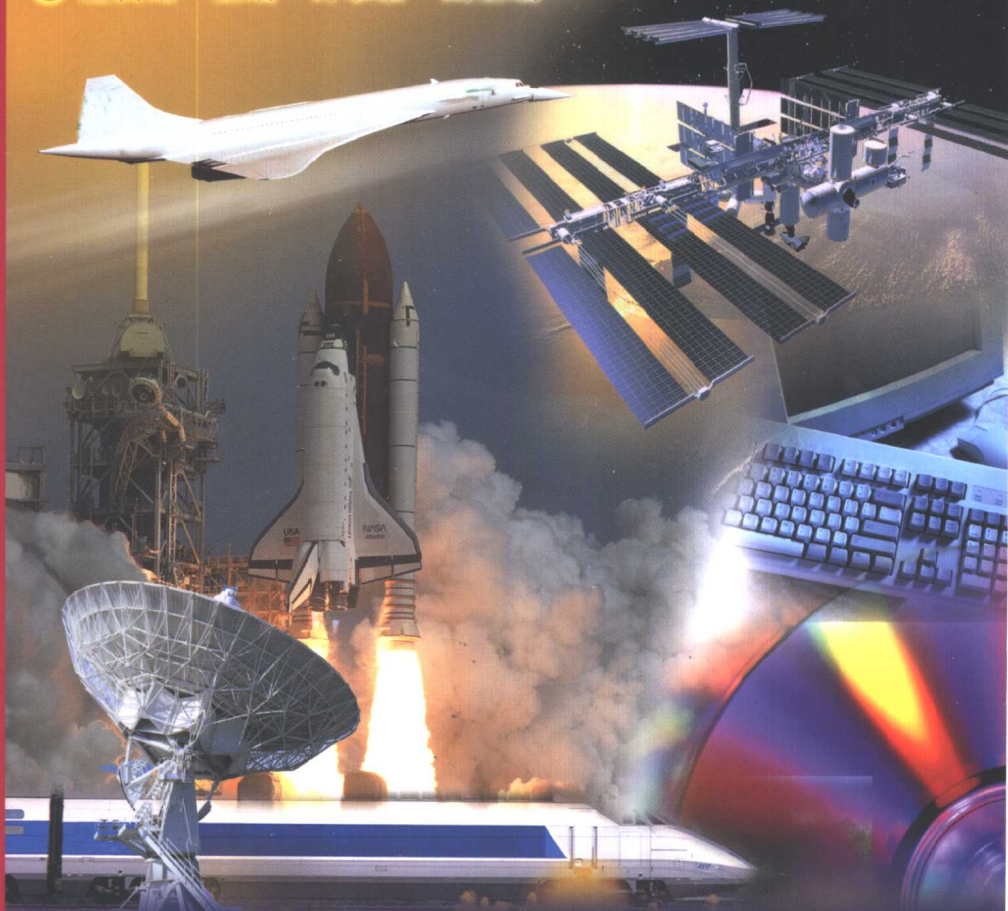


新型材料

——人类文明进步的阶梯

左铁镛 主编 钟家湘 副主编



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

新 型 材 料

——人类文明进步的阶梯

左铁镛 主 编 钟家湘 副主编

化学工业出版社
材料科学与工程出版中心
·北 京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

新型材料——人类文明进步的阶梯/左铁镛主编. —北京: 化学工业出版社, 2002.9

ISBN 7-5025-4009-1

I. 新… II. 左… III. 工程材料-简介 IV. TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 060488 号

新型材料

——人类文明进步的阶梯

左铁镛 主 编 钟家湘 副主编

责任编辑: 陈志良

责任校对: 李 丽 张秋景

封面设计: 于 兵

*

化学工业出版社 出版发行
材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

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

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张 7 $\frac{3}{4}$ 字数 203 千字

2002 年 9 月第 1 版 2002 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4009-1/TB·18

定 价: 18.00 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

前 言

在古代，材料是人类文明进步的里程碑；在科技发展的历史上，往往首先在材料上取得突破，然后带动一个产业的发展；在未来，科学的进步在许多方面仍依赖于新材料的突破，所以说新型材料是人类文明进步的阶梯。广义来说，材料科学与技术所包涵的内容非常广泛：资源勘查、采矿、选矿、冶炼、热加工、冷成型加工、机械加工、表面处理，材料零件或构件的装配、各种条件下的使用，防护、失效，废料回收和再利用等等，构成了一个社会化的材料大循环，所有的人都脱离不开这个大循环，因此材料与人的关系太紧密了，材料的知识对于每个人都太重要了。

本书是一本关于材料领域的科普著作，目的是向广大读者提供材料的基本知识，除了通俗性、趣味性和科学性外，也希望具有知识性、系统性和先进性。材料科技发展的历史凝聚着一代代人前仆后继的艰苦足迹，令人肃然起敬，展望未来使人备受鼓舞并充满信心 and 力量，也倍感自身的责任。作为本书的宗旨之一，特别希望读者在获取知识的同时，也能在科学方法和科学精神方面得到有益的启迪。

本书作者都是长期从事材料科学研究、教学、生产与开发的专家与学者，字里行间流露着他们的切身体验和对材料科技事业的热爱。

参加本书的编写人员如下：

左铁镛 北京工业大学校长，教授，中国工程院院士（第1章）

钟家湘 北京理工大学教授（第2、3、10章）

谭惠民 北京理工大学教授（第4章）

赵渠森 航空工业总公司六二五研究所研究员，原总工程师（第5章）

林鸿益 北京理工大学教授 (第 6 章)

周美玲 北京工业大学教授 (第 7 章)

张久兴 北京工业大学博士 (第 8 章)

俞耀庭 南开大学分子生物学研究所所长, 教授 (第 9 章)

孔德令 南开大学分子生物学研究所博士 (第 9 章)

全书由钟家湘统稿。

由于本书涉及的内容十分广泛, 难免有疏漏和不准确之处, 请给予批评和指正。本书中引用了各种科技书刊中的精彩内容, 在此一并表示感谢!

编者

2002 年 7 月 8 日

内 容 提 要

本书是一本材料领域的科普读物。新型材料是科学技术赖以发展的物质基础，是未来新技术革命的先导，新材料的知识是人们迈入科学殿堂的重要基础。

本书作者都是长期从事新材料的科研、教学和生产的专家和教授。作者以通俗、生动的语言，系统介绍了各种工业材料的基础知识，并着重介绍了重要的新型材料的原理和最新发展。内容包括：金属材料、无机非金属材料、有机高分子材料、复合材料、光电子材料、超导材料、稀土材料、生物医学材料和纳米材料等；所涉及的领域十分广泛，极富知识性、趣味性和启发性，适合于有初中以上文化基础的工人、农民、军人、学生、干部等阅读；也可作为企业家及各种专业技术人员和大专院校师生参考。

目 录

第 1 章 材料——划时代的重要标志	1
1.1 人类进化与文明的标志——材料发展简史	1
1.2 新型材料——当代新技术革命的先锋	2
1.3 五彩缤纷的材料王国	5
第 2 章 金属材料，长盛不衰	7
2.1 金属材料与人类文明	7
2.2 金属王国的风采及其面临的挑战	10
2.3 神秘的形状记忆合金	23
2.4 未来能源材料之星——储氢合金	28
2.5 冲出传统观念的非晶态金属	30
第 3 章 古老的陶瓷，旧貌换新颜	38
3.1 一个最古老的材料王国	38
3.2 现代无机材料的再度辉煌	43
3.3 威力无比的先进结构陶瓷	47
3.4 奇妙无穷的功能陶瓷	56
第 4 章 年轻的高分子材料，千姿百态	69
4.1 20 世纪新兴的材料王国	69
4.2 现代生活中的高分子材料	79
4.3 工程塑料，传统结构材料的挑战者	88
4.4 功能高分子各显神通	95
第 5 章 先进复合材料，巧夺天工	101
5.1 复合材料是材料科技进步的必然	101
5.2 先进复合材料的原料	106
5.3 先进复合材料是怎样制造出来的	115
5.4 先进复合材料在太空遨游	122
第 6 章 电子与光电子材料，信息时代的基石	130
6.1 半导体材料和电子技术的突破性进展	130

6.2	现代电子器件的基础——单晶硅和砷化镓	132
6.3	半导体超晶格材料	137
6.4	金刚石与氮化碳	139
6.5	激光材料与光通信媒体	143
第 7 章	超导材料，神奇的无电阻导体	153
7.1	超导材料的问世及其特性	153
7.2	超导材料及其制备技术进展	155
7.3	超导材料的应用与展望	160
第 8 章	稀土，我国富有的战略资源	163
8.1	21 世纪的战略元素	163
8.2	微量稀土的奇妙作用	166
8.3	稀土之光	170
8.4	当代永磁王	172
8.5	稀土催化剂	177
第 9 章	生物医学材料，造福千秋万代	181
9.1	生物医学材料及其分类	181
9.2	人造硬组织材料	183
9.3	特种生物医学材料	186
9.4	人工器官及其关键材料	194
第 10 章	纳米材料——小尺寸中的大世界	205
10.1	世纪之交的“纳米科技”冲击	205
10.2	走进小尺寸中的大世界	212
10.3	迎接纳米时代的到来	228

第 1 章 材料——划时代的重要标志

在人类发展的历史长河中，材料起着举足轻重的作用，人类对材料的应用一直是社会文明进程的里程碑。古代的石器、青铜器、铁器等的兴起和广泛利用，极大地改变了人们的生活和生产方式，对社会进步起到了关键性的推动作用，这些具体的材料（石器、青铜器、铁器）被历史学家作为划分某一个时代的重要标志，如石器时代、青铜器时代、铁器时代等。20 世纪下半叶开始，历史进入新技术革命时代，材料与能源、信息一道被公认为现代文明的三大基础支柱。材料的发展创新已是各个高新技术领域发展的突破口，新型材料的进步在很大程度上决定新兴产业的进程，是现代社会的先导、现代工业和现代农业发展的基础，也是国防现代化的保证，深刻地影响着世界经济、军事和社会的发展。材料科学的发展不仅是科技进步、社会发展的物质基础，同时也改变着人们在社会活动中的实践方式和思维方式，由此极大地推动社会进步。当今世界各国政府对材料科学技术发展日趋重视，新型材料作为新技术革命的先锋，其发展对经济、科技、国防以及综合国力的增强都具有特殊重要的作用。

1.1 人类进化与文明的标志——材料发展简史

材料是人类一切生产和生活活动的物质基础，历来是生产力的标志，被看成是人类社会进步的里程碑。因为对材料的认识和利用的能力，决定着社会的形态和人类生活的质量，所以历史学家往往用制造工具的原材料来作为历史分期的标志。一部人类文明史，从某种意义上说，也可以称之为世界材料发展史。我们只要考察一下从石器时代、青铜器时代、铁器时代，直到目前的信息时代的历史发展轨迹，就可以明显地看出材料在社会进步中的巨大作用。为什

么石器时代绵延数十万年之久？因为人类当时只能利用岩石、木材、兽皮、骨骼等天然材料并进行粗糙的加工，生产工具极其落后，所以社会发展极其缓慢。青铜器曾经显赫一时，但又很快被铁器所取代，原因是铁这种材料性能比铜优越，资源比铜更丰富，加工制造比铜更容易。19世纪发展起来的现代钢铁材料，推动了机器制造工业的飞速发展，为20世纪的物质文明奠定了基础。近半个多世纪以来，合成橡胶、合成塑料、合成纤维和各种各样的合成高分子材料，如雨后春笋般地涌现出来，曾经“在历史上起过革命性作用的”（恩格斯语）钢铁，已经远远无法满足人类日益增长的物质和文化生活的需要。20世纪50年代以锗、硅单晶材料为基础的半导体器件和集成电路技术的突破，使人类跨入了现代信息生活，对社会生产力的提高，起了不可估量的推动作用。由此可见，每一种新材料的发现，每一项新材料技术的应用，都会给社会生产和人类的生活带来巨大改变，把人类文明推向前进。

材料工业始终是世界经济的重要基础和支柱，随着社会的进步，材料的内容正在发生重大变化，一些新型材料和相应技术正在不断替代或局部替代传统材料。材料既古老又年轻，既普通又深奥。说“古老”，是因为它的历史和人类社会的历史同样悠久；说“年轻”，是因为时至今日，它依然保持着蓬勃发展的生机；说“普通”，是因为它与每一个人的衣食住行息息相关；说“深奥”，是因为它包含着许多让人充满希望又充满困惑的难解之谜。可以毫不夸张地说，世界上的万事万物，就其和人类社会生存与发展关系密切的程度而言，没有任何东西可与“材料”相比。

1.2 新材料——当代新技术革命的先锋

纵观人类发展史，科学和技术始终是促进社会变革的重要因素。早在100多年前马克思就曾说过，科学是“最高意义上的革命力量”，他还指出“社会的劳动生产力，首先是科学的力量”。近代科技史实表明，每一次重大科学的发现、技术的创新，都使人们对客观世界的认识产生飞跃；每一次新技术革命浪潮的兴起，都使人们

改造自然的能力和推动社会发展的力量，提高到一个崭新的水平。

新型材料，通常是指对现代化科学技术进步和国民经济发展以及提高综合国力有重大推动作用的最新发展或正在发展的材料。这些材料和传统材料相比具有优异的性能和特定的功能，是发展信息、航天、生物、能源以及海洋开发等高技术的重要物质基础。事实表明：历史上每一次重大的新技术的发现和某种新产品的研制成功，都往往有赖于新型材料的发现和应用。没有新型材料的开发应用，便谈不上新的技术产品和产业进步。新型材料无愧为当代新技术革命的先锋。因此，新型材料又被誉为“发明之母”。从这个意义上说，没有材料科学的发展，就不会有高新技术产品的出现，也就失去了人类社会进步的物质基础。

新型材料是当代社会经济的先导，是现代工业和现代农业发展的基础。现代工业不仅是直接生产各种材料，而且也是需要各种材料最多的领域，可以形象地把材料比做现代工业的骨肉。比如原子能工业、电子工业、海洋开发产业的发展，对材料提出了更新、更高的要求——原子能工业需要耐辐射和耐腐蚀材料；电子工业需要超纯、特薄、特细、特均匀的电子材料；海洋开发需要耐腐蚀和耐高压的材料……。倘若没有符合要求的高质量的材料作基础，便无现代工业可言。工业是如此，农业也是这样。农业的电气化、机械化、化学化、水利化、工厂化等，都离不开材料的支持。

新型材料是国防现代化的保证，国防现代化的关键是武器装备现代化。无论是常规武器还是核武器，都需要性能优异的新型材料。世界各国都把新型材料作为国防高技术发展的物质基础和突破口，谁能更快地开发和应用具有特定性能的新材料，谁就拥有更强大的技术潜力。反之，任何一种新的武器装备系统，离开新型材料的支撑都将无法研制出来。这一点，在1991年的海湾战争中明显地表现出来。人们从滚滚烟尘中的隐身飞机、反辐射导弹、精确制导武器、复合装甲坦克等性能优异的高技术武器装备，不难看出正是那些日新月异的结构材料、不断发展的高温材料、一物多用的复合材料、巧妙神奇的功能材料等构成了这一“现代高技术武器试验

场”，也可以说是一次“最新军用材料展览会和竞赛表演”。

新型材料是科技进步的关键，现代技术特别是高技术的每一项新进展，都和新型材料开发应用有着密切的联系。没有高纯度的半导体材料，就不会有微电子技术；没有耐数千度高温的内烧蚀材料和涂层材料，人类遨游太空的梦想就无法成为现实；没有低损耗的光导纤维，便不会出现光通信技术……。相反，由于某些新材料不过关，有许多新技术的研究功亏一篑，难以实现。如太阳能的利用问题，因目前还没有能够找到一种价格低、寿命长、光电转换效率很高的材料把光能转变为电能，所以只能“望阳兴叹”，任凭这宝贵的能源白白浪费掉。诸如此类的例子，不胜枚举。

材料科学的发展不仅是科技进步、社会发展的物质基础，同时也改变着人类社会的思维方式和实践方式，推动社会进步。如金属复杂氧化物陶瓷超导体的发现，改变了人们对导电物质的传统认识，进而开发出系列超导体，带来科技史上的革命；超微颗粒材料的奇异特性，使人们可以研制出不同性质的功能材料。各种新型特殊材料的发现，使得当今科学和技术的发展，正在向包括超高压、超高温、超低温、超高速、超真空、超净、超纯、超导、超细微、超大规模等在内的自然界的各种“极限”逼近。极限化往往带来一系列在非极限条件下所没有的新效应，出现传统科学原理不再适应的新领域，使人类认识自然、改造自然的活动上升到一个新的水准。人们针对材料环境与性能的改变，通过各种不同外界条件下材料特性与材料结构的相互联系，以运动变化的观点认识新材料、研究新材料、开发新材料，也正是这种辩证逻辑的思维形式使人类在发展材料科学新概念、新构思、新方法的进程中永无止境。产生的新效应反过来又进一步改进人类的这种思维与实践活动，推动科技进步和社会发展。

材料科技水平，新型材料的发展，与一个国家的经济活力、军事实力和科技能力都有着十分密切的关系。因此，各发达国家都把新材料的研究与开发放在突出的地位，竞相制订发展规划，采取各种措施，力争抢占新材料技术“制高点”，以推动本国在各个高技

术领域持续稳定地发展。在这方面，日本一马当先，把发展新材料作为“技术立国”的基础，并把新型材料的发展放在与微电子技术同等重要的地位，日本政府已经把新材料看做是走向未来的关键技术。美国政府则把新材料研究的重点放在军事高技术领域，政府各有关部门纷纷制定发展规划和研究课题。为了在军事工业中占优势，并保持在高技术中的领先地位，新型材料的研究与开发已进入“白热化”的程度。在其《国家关键技术》报告中，美国政府列举了六大关键技术领域共 22 项关键技术项目，而新材料技术位居六大关键技术之首。西欧各国意识到新材料开发的重要性，在“尤里卡”计划中，新材料也包括在内。德、法等国都有政府部门制定的“材料科研 10 年规划”，“新材料开发计划”等，耗资巨大。其他各国也都开始对新材料予以充分注意，争相在材料高技术领域中占有一席之地，保持和争夺国家工业和军事优势。

在新型材料研究、开发与应用方面，我国也取得了难能可贵的成绩。为了适应国民经济建设、国防建设和高新技术发展对新型材料的日益增长的需要，我国的《高技术研究发展计划》（“863”计划）中，把新材料领域列为七个重点研究发展领域之一，为国家高技术各相关领域提供关键新材料并促进我国材料科技的发展。在国家计委新近制订的《未来十年中国经济发展关键技术》中，材料也被列为十大领域的关键技术之一。除中长期高技术计划外，我国新材料的研究发展工作还有国家攻关计划、攀登计划、火炬计划、星火计划等。在人工晶体、储能材料、精密陶瓷、金属间化合物、金刚石薄膜、航天防热系统材料等方面取得了具有国际水平的成就，一批科研成果进入中试和试用阶段，部分新材料已形成产业，产生了较大的经济效益和社会效益，为我国成为世界经济强国创造了条件。

1.3 五彩缤纷的材料王国

材料科学技术领域历来十分活跃，理论上的新概念，技术上的新构思，工艺上的新方法不断出现，材料科学理论和技术近年都取得了重大进展，这些进展反映了材料科学发展的趋势，将会对今后相当长

一段时间内新材料的研究方向产生很大影响。当今世界材料五花八门，分类也不尽相同。通常按物质的属性分为金属、有机高分子、无机非金属材料（包括陶瓷、半导体等）三大门类以及它们的复合材料。按材料的应用对象不同，可分为航空航天材料、信息材料、生物材料、能源材料、轻纺材料和建筑材料等。按使用性能的侧重点分为结构材料和功能材料两类。结构材料着重于材料强度、韧性等力学性能，功能材料则侧重利用材料的电、磁、光、声、热等特性和效应以实现某种功能。不同应用领域对材料的要求千差万别，按材料在各领域中的用途不同，大体可分为电子信息材料、新能源材料和特殊条件下使用的高性能结构材料和功能材料。电子信息材料是指发展电子计算机技术、微电子技术和通信技术等信息高技术所需的新型材料，主要有半导体材料、敏感材料、光导纤维材料、信息记录材料等。新能源材料，指为开发新能源而需的新材料，主要有光电转换材料、超导材料、高密度储氢材料和高温结构陶瓷材料等。高性能结构材料和功能材料，系指在高负载、超高温、超高压、超低温等特殊情况下使用的结构材料和功能材料，主要有高性能结构复合材料、高分子功能材料、新型合金材料和生物医用材料等。

当今社会的发展面临着人口膨胀、资源短缺、环境恶化三大问题，人们在创造社会财富的同时，也在不断地破坏人类赖以生存的环境空间。自然资源耗竭和贫化已逐渐成为阻碍经济稳定高速发展的主要因素之一。针对这一问题，最近几年在国际材料界出现一个新的研究领域——环境材料，指同时具有优良的使用性能和最佳环境协调性的一大类材料。这类材料对资源和能源消耗少、对生态与环境污染小、再生利用率高或可降解化和可循环利用，而且要求从材料制造、使用、废弃直到再生利用的整个寿命周期中，都须具有与环境的协调共存性。因此，所谓环境材料，实质上是赋予传统结构材料、功能材料以特别优异的环境协调性的材料，它是材料工作者在环境意识指导下，或开发新型材料，或改进、改造传统材料。环境材料作为材料科学与环境科学的交叉正在形成一个新的研究领域，拓宽和丰富了材料的研究领域。

第 2 章 金属材料，长盛不衰

2.1 金属材料与人类文明

大约在公元前 5000 年，人类从石器时代进入了铜器时代，尔后在公元前 1200 年又进入了所谓铁器时代，它们是标志人类生产力发展的里程碑，具有划时代的意义。金属材料的出现表明了当时人们在获取高温和耐火材料（陶器）技术达到了一个新的高度，人们学会了用炽烈的火焰在陶质容器内把金属熔化，然后倒在模腔内，铸成剑和箭头。铜比铁先应用，主要因为在自然界中存在着天然铜，而且铜的熔点比铁低。在炼铜技术逐渐发展的过程中，人们事实上已经运用了“合金”的概念，最早的合金可能是青铜，它是由大约九成铜、一成锡融合而成的，人们发现随着锡的比例增大合金变硬，也就是说，“合金”比单一的金属更坚韧，因此人们制造出不同含锡量的青铜，以适于不同的用途，后来又出现了铜和锌的合金即黄铜。尽管工匠们这样做完全是凭其经验，并不知其所以然，但是也反映了人们的智慧和创造精神。

在古代，除了铜和铁以外，人们还会制造铅和锡的制品，同时也出现了金和银。金和银被称为“贵金属”，因为它们具有艳丽的光泽，而且长期不褪，此外它们可以经过反复熔化而重量损失甚少。正是由于这些特点，人们用它们做成首饰，美化自己。后来，贵金属自然地成为货币。使用货币，是人类生产力发展并有剩余物资流通的标志，是人类文明的一大进步，这时人们占有贵金属的多少成为衡量财富的尺度，人们追求的是它们作为货币的身份而不是一般的使用价值了。从这一点上，也可反映金属材料 and 人类社会经济的发展有着多么密切的关系。与金银相对的其

他金属铜、铁、铅、锡等当时相对地被称为是“贱金属”，古代人们并不清楚金属为什么会有贵贱之分。人们很自然地设想，不能把“贱”金属变成“贵”金属呢，这不是一个最好的生财之道吗？不难理解，公元初期在中东兴起的“炼金术”或“点石成金”的热潮，当时认为“点金石”可以把贱金属变成贵金属，直到17世纪末这种追求在中东和西欧仍然盛行。客观地说，不能把古代的炼金术完全看成是一种愚昧的行为，尽管有一些利令智昏的人，他们想凭借咒语乞求神的帮助点石成金，陷入了不切实际的梦想，然而与此同时，也有许许多多的工匠们他们不靠什么咒语，而是在扎扎实实地做着各种各样的试验，最后创造了不亚于炼金术的奇迹，他们发现了把矿石转变成金属的方法，即用木炭把矿石还原成金属的熔炼技术。在开始阶段，由于杂质的影响，金属的质量不高，有人把它归咎于魔鬼作祟，然而随着技术的进步，这些“魔鬼”一个一个地被征服了，这不能不说是人类文明的进步。哲学家弗朗西斯·培根做了一个很形象的比喻：炼金术可以比做一个老人告诉他的儿子说，他把留给他们的金子埋在葡萄园里了，但他的儿子们翻遍了葡萄园的沃土，找不到任何金子却获得了葡萄的丰收。

从中世纪到工业革命的时期，金属生产向着规模化的方向发展，一些效率更高的大型炼铁炉被建造起来。据记载1711年英国出现了高6 m和2.5 m见方的“高炉”，日产铁6 t，这种炉子建在山坡上，工人们把矿石和木炭从半山腰的平台上倒入炉中。以后这些炉子改用焦炭，并加上鼓风，慢慢演变为近代的高炉，这是炼铁工业的起点。由于铁的大规模生产，随之而来的是人类物质文明的进一步提高，铁轨、铁桥、铁船、铁管、铁塔如雨后春笋，遍地开花。

1856年8月一个叫亨利·贝塞尔的英国人宣布了他的把铁炼成钢的方法。他把空气直接鼓入铁水中，使杂质烧掉。贝塞尔是一个值得称赞的发明家，他遭受了许多失败和讥讽，但是他偿还了所有债务，继续坚持下去，直到成功。虽然他成功了，但他仍然遭到反

对，人家不相信他的钢比铁好。有一次他劝说一位铁路工程师用钢建造铁路，得到的回答却是：“你想看到我因犯杀人罪而受审吗？”20多年后，1879年12月29日夜，一列火车经过曾被称为世界工程奇迹之一的苏格兰泰河大铁桥时，大桥坍塌，78人丧生，桥断的主要原因是铸造缺陷和材质问题。血的教训使人们正视到当时已能大规模生产的钢是更适合的工程材料，于是，钢轨、钢桥、钢船、钢枪、钢炮……逐步取代了铸铁。

电的产生与应用是人类社会近代发展的最重大转折，但是应该记住，正是金属才是人类这一进步的阶梯。1831年迈克尔·法拉第发现了电磁感应原理，解决了电动机、发电机的原理；1861年安东尼奥·帕西诺蒂发明了用铜做的环状绕组系统，使发电机的制造切实可行；1870年吉诺伯·格拉姆在上述基础上才做成了发电机；1879年一台发电机在柏林展览会上表演，驱动了一辆载有20名乘客的三节小型电气机车。正是由于金属材料优良的导电性，使得电的产生与应用成为现实，从而推动了人类电器化时代的车轮。

19世纪末到20世纪中叶，是合金钢和其他金属材料飞速发展的时代，低合金高强度钢、超高强度钢、合金工具钢、高速钢、不锈钢、耐热钢、耐磨钢、电工用钢等等相继研究成功，加上铝合金、铜合金、钛合金、钨合金、钼合金、镍合金，以及各种稀有合金，全世界合金的品种达到数万种，生产量和消费量大幅度增长。在全社会的经济发展中发挥了主导的作用。1910年新的工具钢W18Cr4V的发明曾经震撼了世界，这种合金有很高的硬度，而且当温度达到600℃时硬度也不会下降，从而大大提高了刀具的耐用度，可使机床的切削速度成倍增长，所以这种钢被誉为“高速钢”，它对当时机械工业的发展起了极其重要的推动作用；不锈钢的发明是材料发展史上又一项重大成就，从20世纪20年代开始工业规模生产，为化学工业的发展做出了重大贡献，至今全世界不锈钢年产量近2000万吨，能满足许多重要部门的应用，并仍在不断发展，精益求精；超高强度钢从20世纪