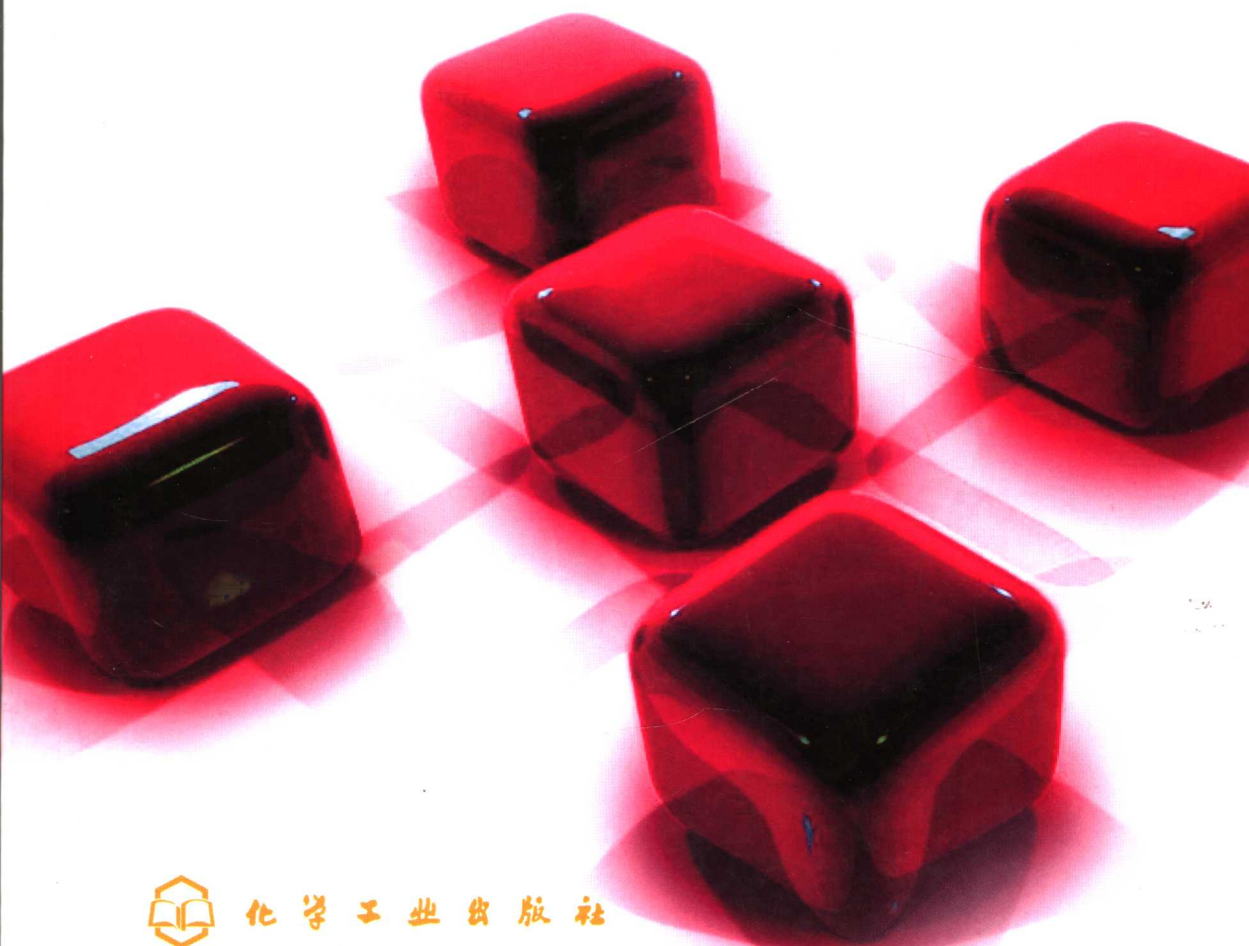


先进陶瓷丛书
丛书主编 尹衍升

先进陶瓷导论

张金升 王美婷 许凤秀 编著



化学工业出版社

先 进 陶 瓷 丛 书

先进陶瓷导论

丛书主编 尹衍升
张金升 王美婷 许凤秀 编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是《先进陶瓷丛书》的一个分册。作为丛书的导论分册,本书几乎涉及了先进陶瓷的方方面面,既注重了一定的专业深度,又考虑到总结和普及先进陶瓷的知识。本书主要从先进陶瓷内涵和发展入手,就各种不同类型先进陶瓷性能特点和技术水平,它在各行各业和科学技术中的应用情况等方面进行了论述,并较全面地介绍了先进陶瓷评价技术,对其发展前景进行了讨论。

本书将各类先进陶瓷材料的研究、生产和应用等相互关联的知识整合起来,具有专业性兼普及性的特点,因此不同的读者群都会从中汲取相关的知识。本书可供从事先进陶瓷研究和生产的科技人员阅读参考,亦可作为有关无机非金属材料专业大学生或研究生的教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

先进陶瓷导论/张金升,王美婷,许凤秀编著. —北京:化学工业出版社,2006.10

(先进陶瓷丛书)

ISBN 978-7-5025-9477-0

I. 先… II. ①张…②王…③许… III. 特种陶瓷
IV. TQ174.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 125177 号

先进陶瓷丛书 先进陶瓷导论

丛书主编 尹衍升

张金升 王美婷 许凤秀 编著

责任编辑: 窦 臻 李晓文 冯国庆

责任校对: 郑 捷

封面设计: 张 辉

*

化学工业出版社出版发行

(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

购书咨询: (010)64518888

购书传真: (010)64519686

售后服务: (010)64518899

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 23 字数 500 千字

2007 年 1 月第 1 版 2007 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-5025-9477-0

定 价: 49.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

《先进陶瓷丛书》序

从远古时期到现在以至未来，材料的发展总是与人类文明的发展息息相关，这一点在现代技术发端以前往往表现得不明显，原因是在那以前材料与技术往往是同步发展的，有时材料的发展还要超前一些，因而材料的作用往往被淡化了。当今时代，尤其是进入 21 世纪以后，许多前沿技术和尖端技术的发展都要受到材料技术发展的制约，材料技术成为解决众多科学问题和发展问题的瓶颈，例如，能源技术、超导技术、航空航天技术、生命科学、生物技术、信息技术、纳米技术的实现和应用等的突破，往往都要决定于材料技术的进步。可以毫不夸张地说，当今材料技术的发展在某种程度上影响了人类文明发展的进程。

先进陶瓷，脱胎于古老的传统陶瓷，除继承了传统陶瓷无可替代的优异性能之外，又具备各种各样奇妙的结构特性和功能特性，使得先进陶瓷成为许多前沿技术领域中的关键材料，能在各种苛刻的极限环境条件下发挥重要作用，是有机高分子材料和金属材料所不可比拟的。当今社会，先进陶瓷及其技术已经渗透到各行各业，每一个从事科学研究和关心科学发展的人，不可不去了解先进陶瓷。

最近几十年，各种先进的制备工艺和技术不断发展，纳米技术也深入到先进陶瓷科学中，使得先进陶瓷的品种不断增多，结构不断改进，质量不断提高，应用不断扩大，性能更加优越。材料的发展已由传统的炒菜式研究逐渐过渡到材料设计研究。材料设计研究方法的运用，使得材料研究的空间扩大，材料研究的进程加快，材料技术的发展正在向着它的理想目标迈进，即根据预定的性能要求，设计材料组成和结构，并通过一定工艺实现这些组成和结构，随心所欲地满足人类对材料性能的要求。

在这个大背景下，为了给先进陶瓷研究工作者和无机材料专业的教师及学生（本科、研究生）提供一套完整的、新颖的参考书，同时为从事先进陶瓷制备的一线工作者提供一套较为完备的工艺参考材料，我们编著了这套《先进陶瓷丛书》，包括《先进陶瓷导论》、《先进结构陶瓷及其复合材料》、《先进陶瓷制备工艺》、《磁性陶瓷》、《电子陶瓷》、《光功能陶瓷》共六个分册。各分册的作者，都是长期从事陶瓷生产、研究和教学工作的专家、教授和学者，具有扎实的理论知识和丰富的实践经验。书中凝聚了他们辛勤的劳动和闪光的智慧，相信该丛书的出版将对我国先进陶瓷的研究、生产和发展起到有益的促进作用，这将是编

者感到欣慰的。

先进陶瓷的种类很多，涉及诸多领域，目前出版的这套丛书，远未涵盖先进陶瓷的方方面面，我们将继续关注各种先进陶瓷的发展技术，使得这套丛书不断完善，同时也希冀业内专家同仁，不吝赐教，共同为我国先进陶瓷科学与技术的发展做出不懈的努力！

丛书主编识

2006年6月

前 言

材料是一切人类生产活动的工具。若要掌握现代科学技术的发展，不能不去了解材料的发展，若要了解材料技术的发展，不能不去关注先进陶瓷材料。

一部人类文明史可以看成是一部材料发展史。人们把新型材料、生物工程和信息技术作为新一轮产业革命的重要标志，新材料在被称为现代社会三大技术革命（材料、能源、信息）中占有十分重要的地位，而先进陶瓷作为新材料家族中异军突起的新军，对现代社会的发展具有不可估量的作用。在很多领域，材料的发展和应用水平已经成了诸多前沿科技发展的瓶颈，许多现代科学技术，如核技术、太阳能技术、燃料电池技术、空间技术、军事技术等的发展都要受到先进陶瓷技术的制约，而尖端科技的发展也会带动先进陶瓷技术的发展，因此可以说先进陶瓷技术的发展与现代社会科技的进步密不可分。

先进陶瓷材料大体上可分为结构陶瓷和功能陶瓷，是由传统陶瓷发展而来的，它不但继承了先进陶瓷的诸多优点，而且还具备了一系列其他材料无法比拟的优异性能，基于先进陶瓷在工农业生产和科学技术方面的重要作用，各国都在力图抢占先进陶瓷发展技术的制高点，可以说，世界上比较发达的国家，如美国、日本、英国、德国、法国等，其先进陶瓷技术也必然是在世界上领先的。

先进陶瓷越来越受到世界各国的战略家和科技界的重视。我国科技界教育界也都十分重视先进陶瓷的研究和应用。为了适应我国先进陶瓷技术研究发展的需要，同时兼顾非专业人士迫切希望了解先进陶瓷科技的愿望，使先进陶瓷能为更多的人理解、关心和支持，从而促进我国的科技进步和经济发展，出版一部系统介绍先进陶瓷的科技著作是很有必要的。

在一些专家的热情倡议下，应化工出版社之邀，本书作者在总结近30年来从事陶瓷生产、科研、设计、教学等实践经验的基础上，参阅国内外大量文献，进行综合分析整理，撰写成《先进陶瓷导论》一书。本书初稿近百万字，前后经过5次大的修改，形成今天所见到的这样一本既简要明晰而又内容全面的先进陶瓷方面导论性专著。本书之前已有一些先进陶瓷方面的书籍出版。本书的特色在于比较全面地论述了先进陶瓷的发展历程、先进陶瓷的类别、性能特点和应用情况，以及先进陶瓷的评价技术及今后发展的趋势。在撰写方面，重点考虑知识的全面介

绍，尽量使读者对先进陶瓷有一个简明而全方位的了解，避免过于专业和生涩难懂，叙述上注重通俗性、可读性，同时具有一定深度。因此本书既是一本知识点较全面的专业著作，又是一本兼有知识性和普及性的读物。

本书撰写过程中得到尹衍升教授的热情帮助，另有一些专家学者提出了宝贵意见和无私指导，在此谨向尹衍升教授和帮助本书撰写修改的专家们表示诚挚的谢意，也向书后提及的和未提及的文献作者表示深深的谢意。

编著者
2006 年 12 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 材料科学技术——人类文明的基石	1
1.1.1 材料的发现、产生和发展伴随着人类自身的成长	1
1.1.2 材料的开发和使用必须考虑环境协调性和可持续发展	2
1.1.3 未来材料发展的特点——材料设计和分子设计	2
1.2 古老陶瓷, 文明的象征和载体	3
1.3 艺术陶瓷, 美的使者和源泉	4
1.4 现代陶瓷, 科技发展的动力和催化剂	4
第 2 章 高新技术的先导——先进陶瓷	6
2.1 引言	6
2.1.1 人类、材料和技术的演变	6
2.1.2 结构材料	8
2.1.3 功能材料	10
2.1.4 复合材料和杂化材料	22
2.2 新型材料——当代新技术革命的先锋	23
2.2.1 新型材料发展史	23
2.2.2 材料需求——社会发展的强大动力	25
2.2.3 新材料的应用	28
2.2.4 五彩缤纷的材料王国	30
2.2.5 科学发展与新材料探索相互促进	32
2.3 从传统陶瓷到先进陶瓷	33
2.3.1 陶瓷材料的进展	33
2.3.2 先进陶瓷的由来	33
2.3.3 先进陶瓷的内涵	35
2.3.4 先进陶瓷的特点及与传统陶瓷的区别	37
2.3.5 先进陶瓷的基本类别	39
2.4 先进陶瓷结构与陶瓷特性	41
2.4.1 陶瓷材料物质结构相、结合键等	42
2.4.2 材料成分与组织结构	53
2.4.3 材料成分-结构-合成与加工-性能-使用效能	58
2.4.4 特种陶瓷无与伦比的优越性能	61
2.4.5 陶瓷材料中的晶体缺陷	65

第3章 先进陶瓷分类概说 75

3.1 装置陶瓷	75
3.1.1 高铝陶瓷	76
3.1.2 镁质陶瓷	77
3.2 电容器陶瓷	78
3.2.1 非铁电电容器陶瓷	78
3.2.2 铁电电容器陶瓷	82
3.2.3 反铁电电容器陶瓷	83
3.2.4 半导体电容器陶瓷	84
3.3 压电陶瓷	85
3.3.1 压电陶瓷的结构与原理	85
3.3.2 压电陶瓷的性能参数	86
3.3.3 压电陶瓷材料	86
3.3.4 压电陶瓷的应用	87
3.4 磁性陶瓷	88
3.4.1 铁氧体的晶体结构	89
3.4.2 铁氧体的一般生产工艺	90
3.4.3 软磁铁氧体	90
3.4.4 其他铁氧体材料	93
3.5 光学陶瓷	95
3.5.1 透明氧化物陶瓷	95
3.5.2 透明铁电陶瓷	96
3.5.3 透红外陶瓷	96
3.6 导电陶瓷和超导陶瓷	96
3.6.1 导电陶瓷	96
3.6.2 超导陶瓷	98
3.7 半导体陶瓷	99
3.7.1 正温度系数热敏陶瓷	101
3.7.2 负温度系数热敏陶瓷	102
3.7.3 压敏半导体陶瓷	104
3.7.4 气敏半导体陶瓷	105
3.7.5 湿敏半导体陶瓷	107
3.7.6 光敏半导体陶瓷	109
3.8 其他功能陶瓷	110
3.8.1 热学功能陶瓷	110
3.8.2 化学功能陶瓷	111
3.8.3 生物功能陶瓷	113
3.9 高温陶瓷	114

3.9.1	高熔点氧化物陶瓷	114
3.9.2	非氧化物高温陶瓷	117
3.9.3	高温碳化物陶瓷	118
3.9.4	氮化物耐热陶瓷	120
3.9.5	其他结构陶瓷	129
3.10	陶瓷纤维和纤维强化陶瓷基复合材料	132
3.10.1	无机纤维及其复合材料	133
3.10.2	几种典型的无机纤维和晶须	134
3.10.3	主要的纤维强化陶瓷基复合材料体系	137
3.10.4	陶瓷基复合材料的应用前景	139
3.10.5	主要的特种无机纤维增强复合材料体系	139
3.10.6	高温涂层	140
3.11	金属陶瓷和玻璃陶瓷	141
3.11.1	金属陶瓷	141
3.11.2	微晶玻璃	145
3.12	纳米陶瓷	145
3.12.1	纳米陶瓷的基本概念	145
3.12.2	纳米技术的基本原理初探	146
3.12.3	纳米材料的性能初探	147
3.12.4	纳米材料的制备方法	149
3.12.5	纳米机器人	150
3.12.6	纳米管及其对材料科学的意义	151
3.12.7	纳米材料的应用	152
3.12.8	纳米材料的前景展望	154
第4章	先进陶瓷在高新技术中的应用	156
4.1	先进陶瓷无与伦比的优异性能	156
4.1.1	威力无比的先进结构陶瓷	156
4.1.2	奇妙无穷的功能陶瓷	165
4.1.3	陶瓷基复合材料	177
4.2	先进陶瓷与电子工业和信息工业	181
4.3	先进陶瓷与化学工业	192
4.4	先进陶瓷与汽车工业	209
4.5	先进陶瓷与生物工程和医学科学	214
4.6	先进陶瓷与机械加工	215
第5章	先进陶瓷的评价	221
5.1	先进陶瓷评价的内容	221
5.1.1	组成评价	221

5.1.2	结构评价	223
5.1.3	性能评价	225
5.1.4	应用评价	229
5.2	先进陶瓷的评价手段	232
5.2.1	先进陶瓷组成研究方法	232
5.2.2	先进陶瓷结构研究方法	234
5.2.3	先进陶瓷性能研究方法	260
第6章	先进陶瓷未来发展展望	267
6.1	先进陶瓷未来发展的技术展望	267
6.1.1	材料加工	267
6.1.2	材料合成	275
6.1.3	陶瓷增韧	279
6.1.4	材料的成分和组织结构检测	286
6.1.5	材料研究由炒菜式到材料设计和分子设计	287
6.1.6	材料功能设计原理和方法	289
6.1.7	绿色材料	291
6.1.8	陶瓷在工程应用中应注意几个问题	297
6.2	先进陶瓷环境协调性与可持续发展	299
6.2.1	材料环	299
6.2.2	材料、能源与环境	301
6.2.3	环境对材料的影响——结构材料的失效	303
6.2.4	组织-性能-加工工艺之间的关系也受材料所处环境的影响	308
6.2.5	材料对环境的影响	310
6.2.6	材料的可持续发展：环境材料等	320
6.2.7	陶瓷材料与环境协调性	333
6.3	先进陶瓷未来的研究展望	333
6.3.1	未来材料的发展	333
6.3.2	材料产业化	335
6.3.3	脆性攻坚战	337
6.3.4	材料复合化：金属陶瓷等	339
6.3.5	功能陶瓷工业发展趋势	341
6.3.6	功能材料与纳米技术	343
6.4	研究先进陶瓷的意义	345
6.4.1	先进陶瓷的发展现状及对今后的展望	345
6.4.2	研究先进陶瓷的意义和前景	349
参考文献		353

第 1 章 绪 论

1.1 材料科学技术——人类文明的基石

1.1.1 材料的发现、产生和发展伴随着人类自身的成长

人类居住的地球已运转了亿万年,人类自身的进化也大致经历了几百万年的时间。亘古以前,人类从蛮荒时代进入蒙昧时代,逐渐与动物界中的其他物种相分离;随着古人猿智力的发展,人类社会迎来了野蛮时代,那时人类只是享受自然界的恩赐,而不会能动地利用它,因而限制了自身智力的发展;自从人类懂得利用材料——制造和使用工具,人类社会逐步跨入文明时代。翻开人类进化史,不难发现,材料的开发、使用和完善贯穿其始终。从天然材料的使用到陶器和青铜器制造,从钢铁冶炼到材料合成,人类成功地生产出满足自身需求的材料,进而使自身走出深山、洞穴,奔向茫茫平原、辽阔海洋,飞向广袤太空。

在与自然界交互作用的过程中,人类首先学会了生产和使用工具,使工具更耐用是人类先民不断发现新材料的动力。从石器时代、青铜器时代到铁器时代,强度更高、韧性更好、在特殊环境(如高温、腐蚀、冲击等)中的稳定性更强,成为对材料的主要性能要求。但是,随着人类的视野从身边的宏观世界向宇观和微观的延伸,突破自身感观的局限性,扩展自己感知、观察世界的能力,成为人类的强烈需求。人类需要了解:小至原子的迁移、亚原子粒子运动,大至天体演化、斗转星移;生物的遗传奥秘与无生命体内部的“呐喊”(小至金属内部马氏体相变,大至地壳运动都伴随有声波)……因此,材料的物理性能(主要指电、磁、热、声、光性能)、化学性能和生物性能等成为人类关注的热点,各类功能材料应运而生。

有了性能各异的各类材料,人们制造出了巨型飞机,架设了“信息高速公路”,将人造卫星送入太空,利用精密的全球导航系统……材料作为人类文明基石的作用是不容忽视的,犹如支撑万丈高楼的基石一样,材料支撑着人类文明。因而,史学家用石器时代、青铜器时代和铁器时代等作为人类文明进化的标志。

带着对未来的美好憧憬,人类跨入了 21 世纪。有人认为 21 世纪将是信息时代、知识经济时代,但是,在这样的时代中,材料的基石作用仍然无法改变。同时,材料的另一方面——对高新技术的先导作用,将展现得更加淋漓尽致。例如,支撑微电子工业的集成电路十多年来发展迅速,更新换代快,集成度遵循著名的摩尔定律——每 18 个月翻一番,线宽以 70% 的比例递降:1992~1994 年为 $0.5\mu\text{m}$, 1995~1997 年为 $0.35\mu\text{m}$, 1998~2000 年则为 $0.25\mu\text{m}$ 。然而,采用现有的材料和加工技术,集成度将很快达到极限,若要继续提高集成度必须另辟蹊径。在众多的材料和加工技术中,纳米材料和纳米加工技术是最有希望的。利用纳米材料和纳米加工技术可实现集成电路的三维集成和加工,实现在原子和分子尺度上集成。又如,由于控制环境污染方面的要求,在 21 世纪中,地面运输工具将使用高比强度、

高比刚度材料,以减轻自重,如汽车每减重 100kg,每升油可多行驶 0.5km。美国的单位体积燃料的里程数要求由 12km/L 提高到 35km/L,这个目标的实现,37% 靠车辆的轻量化,40% 靠提高热效率,而这两项均与使用新材料直接相关。此外,太阳能的高效率利用和高功率燃料电池发电,均是以高性能材料的研制和开发为先导的。

1.1.2 材料的开发和使用必须考虑环境协调性和可持续发展

新材料的开发和使用给人类生活带来的便利是实实在在的。在 21 世纪,人类在推进文明发展的同时将会更加注重自身生活质量和周围环境的改善。因此,生物材料和环境相容性材料的开发和使用将会受到重视。生活质量的提高以及人口老龄化问题的出现,使得人体器官的修复与更换变得十分必要。利用生物材料,人们可以生产出人造肝、人造肾、人造膜、人造皮肤和人造血管等,还可以制造出药物缓释系统材料,控制药物的释放时间和速度,以便有的放矢,加快和提高疗效。

长期以来,人类在材料的提取、制备、生产以及制品的使用与废弃的过程中,消耗了大量的资源和能源,并排放出废气、废水和废渣,污染着人类自身的生存环境。有资料表明,1970~1995 年的 25 年间,人类消耗了地球自然资源的 1/3;美国每年排放工业废料约 120 亿吨,其中约有 7.5 亿吨是有害的(可燃、腐蚀、有毒),与材料生产相关的工业所排放的有害废料约占 90%。现实要求人类从节约资源和能源、保护环境,从社会可持续发展的角度出发,重新评价过去研究、开发、生产和使用材料的活动;改变单纯追求高性能、高附加值的材料而忽视生存环境恶化的做法;探索发展既有良好性能或功能,又对资源和能源消耗较低,并且与环境协调较好的材料及制品。从材料生命周期的整个过程来考察,矿物开采,原材料加工、冶炼,材料半成品加工,产品生产使用等各个环节都会向人们居住的地球或大气层排放污染物。为此,应该用系统工程的方法,综合考虑材料的生产、使用、回收利用各个环节,达到污染物的零排放。此外,从原子、分子、显微和复合结构等不同尺度精心设计和人工合成高性能材料,减少对地球矿藏的依赖,也是降低环境污染的有效措施。目前人们正在研制开发的复合材料、纳米材料、超合金、信息功能材料、机敏(又译灵巧)和智能材料等,都具有这种特征。

1.1.3 未来材料发展的特点——材料设计和分子设计

要实现从原子、分子、显微和复合结构等不同尺度精心设计和人工合成高性能材料,除了注重社会需求,还必须强调材料科学与工程领域自身的学科特征,更新研究方法,创造新的研究硬件环境。一般而言,材料科学与工程领域研究材料组成(不同尺度的结构和成分)、材料合成和加工方法、材料性能、寻找材料用途和使用四大主题及其相互关系,如图 1-1 所示。其中,“寻找材料用途和使用”提供了本学科与社会交互作用的通道,经由这一通道,社会向材料工作者提供需求信息,材料工作者向社会提供能满足需求的材料或材料产品;“合成和加工方法”与社会也存在一定的相互作用,这主要体现在对环境的影响方面,例如,加工过程中污染物的排放、能耗大小等;“材料组成”主要研究材料内部的化学成分的作用,晶体结构、显微结构、复合结构的成因,以及这些结构对性能的影响;“材料性能”主要研究性能的评价方法、测试方法及影响因素。“材料组成”、“材料性能”、“材料合成和

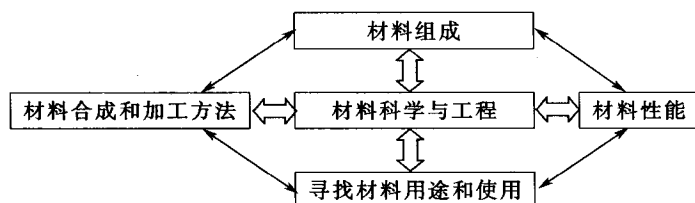


图 1-1 材料科学与工程领域中的四大主题及其相互关系

加工方法”是材料科学与工程领域研究的内核，它们与众多的基础学科（如物理、化学、力学等学科）和工程学科（如计算机、机械、电子、真空等学科）存在联系，因此材料科学与工程属交叉学科。在科学技术高度发达的今天，材料科学与工程领域发生着日新月异的变化，主要特征体现在以下几点。

（1）新构思、新观念不断涌现，成为此领域迅速发展的强大推动力。例如，材料低维化，由三维块体材料向二维薄膜材料、一维纤维材料、零维原子簇和纳米粉体材料发展；材料梯度化，利用特殊制备方法可将不同的两种材料平缓地、无界面地连接在一起；材料复合化，包括纤维复合、颗粒复合、纳米复合、原位复合等，在复合化研究中实施界面工程；材料仿生化，师法自然，可以做到结构仿生（形似）和功能仿生（神似）；材料智能化，集传感、判断（信息处理）、执行功能为一体。

（2）营造特殊环境，利用极端手段，制备特殊材料，获取特殊性能。例如，在微重力条件下制备超纯晶体材料、特殊自润滑材料、优良磁性材料和超导材料等；在高温、高压条件下合成金刚石、氧化物和非氧化物超硬材料；在快速冷却条件下生产非晶态材料、微晶材料和纳米材料；在自蔓延条件下合成各类金属间化合物、梯度材料；在激光束、电子束、离子束作用下制备各类非平衡材料、实施材料表面改性。

（3）强烈依赖其他高新技术，材料领域成为其他高新技术综合应用的试验地。当今新材料的合成和制备大多在高温、高真空、特殊气氛等非平衡环境中进行。20 世纪 80 年代后期巴基球（ C_{60} ）的发现就是综合应用激光技术、高真空技术和精细测试技术的范例，发现者因此于 1996 年获得诺贝尔奖。

（4）经济实力成为制约材料领域发展速度、深度和广度的关键因素。20 世纪 90 年代，美国每年用于材料研制和开发的费用均为数十亿美元；日本、美国、德国、法国等发达国家先后制定了材料发展规划；我国也相应地在“863”计划、国家自然科学基金委员会资助项目中对新材料研制和开发给予了高度重视。各国都希望材料这块“基石”更加牢固，以便在这块“基石”上建筑更加雄伟的人类文明大厦。

1.2 古老陶瓷，文明的象征和载体

据考古发现，陶器在我国已有一万多年的历史，瓷器也有近两千多年的历史。陶瓷，尤其是瓷器，是我国古代劳动人民的伟大发明，是对世界文明发展的卓越贡献。外国人用 china（陶瓷）一词代表中国（China），足可说明中国陶瓷在世界文

化交流发展中所起的巨大作用。

远古时期,人类茹毛饮血,采食生果,生产力极不发达,至燧人氏发明了火,才逐渐懂得用熟食裹腹,当时还只是将肉类架在火堆上熏烤,既不方便又不卫生,直至神农氏发明了陶器,人们才得以在瓦缶内蒸煮食物,陶器的应用,使人类饮食习惯和饮食结构发生了革命性的变化,改善了卫生状况,扩大了采食范围,从而促进了大脑的进化,推动了生产力的发展,为古人类进化到现代人奠定了基础。人类的历史进入文明时代,其中陶瓷的发明和广泛使用功不可没。随着人类文明的发展,陶瓷也由低级向高级发展,这反过来又促进了社会生产力的进步,在人类文明高度发展的今天,陶瓷的作用不但没有泯灭,而且变得日益重要,成为人类社会不可分割的一部分,当今科学技术的每一项新的成就几乎都要依赖于陶瓷材料的进步,陶瓷材料及其新技术将继续伴随着人类社会从一个层次走向更高的层次。

我国的陶瓷是几千年来劳动人民的智慧才能与辛勤劳动创造的,他们经过长期的劳动实践,深刻认识并掌握了利用大自然丰富资源制作陶瓷制品的规律,以灵巧的双手创造了许多精湛的技艺,生产出许多精美的制品,对陶瓷的发展及世界文化的发展产生了重要影响。陶瓷是中华民族的骄傲,人们有责任把它发扬光大,使陶瓷材料更好地造福于人类社会。

1.3 艺术陶瓷,美的使者和源泉

水、土、火、气被称为宇宙的四大自然要素,陶瓷被称为“土与火的艺术”,同其他艺术门类相比,陶瓷是最接近自然的艺术,尤其是陈设陶瓷和美术陶瓷,更是造型精美,品种繁多,流光异彩,变化万千,至真至纯,浑然天成,古朴典雅,美轮美奂,把整个世界装扮得无比绚丽。

自古以来,劳动与美共生。人们在陶瓷的制作中,创造和发现了美,而巧夺天工的陶瓷艺术之美,又激发人们去创造,从古代的黑陶、彩陶、秦兵马俑、瓯越青瓷、唐三彩、宋景德瓷、五大名窑、青花、玲珑、五彩、霁红、郎窑红、乌金釉、茶叶末、三阳开泰、天青、炉彩、鳝鱼黄、美人醉、柿釉、兔毫、窑变花釉、鱼子纹、百圾碎、天目、油滴、玳瑁、雨点、金星、红钩、兰钩等众多的艺术釉种,至当代各种独具特色的陶瓷珍品,每一个都是崇高的艺术殿堂,足可使人们膜拜顶礼,赞叹不已。陶艺的发展,美化了人们的生活,陶冶了人们的情操,促进了文化艺术的发展,也为世界文化交流做出了巨大贡献,如我国古代的“丝绸之路”、“陶瓷之路”,近代、现代和当代世界各国陶瓷技艺的交流以及我国政府赠送国际友人的技艺精美的礼品瓷等,所有这些都让世界了解中国,让中国了解世界,促进世界和平与发展做出了贡献。

1.4 现代陶瓷,科技发展的动力和催化剂

陶瓷在现代社会中所起的作用越来越大,尤其是现代陶瓷,其应用领域已发展到工农业生产、国民经济、科学技术各个领域,除了生活日用、建筑材料、卫生洁具、化工设备、变电和输配电、切削刀具、钻井钻头、电子技术、自动控制、广播电视、有线无线通讯等广泛应用陶瓷材料之外,近几十年来迅速发展起来的空间技

术、能源技术、计算技术、信息技术、生物医药技术、激光技术、电子新技术、遥感技术、仿生技术、红外技术等，也越来越多地应用陶瓷新材料，时至今日，几乎每个现代科学技术的尖端领域都有现代陶瓷的足迹，现代陶瓷在国民经济和科学技术中一直扮演着不可缺少的角色，陶瓷的发展和应用具有无限光明的前景。

陶瓷是一种包容广泛的无机非金属材料，而材料是人们在生存发展过程中进行劳动创造所必须借助的媒体和工具。现代陶瓷（先进陶瓷）是现代人们进行生产活动和科学实验所不可或缺的。现代陶瓷的发展推动和加速了科学技术的发展，例如，如果没有现代陶瓷的磁性记忆存储元件，电子计算机就不可能达到每秒计算上千亿次的速度，目前高科技中无数必须短时间内完成的复杂运算，也许就要拖延千百年，从而使这种计算变得毫无意义，科学研究和实验将无法进行；没有现代陶瓷的参加，人类登月旅行、火星探测等就是一句空话等。由此可见，现代陶瓷确实是现代人类文明和科学技术的基石、云梯、杠杆和催化剂。

第2章 高新技术的先导——先进陶瓷

2.1 引言

先进陶瓷属于新材料技术的范畴，它在新材料技术革命中占有非常突出的地位。所谓材料，指的是可以直接造成成品的东西。人们利用各种材料，在工农业生产和科学实践中，达到预定的目的。简单地讲，材料是一种工具，人们利用这种工具去认识自然，改造自然，利用自然，去从事一切实践活动，创造人间奇迹。

材料概念是一个涵盖很大的范畴，从大的方面讲可以分为金属材料、有机材料、无机非金属材料、复合材料四大部分。现代材料一般指的是无机非金属材料 and 复合材料。很多边缘材料，既可以属于无机非金属材料，又可以属于复合材料，主要看其强调的是哪一方面，不同专业的人对同一种材料可能有不同的归类方法。

无机非金属材料一般可分为十六类：①非金属矿；②水泥；③胶凝材料及制品；④玻璃；⑤玻璃纤维；⑥玻璃纤维增强塑料；⑦搪瓷；⑧铸石；⑨陶瓷（狭义）；⑩砖瓦；⑪耐火材料；⑫高温及特种无机涂层；⑬碳素材料；⑭磨具和磨料；⑮人工晶体；⑯纳米陶瓷复合材料。

材料科学的任务是协调材料的组成、结构和性能三者之间的关系。无机材料科学的远期目标是：按预定要求设计并实现新材料，充分发挥某种材料之所长、弥补其弱点、最大限度地挖掘其潜力。目前纳米技术的发展，已使人们能够利用纳米管及纳米机器人，实现单个原子操作，这或许是实现材料科学远期目标的一条有效途径，但前面的路仍然很长很长。

2.1.1 人类、材料和技术的演变

人类从猿人发展为现代人、发展到有文字记载的文明人的历史，可以说就是一部材料和技术的演变史。我国是一个文明古国，中华民族在材料的开发应用方面也谱写了世界史中的光辉篇章。丝绸之路闻名世界，至今为人称道，它就是把中华民族发现、发展的丝绸材料和制品推向世界的见证。相传五千年前黄帝时便发明了养蚕造丝。比丝绸更早的，在史前文化中便有了陶器的制作，并逐渐发展为世界闻名的中国瓷器文化。我国的青铜器文化也很有名，相传蚩尤就曾炼铜制剑。从图 2-1 中可以看到人类人口的增长、材料技术进步和人类文明发展之间的密切关系。人类从利用自然界的石块，经过炼铜、炼铁，发展到制作硅材料和高分子材料等；而技术上也从用手、用骨工具、石工具、陶器、蒸汽机发展到利用计算机；知识上也从各种直观认识发展到自然科学和社会科学的各门学科。人们现在经常谈到现代社会中信息、能源和材料的重要。新材料的年产值逐年上升，在经济社会中的地位越来越重要。对于新材料并没有公认的确切定义，简短地、不太严格地说可以表述为“在最近将达到实用化的高性能/高功能材料”。有些材料早就被发现了，但一直未能达到实际应用的阶段就不能叫做新材料。一般认为新材料包括晶须材料、非晶材