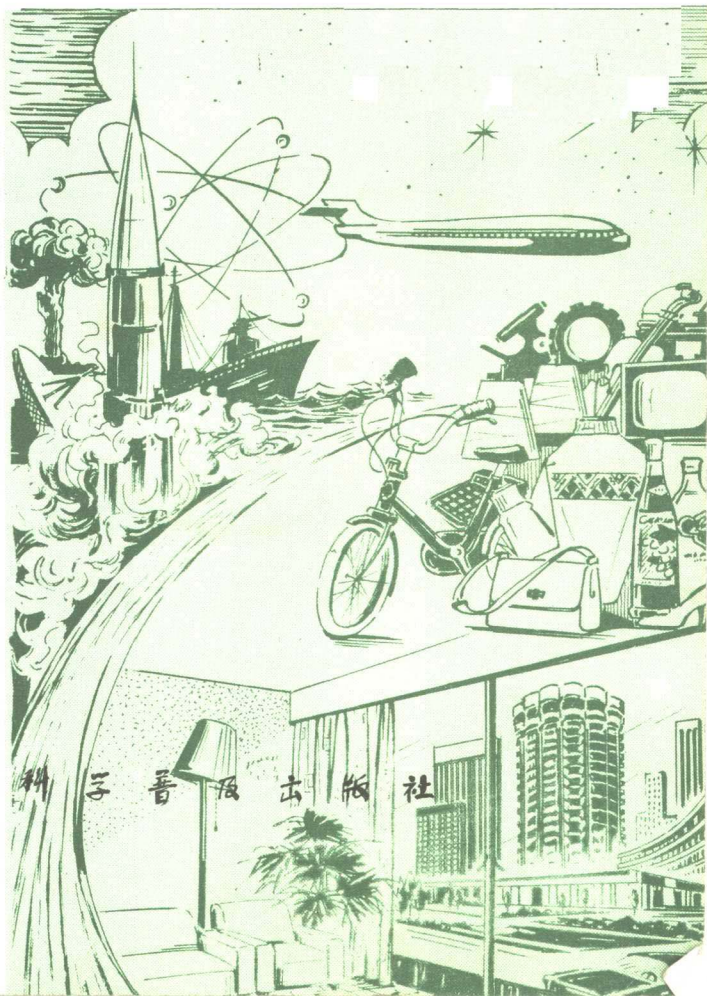


# 材料世界漫游

中央人民广播电台科技组 编  
科学普及出版社 编辑部



科学普及出版社

科学广播

# 材料世界漫游

李湘洲 编著

科学普及出版社

## 内 容 提 要

这是一本介绍材料科学技术知识的普及读物。它首先回顾了人类应用材料的历史，然后通过实例说明材料在工业、农业、国防、科学技术和人民生活中的重要作用，并分类介绍各种材料的性质、特点和应用，最后展示出材料和材料科学的发展前景。

本书内容丰富，写得也比较深入浅出，生动活泼，可供具有中等文化程度的广大干部和工农兵阅读，也可作为青年学生的课外读物。

## 科 学 广 播 材 料 世 界 漫 游 李 湘 洲 编 著

科学普及出版社出版 (北京白石桥紫竹院公园内)  
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售  
山西新华印刷厂印刷

开本：787×1092毫米 1/32 印张：3 $\frac{1}{4}$  字数：69千字

1980年10月第一版 1980年10月第一次印刷

印数：1—10,400册 定价：0.30元

统一书号：15051·1003 本社书号：0125

## 写 在 前 面

革命导师马克思曾经说过：“自然界提供劳动以材料，劳动把材料变为财富。”从万里蓝天翱翔的银燕到实验室的精密仪器；从海底石油钻机到别具匠心的手工艺品；从工矿企业的厂房、机器和设备到我们日常生活的用具、衣服和住房，都无一不是由各种各样的原材料制成的。这许许多多的原料，经过人们勤劳的双手把它们变成了经济建设和人民生活的物资财富。

到本世纪末，我国要在一切能够使用机器操作的部门和地方全面实现机械化，在城乡实现电气化，在工业生产的主要部门实现生产过程自动化，广泛采用先进技术，大幅度提高劳动生产率，使我国国民经济走在世界的前列。要实现这个宏伟的目标，不但需要大量的钢铁、有色金属、非金属、合成高分子材料和复合材料，而且需要很多半导体材料、功能材料和高强度、耐高温低温、耐腐蚀以及耐辐射等特殊材料。同时，许多科学技术领域，象提高汽轮机效率、磁流体发电、太阳能利用、光导纤维通信、空间技术等等都需要材料过关，才有可能取得突破性进展。

俗话说：“巧妇难为无米之炊”。材料在四个现代化建设和人民生活中的地位，就和做饭的米一样重要。材料科学是八个带头学科之一。只有大力发展材料工业和材料科学研究，实现四个现代化才有取之不尽、用之不竭的物资源泉。

为了帮助大家了解材料科学技术方面的知识，中央人民

广播电台《科学知识》节目曾举办《材料科学讲座》。此书是在广播稿的基础上作了修订和补充而成的。

李 湘 洲

1979年12月于长春

# 目 录

写在前面

|                          |      |
|--------------------------|------|
| 一、历史的足迹 .....            | (1)  |
| 石制工具——人类的出身证 .....       | (1)  |
| 灿烂的青铜时代 .....            | (5)  |
| 钢铁“元帅”的出世和成长 .....       | (9)  |
| 二、材料的丰功伟绩 .....          | (14) |
| 突破“音障”与“热障” .....        | (14) |
| 农业现代化的坚强后盾 .....         | (17) |
| 国防建设的当务之急 .....          | (20) |
| 科学实验的开路先锋 .....          | (23) |
| 我们生活的亲密“伙伴” .....        | (32) |
| 三、材料世界漫游 .....           | (37) |
| 金属材料的主力军——钢铁 .....       | (38) |
| “有色”与“稀有” .....          | (43) |
| 无机材料换新颜 .....            | (50) |
| 多才多艺的功能材料 .....          | (54) |
| 名震环宇的半导体 .....           | (63) |
| 分子世界的“巨人”——合成高分子材料 ..... | (72) |
| 前途无量的复合材料 .....          | (80) |
| 四、材料科学与未来 .....          | (86) |
| 材料的微观世界 .....            | (86) |
| 材料科学一瞥 .....             | (88) |
| 分子设计与新材料 .....           | (91) |

## 一、历史的足迹

翻开人类文明的史册，我们可以发现，生产技术的进步是和新材料的应用密切相关的。每当出现一种新材料，社会生产就获得一次大发展，整个人类社会也就随着产生一次新的飞跃。因此，历史学家往往把制造工具的原材料作为社会发展的标志。从原始社会以来，人类经历了石器时代，青铜器时代，铁器时代。如今，我们正在跨进人工合成材料的新时代。让我们回顾一下在各个社会历史阶段中，每一种材料是怎样产生和发展起来的。

### 石制工具——人类的出身证

在大约200—300万年以前，地球上出现了人类。这是生物界的一次大分化，也是自然史上的一次大飞跃。从此，自然界出现了一支改造自然的新生力量。

恩格斯指出：“动物仅仅利用外部世界，单纯地以自己的存在来使自然界改变；而人则通过他所作出的改变来使自然界为自己的目的服务。这便是人同其他动物的最后的本质的区别”。人类不同于其它动物的根本特点是在实践中学会了制造工具，并且利用工具来改造自然，促成自然界朝着有利于人的方向转化，人类正是在运用石制工具和自然作斗争与改造环境过程中诞生的。

当森林古猿从树上下到地面生活的时候，食物的来源不

象在树上摘果子那么容易了，他们必须去挖掘可食植物的根和块茎，去猎取弱小动物；同时，地面生活不比住在树上安全，经常有飞禽猛兽来袭击。长期的生活经验告诉他们，赤手空拳地对付这些野兽是不行的，他们必须拾起木棍、石块，作为进攻敌害的武器。并且，他们还发现，用带尖的石块或木棒挖掘地下根、茎，比单用手指省力得多。于是，他们便选取那些适用的石头、木棒、兽骨这样一些天然工具，当做自己的生活助手。

当然这还是利用现成的工具，并不是制造的工具。那么第一批石器是怎样制造出来的呢？《圣经》上说是人类的始祖亚当被赶出伊甸园后，在一个晚上造出来的；中国古代传说是天上的雷公丢下来的，因此把石斧也叫雷公斧。其实，地上没有伊甸园，也没有亚当；天上没有雷公，也不会有谁丢下雷公斧。最早的石器既不是从天上掉下来的，也不是哪个先哲创造的，而是劳动的产物。

从古猿使用自然物到原始人类使用经过加工制造的粗糙石器，经过了一个漫长过程。

在自然界，石块互相撞击会产生很多碎片。山洪暴发时洪水冲击山石；岩层风化而产生崩裂引起石块之间的互相撞击；另外洞穴倒塌引起石块之间相互碰撞。这些情况时常发生，产生很多碎石片。原始人逐渐发现了这些碎石片的用处，感到用一些比较锐利的石片来袭击野兽杀伤力比较大，同时用带有锋利刃的石片来割兽皮、切兽肉非常顺手。这对于人类的祖先，是多么重大的启发呀。于是他们用两块石头互相碰撞，从碎石和石片中选取合适的。带尖的当做打击野兽的武器；细长的用来挖掘食物；石刃锋利的用来切割野兽皮肉。



石制工具的原料主要是燧石、石英石。这些石头到处都有，并且具备坚硬、纵裂成薄片、崩解为锋刃三个特点，容易制造石器。在北京周口店发现北京猿人所用的石器，基本上有两种。一种是石英石或其它硅质矿物，北京猿人采集到这些石头以后，把它打成一定形状的石片，使它产生锋刃，这是北京猿人的石刀；另一种是细砂岩和火成岩，这是从河床上拣来的鹅卵石，用其它石头把它砸成棱角，产生薄刃，北京猿人用这些工具割兽皮，切兽肉。



图1 中国猿人使用的石器

石器是原始人类的主要工具。由于使用工具和制造工具，又促进了手越来越灵巧，全身也发生了相应的变化，并且一代一代传下去，连绵不断地进行着人类体质的发展和进化。到了距今六、七千年以前的原始社会末期，我们的祖先已经从打制石器的旧石器时代发展到了磨制石器的新石器时代，并且开始用火来烧制陶器了。

石制工具的制成，是地球生命发展中的一次伟大事件，是一次划时代的转折，因为有了它才使人最终从动物中分离出来。不要小看这200—300万年前那些粗制滥造的石器，它的作用和影响并不亚于现代科学技术中原子能的发现和利用。要知道，那些石器是人类的祖先在1千多万年的长期斗

争中获得的第一件劳动产品，可以说是人类的出生证。要把石头磨成各种器具，就是在有了机器的今天，也不是轻而易举的事，何况在手无寸铁的原始社会里，遇到的艰难是可以想象的。现在看起来似乎很简单，在当时却是一个了不起的发明。

石器的影响，世代代留在人们的记忆中。即便是在青铜和铁器使用很久以后，这种最早的工具仍然受到崇敬。恩格斯在《自然辩证法》中讲到，世界上有些民族在祭祀时宰杀牲畜还用石刀，凯尔特人和日耳曼人祭神时用的也是石刀。为什么在有了钢刀以后还要用石刀？恩格斯认为这种习惯很可能是对石器神奇力量的一种怀念。我国古代传说盘古氏用一把斧头开天辟地，这是怎样一把斧头呢？在那样早的时候，既不会有铜器，更不会有铁器。因此，这把斧头只能是石斧。人们对盘古的歌颂，也是对石器威力的歌颂。



图2 猿人用石块摩擦取火

## 灿烂的青铜时代

火的发明是人类历史上一个伟大的创举。火的应用是从石器时代过渡到青铜时代、乃至铁器时代的前提。

我国原始社会后期开始有陶器，说明我们的祖先已经能够利用火所产生的高温，把用粘土制成型的容器烧成陶器。早在仰韶文化（新石器时代文化，在今河南浥池县仰韶村）和龙山文化（新石器时代晚期文化，在今山东章丘龙山镇）时期，制陶技术已经很成熟。这就为铜的冶炼提供了必要的条件。

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）。由于它具有金属光泽和较好的延展性，很容易引起人们的注意，也较易为人们加工利用。把自然铜放入陶窑中加热，就可以进行锻打以至熔铸。以后又逐步过渡到用铜矿石来炼铜。矿石炼铜是用一种表面鲜艳的绿色铜矿石，因为它的色泽与孔雀的羽毛相似，所以人们把它叫做孔雀石。这种铜矿石含铜较多，又易于熔炼，只要和木炭一起燃烧，加热到摄氏 1,000 度稍高一些，火红色的铜就被提炼出来，用以铸锻各种器物。于是人类也就从石器时代进入了金石并用时代。

后来又发现把锡矿石加到红铜里面一起熔炼，制成的物品更加坚韧耐磨，这就是青铜。我国的青铜冶炼始于夏代（公元前 2140—1711 年）。进入奴隶制社会以后，炼铜技术才较快发展。到了离现在 3 千多年以前的殷商、西周时期，已经发展到较高的水平，用青铜制造的工具、食具、兵器和车马饰，得到了普遍的应用。这些器具不仅以复杂的造型、精

美的花纹和雕镂，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历史舞台，有力地促进了生产的发展，它标志着人类征服自然又迈出了具有深远意义的一步。

大量出土的青铜器物，充分反映出我国古代青铜冶金的高超技艺。1939年，我国考古人员在河南省安阳武官村的地下，发掘出来一只青铜巨鼎，这只鼎有133厘米高，110厘米长，78厘米宽，重达875公斤，要10多个人才能扛得动。在这只大鼎的里面，有“司母戊”三个字，所以人们叫它“司母戊”大方鼎。在大鼎的四周，有蟠龙等组成的花纹，是世界上罕见的青铜古物。还有陕西出土的西周康王时代的大盂鼎，高100.8厘米，重153.5公斤。这些大鼎是用来供奴隶主祭祀老祖宗用的。铸造这样大型的青铜器物，在冶铸技术上是很复杂的，它需要有一个很大的铸造场所，准备很多原料，还要各个工种协同操作，密切配合。所以这是我国古代劳动人民生产实践经验和创作才能的集中表现。

你看过科教片《古剑》吗？影片展示出一些出土的古代宝剑。其中有1965年在湖北江陵一座楚墓中发掘的两把越王勾践宝剑。它也是我国古代青铜器的杰出代表作。勾践是我国春秋战国时期越国（相当于现在的浙江省）国王的名字。宝剑全长55.6厘米，其中一把刻有“越王勾践，自作用剑”八个字，剑首部分有七个同心圆状的花纹，剑身布满了黑色的菱形花纹，使剑更显得庄重美观。宝剑在阴暗潮湿的地下，埋藏了2千多年，出土时依旧金光闪闪，毫无锈蚀，而且锋利异常，十来层纸一下就划透了，看了令人赞叹不已。这宝剑在国外展出时，引起过很大震动。

汉武帝有个哥哥，名叫刘胜，封在中山国，也就是现在

河北省定县一带，称做“靖王”。他挖了一个很大的山洞，作为自己的坟墓。还做了一件“金缕玉衣”，企求穿上这种玉衣，可以使尸体永不腐烂。1968年发掘了这座墓，发现玉片已散落。尸体呢？不但烂了，而且连骨头也不剩，只发现了一点点牙齿残片。原来这座墓的上面不断滴水，墓内潮湿极了，保存条件极差。可是在这种恶劣环境中，竟然还有两把宝剑完整地保存下来，仅仅个别地方有很小的锈点，通体光亮，呈金黄色，锋利如故。

这些珍贵的宝剑在地下埋藏了两千多年，当它们重见光明的时候，为什么竟然还能锋芒毕露呢？

我国的冶金、考古工作者采用现代化的仪器和分析检验技术，终于弄清了古剑的成分和制作工艺，同时也揭开了它的不锈不腐之谜。

这些古剑的成分是青铜，是把铜和锡按一定比例熔融浇铸而成。再经过研磨，使它锋利。越王剑的刃口磨得非常精细，可与目前精密磨床得到的产品相媲美。剑身的菱形格子花纹和乌黑发亮的剑格，都经过了硫化处理，是用硫或硫的化合物与剑的表面起作用形成的，并且还含有别的元素。经过这种处理，使宝剑既美观，又增强了抗腐蚀的能力。

到了秦始皇时期，剑的表面处理方法，和越王勾践时代相比，又有了新的提高。秦始皇陶俑坑出土的剑采用了一种很了不起的表面技术，叫做铬盐氧化法。这是用铬酸盐作氧化剂，在剑的表面形成一层非常致密的氧化层，保护剑不再起别的化学作用，所以又叫钝化处理。这氧化层很薄，只有1%毫米，大约是一张报纸厚度的十分之一。就靠这薄薄的保护层，使剑在阴暗潮湿的土壤里渡过了2千多年岁月。这也是我国古代材料科学技术一项重要的成就。要知道，铬盐

钝化处理技术，在国外是本世纪三十年代才提出专利。

铜和锡都很软，按一定比例炼成青铜，就变得坚硬了。为了使剑既锋利又坚韧，我国古代还创造了复合金属剑，剑脊用的是青铜，剑刃嵌有铁。这种剑中间脊部韧性好，不易折断，刃部又非常坚硬锋利，例如著名的战国时代的“少虞剑”就是这种复合剑。

宝剑，象一颗晶莹的明珠，闪耀着异彩。那么这些剑出自何人之手呢？古籍中有许多令人神往的传说，《吴越春秋》这样记述着：“使童女童男三百人，鼓囊（风）装炭，金铁乃濡（熔化），遂以成剑。”这童男童女就是当时终日辛劳的奴隶、工匠。正是这些具有高度聪明才智的奴隶、工匠，倾注了全部心血，在条件很艰苦的情况下，制造了驰名世界的宝剑，给我们留下了宝贵的物质财富和精神财富。

我国古代青铜材料的卓越成就，还表现在对青铜的认识提高到了科学的水平上。例如，春秋战国时期的《周礼·考工记》里有“金之六齐”的记载：“六分之金而锡居一，谓之钟鼎之齐……五分之金而锡居二，谓之削杀矢簇之齐”（这里“金”指铜，“齐”是合金）。意思是说，含锡量较少（六分之一）的铜合金较韧，可以用来制造鼎；而含锡量较多（五分之二）的铜合金较硬，可以用来制造刀斧。这说明当时已能铸造铜与锡六种不同配比的青铜，它们的性能各有不同，因而有不同的用途。这段记载反映出我国在 2 千多年以前，已经掌握了青铜成分与性能之间的关系。它是长期生产实践的总结。我们的祖先，正是用这种从实践中总结的科学认识，又去指导生产实践，才使我国青铜文化放射出灿烂的光辉。

## 钢铁“元帅”的出世和成长

地球上没有自然存在的纯铁，所有的铁矿石几乎都是铁的化合物。因此，人类知道地球上存在着铁这种金属比较晚。倒是天外飞来的陨石使人们最早认识了铁。

陨石大部分是由岩石构成的，但是也有少数陨石是由铁和镍组成。当它堕入地面冷却以后，就成为可以直接使用的金属铁了，这种铁称为陨铁。由于陨铁一般含有较高的镍，因此可以长时期不锈。古代劳动人民认识到陨铁比青铜更坚硬，制成的刀剑更锋利耐磨。但是靠“天赐”来的陨铁数量毕竟太少。于是，他们根据长期的摸索和冶炼青铜的知识，开始了用矿石炼铁的尝试。

青铜器时代是怎样过渡到铁器时代的呢？说起来还有一段有趣的故事。

本世纪五十年代，我国历史学界曾经出现过一次大的学术争论，辩论的中心是我国什么时候进入封建社会，也就是奴隶制社会和封建制社会的分期问题。人们各抒己见，争论十分激烈。后来，史学工作者运用生产力和生产关系的变革这条线索去进行研究，从铁器的大发展给生产力带来的飞跃寻找依据，终于趋向于统一认识。恩格斯说过：“铁已在为人类服务，它是在历史上起过革命作用的各种原料中最后的和最重要的一种原料。”“铁使更大面积的农田耕作，开垦广阔的森林地区成为可能；它给手工业工人提供了一种其坚固和锐利非石头或当时所知道的其它金属所能抵挡的工具。”由于铁的性能比青铜要好，而且资源丰富，便于加工制造，因此，铁器逐渐代替了青铜器。考古证明，我国铁器

的大量使用是从春秋战国时期开始的。那时候，铁制农具普遍取代了木耜和石锄，土地也由奴隶主的“井田制”变为地主的私有制，因而推动了奴隶制社会向封建制社会的过渡。在这里，铁器的大量使用成了划分这一历史时期铁的证据。

现在我们所写的“铁”字，古代却写成“𦔁”或“𦔂”，这些字出现在2,700年前。铁的实物出现，当然要比文字更早。实际上，在春秋战国以前，我国就已经开始炼铁了。1972年，在河北藁城的商代遗址中，出土了一把铜钺，它的前部嵌着铁质的钺刃，刃部经鉴定是锻打的铁。这表明在3,000年以前，我国古代劳动人民就已经熟悉了铁的加工方法，这与以后“𦔁”字的出现在时间上是吻合的。到了春秋战国时期，铁器的制造技术发展到了更高水平。例如，1953年从兴隆地区发掘出来的战国铁器遗址中，就有浇铸农具用的铁模子，说明当时的冶炼、铸造技术已经由泥砂造型进入铁模铸造的高级阶段了。用泥砂做模子，只能用一次，每铸一件铁器就要耗费一个模子。改用铁模铸造，可以多次重复使用，对提高产量、降低成本都很有利。

到了西汉时期，炼铁技术、燃料和鼓风动力设备又有很大改进和提高。炼铁燃料已经改用煤（当时叫石炭）。这是我国用煤的开始，在世界上是最早的。十三世纪（元朝）的时候，意大利人马可孛罗（1254~1344年）来到我国，看到用煤炼铁，非常惊奇。他回国后说：“中国有一种黑石头可以做燃料，火力大，价格便宜”。欧洲直到十六世纪才知道用煤炼铁，比我国要晚1,700—1,800年。在河南巩县铁生沟发掘出的汉代冶铁遗址中，就有各式冶铁炉、锻炉共20多座，炉型庞大，构造复杂，还有鼓风设备和铸造坑。这说明在2千年以前，我国就采用这样大的规模和复杂的设备炼铁了。



唐代著名诗人李白曾经写过一首题为《秋浦歌》的诗，诗写道：“炉火照天地，红星乱紫烟，赧郎明月夜，歌曲动寒川。”诗的大意是说：在明月当空的冶炼场上，炉火熊熊照耀天地，紫烟腾腾，火星飞舞，冶炼工匠满脸通红，干劲冲天，他们的劳动号子使附近小河的水也卷起了波澜。这首诗生动地描绘出我国古代冶金工匠辛勤劳动、豪迈壮观的情景。

炼钢和热处理也是我国古代冶金技术中的重要发明。我国古代有三种炼钢方法。第一种是自然钢。它是从矿石中直接炼出的钢。古时的铁制宝剑就是用这种钢制成的。我国的铁剑坚韧耐磨，弹性和韧性都非常好。“炼质才三尺，吹毛过百重”。这是古人形容剑的锋利。在《水浒》“杨志卖刀”一回中，用“吹毛得过”来描写杨志那把宝刀的锋利。当时的造剑家比谁的剑锋利，是把一根稻芒用一根头发悬挂起来，用剑去砍芒，把一束芒砍断了而头发没有拉断者为胜。晋代人刘惔制的剑，能砍断十三根一束的芒而发不断，从而著称于世。我国的钢剑先是在东方各国享有盛誉，东汉时传到了欧洲。

第二种叫作百炼钢。这是西汉时期创造出来的炼钢方法。它是把熟铁放入木炭炉中加热，使炭渗到熟铁中去，铁的含碳量逐渐增加，经过上百次的烧炼、折叠和锻打，杂质被清除掉，含碳量达到一定程度，便成了钢。因为要经过上百次的冶炼锻打，所以称为百炼钢。这也是“百炼成钢”这一句成语的来历。

第三种是灌钢。由于生产百炼钢在人力、材料和时间上的消耗都很大。因此，到南北朝时期就被灌钢代替了。这种炼钢方法是把熟铁锻成圆盘形状，然后把生铁放到中间，一