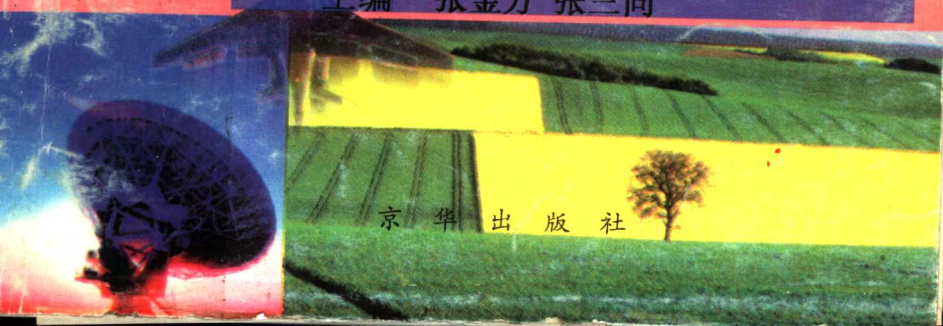




材料科学

21世纪科技大趋势

主编 张金方 张三同



京 华 出 版 社

21世纪科技大趋势 ①

人类进步的基石

——材料科学

张小东 编写

京华出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

21 世纪科技大趋势/张金方, 张三同主编. —北京: 京华出版社, 1997. 5

ISBN 7-80600-233-2

I. 21… I. ①张…②张… III. 科学技术—远景—普及读物 IV. N1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 06161 号

京华出版社出版发行

(100832 北京阜成门外大街 34 号 8 号楼)

北京师范大学印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

※

787×1092 毫米 32 开 46 印张 910 千字

1997 年 5 月第 1 版 1997 年 5 月第 1 次印刷

印数: 1~12000 册 定价: 54.00 元

《21 世纪科技大趋势》丛书编委会

主 编 张金方 张三同

副主编 欧阳青 张哲生 李自然 白 洁

编 委	张金方	张三同	张哲生
	于笑然	白 洁	李自然
	何云峰	陈少发	安全贵
	吕卫东	霍书梅	宋 全

策 划 宋 全 高洪凡

编 前 语

伴随着时光的流逝，人类历史上一个重要的世纪——20 世纪，在高科技文明的掩映下，正悄然地离我们而去，一个希望与挑战并存的 21 世纪则满怀着强烈的激情向我们走来。

适逢世纪更迭的关键时刻，我们除了重温以往的舒适与优越之外，更应理智地立足现实，总结过去，展望未来。21 世纪将是科技时代的预言已成为人们共知的真理，到那时，现今的中小学生无疑将是驾驭科技的主体。而遍观我国目前的中小学教育，相关的科技内容却十分匮乏，很不利于学生科技意识和能力的培养。基于此，由国家教委普教处和北京市科协组织部分专家学者，从现实出发，选取与我们的关系密切的内容为写作对象，策划编写了《21 世纪科技大趋势》丛书。全书分 14 册，包括气象科学、医疗技术、计算机技术、海洋工程、机器人技术、生物工程、交通科学、军事科技、信息技术、环境科学、航空航天工程、材料科学、能源科学等方面的内容。希望通过这套丛书使同学们从中了解当今科技热点发展的动态及趋势，提高和培养同学们发明创造的素质与能力。

当然，由于时间等多方面原因所致，不足之处在所难免，还望同行与读者批评指正。

编者

1996 年 12 月 28 日于北京

目 录

编前语	
1. 材料的历史	(1)
1.1 材料与人类文明	(1)
1.2 工业革命与新兴材料	(6)
1.3 原料能提供无穷财富吗	(10)
2. 材料的业绩	(13)
2.1 飞机发展的关键	(14)
2.2 农业现代化的坚强后盾	(19)
2.3 新能源中的老问题	(20)
2.4 国防军事的当务之急	(24)
2.5 节能技术的突破	(25)
2.6 科学实验的先锋	(27)
3. 丰富多彩的材料世界	(30)
3.1 材料世界的三大领域	(31)
3.2 富有的传统原材料——木材	(32)
3.3 经济发展中重要的材料——金属	(35)
3.4 合成高分子材料——分子界的巨人	(43)

3.5	无机非金属材料	(55)
3.6	复合材料	(57)
3.7	功能材料	(67)
3.8	半导体材料	(72)
4.	未来材料	(76)
4.1	新型金属——合金材料	(76)
4.2	影响深远的光电子材料	(87)
4.3	面向未来的先进超级陶瓷材料	(89)
4.4	材料的发展趋势	(92)

材料的历史

1.1 材料与人类文明

简单回顾一下历史便可知晓，正是在历史发展过程中以及与此相联系的人类知识和经验的增长过程中，材料的使用才得以发展。我们可从中得知：是哪些或哪类材料在一定的历史条件下最能满足技术和经济的需要；同时还可看到，材料的发展与社会的发展以及人类文明之间贯穿着一条辩证的线索。

在人类发展史的早期阶段，直接获取的自然财富被用于满足最简单的需要。自然财富、原料、材料、产品阶段几乎是协调一致的。由于没有分工，并且只不过是满足自身的直接需要，所以精加工的劳动比重很小。随着分工程度的深化，对在自然界寻觅到的原始材料进行加工的兴趣提高了。此后，长期以来所形成的社会关系，不断提供新的途径来更多地生产消费品和改善居住条件。如果人类想要改善生活条件，那么无论在哪个社会阶段，都必须发展

技术及与此相联系的材料使用为前提。人身体上的“工具”、“发动设备”和感官均有局限性。如果没有具备相应数量、质量、形式和布局的一定材料，没有必要的知识和技能，人类便会停留在原始阶段。

数百万年前，人类摆脱了动物界，开始有意识地使用石头。除了骨头之外，石头是人类最早使用的材料之一。起初这种材料造型粗糙，但后来经过加工，使人类得以掌握多倍于体力的力量，人类被迫发展那些在环境斗争中取胜的能力。人类先是用石头和骨头制成简单、基本的工具来补充手掌、手指、指甲和牙齿的功能。这些工具是手握的。当他们获得了不仅使用原始石头，而且进行加工的能力后，几乎等于完成了一次革命。当人类约在 50 万年前使用火时，石料的价值就更大了。人类是由劳动创造的，劳动又是从制造工具开始的。在已经发现的旧石器时代的人类遗址里，可以看到我们的祖先用石头打磨制成的石刀、石斧、刮削器等，这些就是人类早期曾经用过的工具。劳动工具的出现，也带来了社会物质和人类文明的进步。

四、五十万年前北京猿人群居洞穴，狩猎为生，使用的工具主要源于石头和骨头，制作粗糙，用途尚未分化。他们的生产力水平低下，生活维艰，甚至弱肉强食。考古学家还发现猿人有食人之风，也许猿人根本没有意识到这样做是否道德。至于打扮自己——美的概念，他们连想也不会想。

在 18,000 年前山顶洞人的洞穴里，曾发现七件穿孔的石珠，五件穿孔的海蚶壳和一百多只穿孔的象牙。这说明了比较温饱的人类萌发了爱美之心。山顶洞人掌握了磨

制和钻孔技术，能制造比较精致的石器和骨器，用骨针把兽皮缝制成衣服。

古生物学研究证明：在这个时期，除了能加工粗糙的石器外，还能制造工具。除了拳状镞之外，还有刮刀和刮板。骨头、象牙、石头和植物编织物被用来制造鱼叉、鱼钩和鱼网等。原始时代和史前时期用“划时代材料”来命名历史阶段，形象地说明了材料在人类历史上的重要性。

公元前 15,000 到 10,000 年之间，形成了早期的农业。此间产生的初期劳动生产力革命——农业革命的必然结果，是原始社会的解体。虽然材料仍局限在传统原料之内，但人的能力提高了。他们可以把材料加工得更加精细，而且富有艺术性。

约在公元前 7000 年，开始了最早的社会分工，形成了游牧部落和农耕。同时，材料及其产品有了进一步的发展，如罐壶、纺织和编织产品。至此，人类活动的产物主要来自直接支出的劳动，即活劳动。直到劳动分工和出现专式的制作时，劳动过程的组成部分才被加以区别。这就是劳动力、劳动工具和劳动对象。这个时期（其演变过程长达数千年）可看作是材料诞生的时期，劳动是慢慢地被物化了。

六千多年前的西安半坡遗址为我们提供了丰富的文物和史料。出土的汲水用尖底陶罐、鱼纹彩陶盆、口沿有几十种符号的陶钵都十分精美。半坡人普遍使用磨制的石铲、石刀等石器。他们还把骨、角制成针、锥、鱼钩、鱼叉和弓箭。岩石、兽骨和陶土成为他们熟悉的材料。

石器的使用历史最为漫长，达二、三百万年之久。后

来由于生产力的发展，我们的祖先在不断改进石器和寻找石料的劳动中，发现了天然铜块（自然铜），把它加热锻打，加工成各种器物，铜首次被有意识地用来作为材料。后来又发现把锡矿石加到铜里一起熔炼，制成的物品更加坚韧耐磨，这就是青铜。一般来说，原始的农业、手工业和文字是青铜时代的特征。

公元前 5500 到 4000 年之间，随着灌溉技术的出现以及顺乎自然而形成的手工业，人类进入其生存的一个新的历史阶段。早期东方人在河谷地区居住，使农业和手工业分开。这是第二次大的社会分工，它使劳动生产率急剧增长，从而使少数人能够占有剩余产品和行使他们的权力。可以想像，一个古代狩猎者为保障其生存基础，需要有 20 平方公里的猎区；而以农田为生存基础的耕农，则可在相同的面积上养活 9000 人。显然，这个时期的初期已取得了巨大的进步，而后来的自然手工业和灌溉技术更使其大大向前迈进，彩陶是这个时期引人注目的改进。考古人员除发现了简单的用品外，还发现大量的容器，尤其是有相当艺术价值的绘画的容器。金属铜比石头具有更广泛的用途，这使它更广泛被采用，而石头作为材料已退居第二位。更主要的发展成果是青铜，铜具有这种形式后，才大大优于石器。起初，人们只是无意识地在铜内加入其它金属，如铅、锌、银和锡而得到合金。但不久便认识到，这些真铜和假铜具有比纯铜更好的性质，而用 6~20% 的锌制成铜合金的效果最佳。

在青铜时代早期，就发明了金属浇铸这一重要工艺技术。它主要用于合金成分大于 10% 的合金，因为这时已经

不能再用锤打的方式进行加工。青铜熔炼是个突破，此后便能生产成分不同的新材料，冶金迈入技术历史的前列。随之而来的是金属分割、成型、焊接等不同的金属加工技术，同时，也使社会物质水平和人类文明得到不同程度的提高。

在五千多年前的仰韶文化遗址中，发现了陶制纺轮和骨针，有的陶器上留有麻布纹的痕迹，说明人们已懂得纺织。在3500~3000年前的商代遗址中，出土了大量青铜器，包括青铜乐器铜铙。河南安阳出土的商代晚期大司母戊鼎重达875公斤，以其精美壮丽闻名中外。商代的墓葬物中已经有镀锡的铜器和锡、铅、金器，商代的甲骨文字中，有不少“车”、“舟”、“帆”字，反映出当时的交通已有相当高的水平。

我国的青铜冶炼始于夏代(公元前2140~1711年)。进入奴隶社会以后，炼铜技术发展很快。所使用的劳动工具、武器、食具、货币、日用品和车马装饰，都是用青铜制造的，显示出我们祖先精湛的艺术才能。更主要的是青铜材料代表一种新的生产力登上了历史舞台，有力地促进了生产的发展和人类文明的进步。

铁的出现，在很大程度上与陨铁的发现有关，但铁矿开采可能与铜矿开采有关。铁加工曾有技术中心，一个中心是西亚，另一个中心是中国。在那里，当时正向最早期的机械过渡(使用动物和水轮作动力的最老的机器)，直到18、19世纪的工业革命才从数量和规模上超越了这个阶段。越来越多的手工业者能自力开采和加工金属。少数锻工场掌握了加工和制作最精良铜材的技术。淬火钢获得了声誉，古代称之为塞乐铁。为获得熔化金属矿石达到的温

度，使用了木炭。但如果没有充分的氧气，木炭最高只能达到 900°C ，被熔渣污染的初级产品在炽热状态下加以锤打，使其净化，从而可得到可锻铁。根据考古挖掘和现有的文献来判断，铁在公元前 12 世纪最终占据了统治地位。

2700~2400 年前的春秋时代，我国人民已经掌握了冶铁技术，比欧洲早 1800 年左右。那时是战国时代，铸铁的生产和应用显著扩大，已经使用铁模铸造农具，白口铁、展性铸铁、麻口铁等品种相继出现，进而由铸铁发展到炼钢，并且发展了三种不同的炼钢方法。

我国的传统冶炼和浇铸技术，包括精密浇铸技术延续发展了一千多年，直到六百多年前的明朝还在世界上处于遥遥领先地位，这也是我国灿烂的古代文化繁荣的基础，我国劳动人民对人类文明作出了巨大贡献。

在公元一世纪来临时，技术发展达到了第一个高潮。罗马帝国的崩溃和此后许多世纪许多社会生活领域的停滞不前，禁锢了技术的进步。

2.2 工业革命与新兴材料

公元 1000 年以后，技术领域才开始了一个新时代。原料的开采和加工技术经历了重要的繁荣阶段，当时以水力为驱动能代替以往动物和人的力量。利用水力驱动的鼓风机使冶炼达到的温度，可将铁化为液体，铁在炉火中被加工成可锻铁，从而发明了精炼法。此法直到 18 世纪末才被其它方法淘汰，直到这时才可以大量生产质量较高的铁。

18 世纪是技术革新的世纪。对行将到来的基础材料工

业发展来说，最重要的发明是吴国掌握了用硬煤炼焦并用于为炼铁输入能量。后来很快就发明了搅炼法，这种炼钢法可使用硬煤而不使其接触铁。1856年，在把常压空气鼓进一个转炉内将铁变为钢的时候，引起了极大轰动。19世纪，西汀丁——马丁法和托马斯法标志着炼钢技术的完善。

在此，涉及到材料史上一个新的历史阶段。因为它是科学技术革命以前人类历史上整个生产力系统第一次革命性转变的标志，故对其作几点重要说明。

18世纪中期，可以看出当时最进步的国家（如英国）的技术发展趋势，这种发展在数十年内即导致阶级结构发生史无前例的变化，这就是18、19世纪的工业革命。当（1879年）革命的风暴席卷法国时，英国正在发生比较安静的、但同样是巨大的变革。蒸汽和新的工作母机把手工工场转变为现代化大工业，从而使市民社会的全部基础发生了革命性变化。手工工场的缓慢发展过程转变为一个真正暴风雨般、突飞猛进的生产阶段。

劳动手段的变化，即从工具到机器的飞跃，促使其它工业部门也不能停滞不前。机器在重工业和交通中的应用也具有同样重要意义。这种变化与材料有多大关系呢？

18世纪中期，由于生产金属所需的木炭不断增加，使英国的森林遭到严重砍伐。如果仍然不控制砍伐，便威胁到水土的保持。寻求新的、利用硬煤炼钢方法，不但能使生产保持当时的水平，而且能加以提高，以适应国民经济增长的需要。经过许多试验终于达到目的，1759年卡龙制铁厂首次用煤代替木材。1750年一炉的产量约为300吨，而1800年之后已达到1500吨，1783年首次使用的炒钢法

使钢铁生产发生了一次革命，它提高了钢的产量，最后还成功地把蒸汽机用在钢铁的生产中。在此之前，蒸汽机已经用在深度日益增加的矿山，以解决排水问题。

随着纺织工业建设对机器需求的不断增长，出现了新的工业部门——机械制造业。这个工业的劳动对象很久以来始终是木材，而且动工方式最初大多是木材加工，后来对铁、钢、黄铜和其它材料逐渐增多加工。在资本主义生产把国民经济立于新的基础上、将它所占领的市场统一为国内市场的情况下，必须用新的交通系统把生产与消费、原料与销售市场联系起来。因而，建造铁路就成为工业革命的巨大推动力，“钢铁时代”来临了。但这个时代几乎没能达到其骄傲的顶峰，因为新的材料已经问世了，那就是塑料。

天然产物的转换及合成材料的历史同焦油染料工业的历史有密切联系。焦油染料工业在19世纪末期是作为过去有机化学的工业结晶而形成的。随着硬煤炼焦的增多，焦油产量也增加了，因此人们普遍寻求利用这种废物的方法。1856年，英国人威廉·亨利·泊金找到了一种大规模生产有用染料苯胺紫的工艺。当科库勒斯于1865年发现苯的化学式——碳化物的关键，一个新的工业就诞生了，最初主要生产染料和药品。19世纪70年代至90年代是以电磁理论的建立及其在工业上的应用为主要标志的。法拉第发现了电磁感应现象以后，有实用价值的发电机已经制成。但是，电在工业上的应用，并不是从制造发电机开始的。也就是说，电不是首先作为能源使用，而是用于电报和电话等通信事业。因为那时候电灯、电动机等一类电器还未出

现，发电机发出的电用不了，电没有多大销路，因此电力工业得不到大发展。自从 1879 年美国大发明家爱迪生发明了白炽电灯以后，每家每户都用电照明，用电量猛增，大规模工业发电才迅速发展，电力革命的曙光才照到人间。

白炽灯泡的发明，是与灯丝试验成功密切相关的。爱迪生花费了一年多时间，一共试验了一千多种灯丝材料，最后采用碳纤维才获得初步成功，以后又改用高熔点的钨作灯丝。大大小小的电灯泡推动了美国工业发展，发电厂（站）像雨后春笋般建立起来。电力工业发展的需要，促进了发电机、电动机、变压器、电线和电缆工业的诞生和发展。同时，还推动了材料与工艺技术的发展。例如，各种导体、绝缘体以及后来半导体材料的发现；电镀、电解、电焊、电火花加工等新工艺的应用。

工业革命后英国的钢铁产量大幅度上升，年产量从一万吨猛增到 130 万吨。钢铁、无机化工材料、机械等工业产品占世界总产量一半以上，获得了“世界工厂”的称号。这次工业革命，正如 1848 年《共产党宣言》中所说的：“资产阶级在它的不到 100 年的阶级统治中所创造的生产力，比过去一切时代创造的全部生产力还要多，还要大。”

本世纪前半期，则以核能、飞机、汽车、化工和电子计算机的发明或发展作标志的。放射性材料镭和钋发现以后，核裂变原理取得重要成果，核能开始被利用。飞机的革新是与航空材料的进步密切相关的；1927~1931 年是化工技术发生转折的时期，继塑料以后，合成橡胶和合成纤维材料相继问世，使有机合成材料工业进入一个崭新阶段；本世纪初，内燃机技术取得突破，汽车开始大量生产；还

有 1945 年世界上第一台电子计算机的发明；1957 年第一颗人造卫星上天等。

当今世界，我们正面临着又一场新的技术革命——有人称之为第四次工业革命。这次革命是以信息科学、材料科学和生物科学为前沿的。世界科技界权威人士认为，这场工业技术革命所带来的影响和创造的社会财富，将远远超过历次工业革命。

在回顾历史时，不仅要看到质的问题，也要看到量的问题。从时代上看，材料的发展是相当缓慢的。用于材料的原料长期以来是有限的，只是随着工业革命及其产生的社会效果，才发生了变化。不同材料领域的科技迅速进步，在很大程度上标志并丰富了我们的时代。

1.3 原料能提供无穷财富吗

原料的基础包含于物质世界之内。人类通过劳动，将天然状态下的物料（其中有 75% 属于天然宝藏，25% 来自农业、林业和海洋经济）略加处理，便取得原料。实践中还分为一次原料和二次原料。前者从自然界中分化出来，并只经过一个阶段的加工；后者是在生产消费或个人消费的一定阶段上分出并返回生产过程。物料（天然资源）经过人类的劳动转变为原料。人类把原始的、天然的物料从其自然结构中分化出来，在这个阶段，原料成为社会上的消费对象或生产资料。由此可以得出结论：要满足人类的任何物质需要，都要有原料。因此，对原料的需要将经历长期的、然而却是根本的转变。动、植物产物用来维持生命，