

HUAXUE SHEHUI SHENGHUO
HXSHHSHH



张运明 编著

广西科学技术出版社



化学·社会·生活

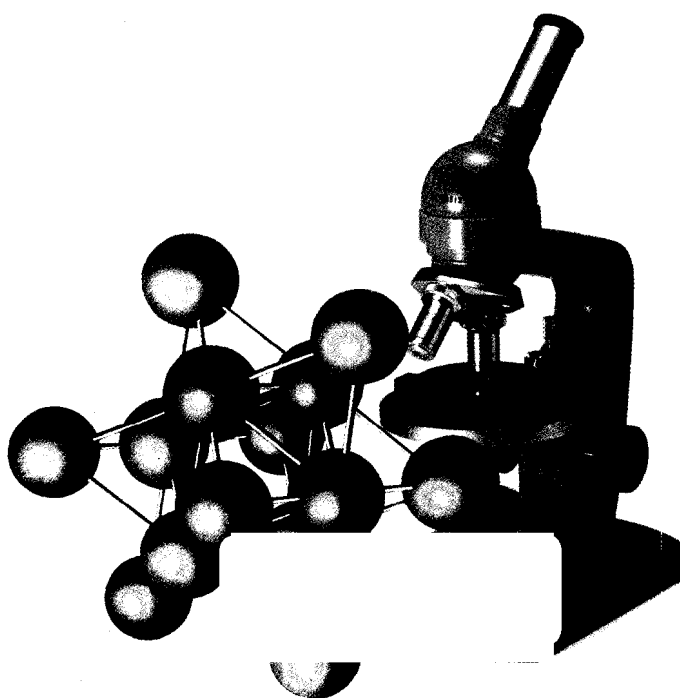


HUAXUE SHEHUEI SHENGHUO

化学·社会·生活

张运明 编著

- 21 世纪科普读物
- 大学生选修教材
- 化学教师教学参考书



广西科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

化学·社会·生活/张运明编著. —南宁:广西科学技术出版社, 2001

ISBN 7-80666-202-2

I. 化... II. 张... III. 化学—关系—社会生活—研究 IV. 06-05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 081774 号

化学·社会·生活

张运明 编著

*

广西科学技术出版社出版

(南宁市东葛路 66 号 邮政编码 530022)

广西新华书店发行

玉林正泰彩印包装有限责任公司印刷

(地址:玉林市万花路 135 号 邮政编码:537000)

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 12.25 字数 292 000

2002 年 4 月第 1 版 2002 年 4 月第 1 次印刷

印数:1—4 000 册

ISBN 7-80666-202-2 定价:14.00 元
TQ·O

本书如有倒装缺页,请与承印厂调换

前 言

我们生活在一个千变万化、五光十色的化学世界中，不论当前社会所面临的种种热点问题，甚至每个人的衣食住行都离不开化学。可以说化学是处于各种学科的中心地位。回顾人类历史所记录下来的数千年灿烂文化，可以看出化学及化工学科的发展如何与社会的发展相互促进，这里面既有很多生动的范例，又富含很深的哲理。

本书扼要介绍化学化工发展史。这是每一位读者都应该了解的，特别是有关中国人在这些领域中的贡献，从而增强民族自信心和责任感，激发爱国热情，启迪创造发明的灵感，更好地为实现四个现代化而努力。

本书介绍化学化工与轻工、生化、机械、电子、环保、商贸、哲学、社会、历史等学科相互渗透的关系，故可以作为各专业学生通用的选修教材(大学生文化素质教材)，在广西大学数年跨系选修课的教学中，深受各专业学生的欢迎。

本书的编写是作者根据半个世纪来对各学科的学习以及对各类工厂实际考察的体会而进行的，其中还包含一些作者的科研成果，同时还注意对最新科技成果和发展趋势进行介绍和阐述。

本书适当介绍一些理论，同时注重联系实际，结合工厂生产进行阐述。凡具有中等文化程度的读者，都可顺利阅读本书并会感到有相当的收获。为使读者了解国情与区情，获得正确的概貌，本书尽量列出了一些重要的数据。总之，本书是本着知识性、趣味性、时代性与实用性相结合的精神进行编写的，希望能成为一本良好的读本，有助于提高读者的文化素质与修养。

本书经广西教育厅审定为高中化学教师教学参考书指定试用本。

本书在编写与出版过程中，得到有关部门的多方指导与支持，还有广西大学唐亚贤老师、附中刘振美老师及张静榕的帮助，在此一并表示感谢。

目 录

第一章 化学对古代社会所起的作用	1
第一节 陶瓷、玻璃的发明与使用	1
一、学会制陶是新石器时代的重要特征	1
二、制陶工艺的进展	2
三、瓷器的发明	3
四、玻璃的发明	4
第二节 铜、铁等金属的冶炼	4
一、青铜的诞生	4
二、铁与钢的冶炼	6
三、水法炼铜及各种铜合金	8
四、其它有色金属的冶炼	9
第三节 纸的发明与碱的使用	9
一、纸的发明及其对文明的贡献	9
二、古代造纸工艺	10
三、碱的多种用途	10
第四节 古代的日用化学	11
一、古代的生物化学	11
二、古代的染色技术	12
三、媒染剂的制造及其净水原理	13
四、漆器与油漆	13
五、古代化妆品	13
第五节 火药的发明与应用	14
一、黑火药的发明及其原理	14
二、黑火药的原料及其制造	15
三、火药火器的进展	17
第六节 矿物能源的使用	18
一、煤的使用与炼焦	18
二、石油与天然气	19
三、古代的节能灯	20

第七节 古代的药物化学与炼丹术	20
一、古代的药物化学	20
二、古代的农药	21
三、炼丹术及其化学成就	21
思考题	23
第二章 化学的科学化	24
第一节 古代的物质观	24
一、物质的起源与相互关系	24
二、物质不灭	24
三、古希腊的原子学说	25
第二节 燃烧学说	25
一、欧洲的燃素说	25
二、拉瓦锡的燃烧学说	26
第三节 原子分子学说的建立	26
一、定比定律	26
二、倍比定律	26
三、道尔顿原子学说	27
四、阿伏伽德罗分子学说	28
第四节 化学元素周期律	29
一、大量元素的发现	29
二、门捷列夫元素周期表	29
三、原子的构造模型	31
四、核外电子的运动、排布及与周期律的关系	32
五、现代周期表的内容与应用	34
第五节 化学键与分子结构	37
一、离子键	37
二、共价键	38
三、金属键	40
四、氢键与分子间相互作用力	40
五、共价键的本质与特点	41
六、配位键、络合物及其应用	42
第六节 化学反应的一些原理	43
一、化学反应与反应方程式	43
二、化学反应分类与反应式配平	44
第七节 化学反应速率与化学平衡	46

一、反应速率及其影响因素	46
二、化学平衡及其影响因素	47
第八节 有机化合物与三大合成材料	49
一、概述	49
二、有机化合物的结构	49
三、有机化合物的分类	50
四、三大合成高分子材料	51
思考题	57
第三章 化学工业与化学工程学科的诞生	58
第一节 经济的发展对化学和化工的推动	58
一、化学制碱, 路布兰法与索尔维法	59
二、制碱工艺的革新——侯氏制碱法	61
三、煤化工与石油化工	62
第二节 战争的需要对化学和化工的刺激	63
一、炸药与合成氨	63
二、电石与合成橡胶	64
三、铀矿提炼与核武器	65
四、青霉素与生物制药	66
第三节 化学工业的诞生	67
一、从实验室到工厂	67
二、有大量固体物料输送的工业	68
三、高温、高压、强腐蚀的氮肥工业	73
第四节 化学工程学科的诞生	79
一、化学工程学科的诞生	79
二、化学工程学科的内容	80
第五节 中国化学与化工近代落后的原因	83
一、长期忽视自然科学理论及科学实验	83
二、中国封建社会特别顽固和集权	85
三、中国古代教育制度的缺陷	86
思考题	87
第四章 化学与环境	88
第一节 人口、耕地与食物	88
一、人口问题	88

二、耕地与食品生产	91
第二节 能源的现状与未来	94
一、概述	94
二、太阳能	95
三、石油、天然气与煤	98
四、核能	102
五、地热能	107
六、生物能	107
七、化学电源	108
八、节能技术	109
第三节 大气污染与防治	110
一、概述	110
二、大气概况	111
三、大气污染物与防治	112
第四节 水资源污染与防治	123
一、概述	123
二、自然界对水的净化作用	124
三、水污染物与防治	125
四、水的净化	130
五、海水淡化	131
第五节 废弃物的回收	132
一、塑料与生活垃圾	132
二、废轮胎的回收	133
三、靠废料生存的环保企业	133
四、废弃物回收必须上下配合	133
五、废弃物回收是资源和能源的节约	134
六、工业生态学	134
思考题	134
 第五章 化学与新型材料	 135
第一节 水泥与玻璃的进展	135
一、水泥遇水变硬的原因, 抑制剂与加速剂	135
二、水泥新品种	136
三、品种繁多的玻璃	136
第二节 通讯材料——光缆与半导体	137
一、光缆如何传递信息	137

二、通信网中的半导体	137
三、光通信的优点	138
第三节 电子计算机与化学材料	138
一、计算机的普及与进展	138
二、集成电路与光刻胶	138
三、新型计算机与新材料	139
第四节 复合材料与新型纤维	140
一、复合材料的发展	140
二、新型纤维的开发	141
第五节 精细陶瓷	142
一、超硬陶瓷	142
二、高强高韧高温陶瓷	142
三、超导陶瓷	142
四、生物陶瓷	143
五、光学陶瓷	143
六、电磁陶瓷	143
第六节 导电塑料	144
一、为什么塑料能导电	144
二、导电塑料的应用	144
第七节 纳米材料	144
一、纳米材料及其特异性能	144
二、纳米材料实际应用	145
三、纳米材料与表面效应	145
第八节 球碳	146
一、碳的同素异形体	146
二、球碳的特异性能	146
思考题	147
 第六章 化学与生活	 148
第一节 食品	148
一、食品的七大要素与三大功能	148
二、烹调化学	161
三、食品营养成分介绍	162
四、提防食品中可能的毒物	164
五、21 世纪可能流行的食品	165
第二节 药物	166

一、疾病与药物	166
二、解酸药	168
三、抗菌消炎药	169
四、止痛药	171
五、珍惜生命，远离毒品	173
六、治疟药及驱虫药	174
七、防腐剂与消毒剂	174
八、兴奋剂	175
九、基因药物	176
十、感冒药	176
十一、减肥药	176
十二、关于微生物的一些知识	177
十三、其它	177
思考题	180
元素周期表	181
索引	182



化学对古代社会所起的作用

第一节 陶瓷、玻璃的发明与使用

一、学会制陶是新石器时代的重要特征

唯物主义者认为人是进化而来的。直立行走、会使用工具及会用火，是进化的条件。在人类还未诞生的时候，火——早就在地球上出现。雷电会引发枯焦树木着火，大火烧过的走兽飞禽，味道特别好吃。正处于进化过程中的人类，慢慢地懂得熟食并学会了如何保存火种，从残存的红炭吹风取火，后来又懂得了击石取火或钻木取火。周口店，北京人生活的场所，一堆堆灰烬及火烧过的动物骨骼提供了至少在五十万年前，人类已经学会用火的证据^①。有机物质的剧烈氧化即燃烧，给人类带来了温暖和光亮，帮助人类度过严寒，驱赶野兽的侵扰，获得美味而易消化的食物，从而促进了人类的发展，不仅是数量的增加，更重要的是质量的提高。大量易消化的蛋白质促进了肌肉和大脑的发展，使人类不但更有力，而且更聪明智慧。有机物燃烧，客观上是人类最早认识和运用的化学反应。人类围着火堆取暖，烧烤煮食，说话交谈，为语言的发展起了重要的作用。近来通过对古人类遗骸的研究，发现三十万年前，古人已有了语言的能力。“就世界性的解放而言，摩擦生火还是超过了蒸汽机，因为摩擦生火第一次使人支配了一种自然力，从而最终把人同动物界分开”^②。

在挖坑煮食的过程中，火与泥土相接触，被烧过的土，质地变硬，遇水不化，生成了某种复杂的硅酸盐，这是人类最早接触到的硅酸盐化学，也是人类最早认识到热处理能改变材料性质的开始。

看到这些变化而慢慢懂得烧制砖、瓦、陶器，经历了漫长的时间。中国最早的工艺制作的记录本“世本”[据说是公元前4世纪(战国时代)著作]就有“昆吾作陶”的简略文句

① 还有几种不同的说法，中国医科院对中华民族基因结构研究表明，亚洲人的基因库主要源于非洲起源的现代，北京人、元谋人与现代人没有直接的承袭关系。中澳科学家对60万年前南京人头骨(汤山洞穴)的研究表明，中国古人类的进化自成一体。1993年以来，在广西百色发掘出80万年前的精细旧石器时代的手斧、刮削器等工具，证明东西方早期人类在体能及文化上并无本质差别。

② 马克思恩格斯全集，第20卷，北京：人民出版社，1964

的记载。当然,古代人类的许多发明决不是一个人独创的,由于生活中需要容器,贮存水、粮食及其它物品,又从生活实践中观察到粘土经过煅烧后变硬、成型、不溶于水的变化,既有需要又有可能,陶器才慢慢地诞生出来。其间还要有一个生产力提高的过程,一部分人得以分工专门从事制陶工艺。还要人类结束到处迁移的狩猎生活,有一个安定的居住地,从事农业及畜牧业,制陶工艺才得以发展。否则笨重易碎的陶器岂非一个累赘。根据陕西半坡村和临潼姜寨等遗址的发掘,六七千年前已有泥草房以及陶制盛粮罐,那里的人们已过着定居的生活。学会制陶,是七八千年前开始的新石器时代的重要特征。

二、制陶工艺的进展

成型的陶器或砖瓦最早于何时开始出现,还没有完全弄清。1962年在江西万年县大源仙人洞,发现了一个距今一万年的新石器洞穴,出土了九十余块粗陶片。另据发掘,证明浙江河姆渡在公元前五千年就已有了陶器。而在世界各个文化发源地,也都发现过陶器或陶片,时间上有的与我国接近,有的晚一些。可见拿粘土来烧,大家都会无师自通。从发掘的实物上看,初期陶器(片)比较粗糙,质地疏松,孔隙率大,强度低。用显微镜观察,还可看到其中有不同颜色的夹杂物。后来,人们逐渐懂得对原料粘土加以选择,采用加水后可塑性强的陶土,除去沙粒与草根,使烧成的陶器表面逐渐光滑而美观。根据考古研究,把史前文化按制陶技术分为仰韶文化(彩陶文化)与龙山文化(黑陶文化)两个系统。龙山黑陶,胎薄而均匀,表面光亮,最薄者仅1毫米,证明已用陶轮制坯,粗陶逐步过渡到细陶。最初烧陶是没有窑的,即在地面上堆放柴草,将陶坯置于其上,再用柴草将陶坯四周及顶部包围,然后点火。这种烧陶方法时间短,保温差,烧制温度不均匀,也不会很高。后来懂得了挖穴成窑。穴窑在我国至少有一万年的历史。半坡氏族当时已用陶刀收割农作物,从考古发掘的实物,我们可以看到商代(公元前16世纪~前11世纪)带釉陶器开始出现。釉是一种玻璃质覆盖层,光亮而有色泽,能使制品美观抗水(消除孔隙)。从化验结果看来,早期釉是以钙系硅酸盐(石灰釉)为主的低熔点共融物,它是连同器物一起一次烧成。这是我国劳动人民在陶瓷史上的一大发明。釉彩耐水、耐温、光亮、持久并带有各种无机颜料组成的彩色线条或图案,无疑给人类生活带来了更多美的享受。殷代(商代后期)安阳地区的陶尊是迄今发现最早的施釉器物,釉层很薄呈黄绿色,熔剂是碳酸钙。秦朝(公元前246~前206年),以大量砖瓦修建长城和阿房宫,这是砖瓦陶器用于建筑的证明。秦俑坑发掘出来的人、马、车,如此惟妙惟肖,实是制陶工艺的一个辉煌成就。最近在秦俑中还发现了神秘的紫色颜料^①,其组成为硅酸铜钡,现代社会是在制备超导体时偶然获得的副产品,迄今尚未在自然界中发现其存在。又在宝鸡市全家崖发现了距今六七千年的砖,在昆山赵陵山出土了五千余年前夯土烧结的良渚砖,使我国用砖的历史往前推了五六千年。另发现中空壁薄、镂有菱形花纹的琴砖。汉代用它建筑墓室,明清用以搁放古琴,以产生共鸣。最近又在西安市北郊发现了汉朝陶质排水管,直径0.4~0.5米,在山西襄汾县发现栩栩如生的戏俑砖雕,说明砖与陶器有多种用途。汉代(公元前2世纪)粗瓦表面施以釉彩,就有一种金碧辉煌的感觉。从那以后,“秦砖汉瓦”就成为传统建材。据化验,绿釉陶器是以氧化铅为熔剂、铜化合物为着色剂的。由于氧化铅的熔点较低,估计

^① 1992年美国颜料专家首先在汉代器皿上发现此种紫色颜料,并命名为“汉紫”。

它们是在烧成的陶坯土施釉后，再在较低温度复烧而成。汉代低温釉发展到了唐代，便出现了美丽的唐三彩。洛阳的唐三彩马无论造型或色彩(黄绿白)都是非常成功的。日本最近在群马县古墓中出土了公元7世纪唐三彩陶枕，绿和褐色在白枕上描绘着藤蔓式花纹。唐三彩釉质是硅酸铝，显色剂为金属氧化物。黄为铁，绿为铜，蓝为铜或钴，紫为锰化合物。宋元以后兴盛的玻璃瓦及建筑装饰，也属于这一体系。了解了中国釉彩的变化，也就可以洞察到古代中国在无机颜料制备和使用上所取得的辉煌成就。

三、瓷器的发明

东汉末年，我国最早的瓷器出现。从外观来说，瓷器洁白、细致、薄，且呈半透明，敲击时声音清脆，质地坚硬，强度高，孔隙率及吸水率很低。从化学组成来说，瓷器含氧化铝较高(约18%~28%)，氧化铁较低(白瓷1%~2%)。而陶器含氧化铝较低(约15%~18%)，氧化铁达5%~6%。从烧制温度来说陶器约在800~1000℃烧成，称为“烧结体”，各组分并未得到良好熔合。而瓷器至少需在1200℃烧制，含有相当多的熔融玻璃相、莫来石($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$)和石英细晶。玻璃相填充了晶体间空隙，使孔隙率大大下降。从原料来说，烧制瓷器需要色白细洁的高岭土(或称瓷土)并不到处都有。“高岭土”这一名称起源于江西省景德镇市东郊的高岭村。我国是最早利用高岭土的国家，“高岭土”已作为专用学名而为各国采用。由于地理条件的限制，瓷器的生产常局限于个别地点。国外称瓷土为 kaolin，瓷器为 china，说明瓷土是中国发现的，瓷器是中国发明的。而陶土与陶器，国外分别称为 clay 与 pottery，从文字上也表明陶土与陶器是他们自己发现与制造的。还有一种说法，“原始瓷器”始于商代，这是由于“陶”与“瓷”的明确界限不太好区分。迄今还有不少人被唐三彩的釉层所迷惑，认为它是瓷器。图示商白陶鬲是用高岭土烧成的白色陶器，器形和纹饰与青铜器相似，质地坚硬。烧成温度约1000℃，还未成为瓷器。

烧制陶瓷时，需要控制烧火时的通风量(即现代所谓过剩空气系数)，风量较大，燃烧充分，尾气中含较多的剩余氧气，陶瓷胎釉中铁质与氧反应生成高价铁氧化物(Fe_2O_3)，生成黄、红、褐等色。通风量不足，尾气中剩余氧很少，甚至还有部分一氧化碳未烧完，釉胎中的高价氧化铁会还原成氧化亚铁，于是就变成青色。青瓷就是这样形成的。宋代的龙泉窑(浙江)梅子青可以说是青瓷中的妙品。青瓷所用原料 Fe_2O_3 需 $\leq 3\%$ ，而黑瓷 Fe_2O_3 为4%~9%。宋代制瓷业得到了极大发展。河北省彭城镇的磁州窑在白釉上用黑、赭及茶色料等作画，开创了用笔彩绘的方法。钧窑(河北省禹县)釉面色调已有葱翠、茄皮紫、鹦哥绿、猪肝红以及窑变等，它又是我国制作铜红釉最早之窑。景德镇当时生产大量色白花青的影青瓷(以钴为着色剂)，明朝永乐年间，光彩夺目用铜为着色剂的红釉器已较成熟。据研究，其烧制温度需严格控制在1350℃，不易掌握，故为稀世珍品。清朝康熙年间，一种粉彩描绘的瓷器开始发展起来。即用“玻璃白”配合各种颜料，按写照的画法作画，彩色透明，线条有浓淡深浅，色调秀丽柔和，立体感强。清朝晚期更将山水画、三国故事等描绘在瓷器上，进一步提升了瓷器的艺术品味。图示清乾隆粉彩六角套瓶仍是北京文物公司以两千万港币高价购回的圆明园国宝。



商白陶鬲



清乾隆粉彩六角套瓶

7世纪初,中国瓷器由海路传到埃及。1602年荷兰在印度的东印度公司,承运中国瓷器到西方。被称为“火与土的艺术”的中国瓷器,到17世纪末和18世纪初,与欧洲的黄金一样贵重,被作为奇珍异宝般地加以欣赏。“China”——既代表瓷器,又代表中国。1709年德国才掌握烧制硬质瓷器技术,成为欧洲仿制国中最先成功者。法国借助神父,两次搜集景德镇的详情,而于1740年造出瓷器。瓷器的制作是中国人的伟大发明,遗憾的是,有关的制造工艺并未得到详细记载,迄今只在明朝《天工开物》一书中有一点记载。以致很多名瓷制造工艺早已失传,而且只是停留在单凭经验的感性阶段,因而发展后劲不足。作为人类文明基石的陶瓷,现今在发达国家,不再大量单纯用作生活用品,而更多地作为一种摆设,即其形状、色彩、图案、风格代表一种艺术创意而加以欣赏。更重要的是现代陶瓷已具有许多特异性能向工程方面大大扩展其应用领域,从而迎来陶瓷工艺的新时代。总之,陶瓷是人类历史上首先制造的人造材料,目前正在“脱胎换骨”,以迎接一个新的飞跃。

四、玻璃的发明

陶砖和陶瓦大量用于建筑,比起土墙草顶无疑是一大进步,不但耐用而且令人头痛的抗雨漏水问题总算得到了解决。但是住房还要解决一个采光问题,也就是说还需要坚固耐用且透明的玻璃。玻璃也是一种硅酸盐,但含钠量高,含氧化铝较少,且不含晶体。

我国玻璃起源于制陶的釉。在陕西宝鸡西周时期墓中发现有深色小件玻璃珠、管、片等约千件,经化验含有铅和钡,是原始的铅、钡玻璃。与欧洲钠玻璃有明显区别。因此,认为中国是独立发明玻璃的。但古代中国的玻璃,主要用于玻璃珠等装饰品,伪充真玉和真珠,对其制造工艺并不重视,因而数量少,质量低劣,透明性差。

一般认为,埃及人在五千年前已能制玻璃,他们将某些湖边的天然碳酸钠与沙子混合,用泥罐熔融,然后加以捏塑或压制,做成饰物(玻璃珠)与器皿。公元前1世纪,罗马人发明了用铁管吹熔融的玻璃,制成玻璃花瓶及水杯等日用品,以及含铜、铁、钴等的彩色玻璃。11~15世纪,玻璃制造中心在威尼斯。17世纪,欧洲许多国家建立了玻璃工厂,并大量用透明的玻璃制作成化学实验的仪器,大大加速了化学科学的发展。自汉代起,就不断有质量较高的欧洲钠玻璃进入我国,但其制造工艺我国并未学到。由于长期重视陶瓷,轻视玻璃,直到19世纪末20世纪初,我国才有少数几个生产平板玻璃及玻璃瓶的小厂。

第二节 铜、铁等金属的冶炼

一、青铜的诞生

在新石器时代晚期,人类已不再满足于将天然石块加工成刀、镰、斧、凿等工具,金属的加工和使用也已开始。

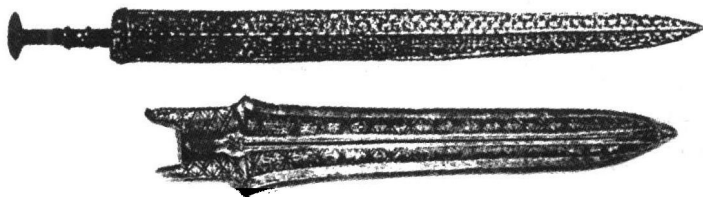
自然界存在的元素铜叫自然铜，它常夹杂在铜矿石中。人类在拣取石器材时，偶尔发现各种美丽的铜矿石夹杂着红铜，经过剥离和锤打，发现红铜很软，有良好的延展性。最初只是作为装饰品，不能取代石器作为生产工具，因而对生产力提高影响不大。

四千多年前的新石器时代晚期，人们筑窑烧陶技术已有很大进步，木炭也早就会用了，这就为铜的冶炼奠定了基础。绿色的孔雀石 $[\text{Cu}(\text{OH})_2\text{CuCO}_3]$ ，棕或黑色的锡石 (SnO_2) ，蓝色的方铅矿 (PbS) ，放在火里一烧，先分解或氧化，然后又被木炭产生的一氧化碳还原，这样青铜也就产生了。青铜是铜与锡或铅熔成的合金。它的熔点比纯铜 (1083°C) 低 $100^\circ\text{C} \sim 300^\circ\text{C}$ ，因而容易冶炼，而硬度几乎提高一倍，适合制作工具。青铜的铸造性能也比纯铜好，冷凝时体积略增大，填充性好，气孔也少，故大量用于制作器具。以致各国都在新石器时代后期出现了一个青铜时代。西亚的伊朗及以色列的炼铜遗址至今已有六七千年，埃及大约在公元前3000年，印度也在公元前4000~前3000年进入青铜时代。我国青铜时代约在夏、商、西周和春秋(公元前2100~前500年)。殷商时期，我国铜矿开采达到了很高的水平。1973年秋，湖北大冶有色金属公司在采掘时发现了从西周(公元前11世纪)到东汉(公元25~220年)曾开采了十三个世纪的古代大铜矿。在两平方千米的矿区内，有深达20~50米的四百多处竖井、斜井，与上千条巷道相接。初步解决了井下通风、排水、提升、照明等一系列难题。在古矿井旁，发现了不少古代炼铜炉。堆积的炉渣有四、五十万吨，而炉渣含铜仅0.7%，说明收率是较高的，并可推算炼得的铜约有十万吨之多。又从安阳殷墟铜的遗址中，发现了当时炼铜的主要矿石为孔雀石，主要燃料为木炭。1939年在安阳出土的商代晚期(公元前12~前11世纪)世界最大的青铜件“司母戊鼎”，重875千克，含Cu 84.77%，Sn 11.64%，Pd 2.79%，造型美观，花纹清晰。最初炼铜是在大口的陶尊(熔锅)中进行。从殷墟就发掘到直径1.2米的陶尊。炼铜时，将孔雀石及木炭加入，引火后用吹管吹风，铜熔化后需倾倒入出。商代中期熔炉，直径达1米或更多一些。经化验其炉衬是用精选的石英砂和粘土组成的耐火材料，并用皮囊鼓风。熔化的铜可以自行流出。殷墟还发现青铜铲，说明奴隶们的劳动工具有了改善。商代开始出现铜币，战国时期出现铜制乐器(编钟及铜鼓)。铜器的应用，不仅推动了生产及运输，还促进了商业、金融及文化艺术，使人类文明大大推进了一步。铜器上留下的文字，对我们了解古代社会甚为有益。秦兵马俑坑还出土了四马战车，车轴就是铜制品。

控制铜与锡的不同比例，所得青铜的强度与硬度也不同。这方面的经验被系统地载入先秦古籍《考工记》中，而世界其它地区有关的系统文字总结却要晚得多。《考工记》中的《六齐》写道：“金有六齐：六分其金而锡居其一，谓之钟鼎之齐；五分其金而锡居其一谓之斧斤之齐；四分其金而锡居其一谓之戈戟之齐；三分其金而锡居其一，谓之大刃之齐；五分其金而锡居其二，谓之削杀矢之齐；金锡半谓之鉴燧之齐。”

需要说明的是，此处“金”即指铜，“锡”指锡通常还含铅，是从矿石中带来的。青铜中锡含量为15%~20%时，适于制钟鼎及斧；锡含量增至30%时，硬度较大，用于削杀矢。超过此数，虽硬度高，但强度差，故用于做镜子等日用品(古代用坚硬的青铜，把平面磨光后做成镜子)。用现代的眼光看来，二千五百多年前古人对青铜的认识还是较科学的。据资料及考古发掘，汉朝青铜镜已很普及，几乎每个家庭都有一面。明朝青铜镜表面因涂了水银而愈发光亮。

1965年在湖北省江陵的楚墓中发现了越王勾践剑。刃薄锋利，毫无锈蚀，表面制作



越王勾践剑与吴王夫差矛

(越王勾践剑全长55.6cm, 剑身长 45.6cm, 布满黑色菱形暗花纹)

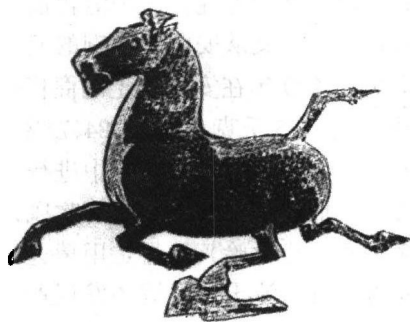
精细, 布满黑色花纹。试之以纸, 二十余层竟一划而破。经无伤检测, 剑刃与剑身含锡 12% ~ 18%, 并采用复合金属铸造工艺, 即分两次浇铸使之复合一体。铜、锡成分在各处呈不均匀分布, 这样既有最大强度、较高硬度, 又有一定

韧性。在秦始皇兵马俑出土了一批神奇青铜剑, 长为 86 厘米, 剑身有 8 个棱面, 误差不到一根头发的直径。这批剑内部组织致密, 剑身光亮平滑, 刃部磨纹细腻, 出土时光亮如新, 没有锈蚀。经检测发现剑的表面有一层 10 微米的铬化合物。这种铬盐处理防锈法是德国于 1937 年和美国于 1950 年才申请的发明专利。

另在一号坑还发现一把青铜剑被一尊重 150 千克的陶俑压弯超过 45°。不料当人们移开陶俑时, 这把又窄又薄的青铜剑, 竟一下反弹平直, 自然恢复。当代的“形态记忆合金”竟出现在二千年前的古墓里!

右图所示青铜奔马, 不仅各部位比例合适, 而且造型美观, 线条流畅, 栩栩如生, 反映了东汉时期铸造技术与造型艺术的完美结合。

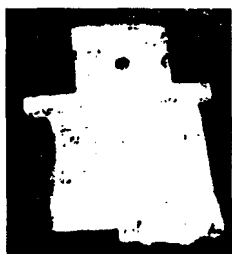
青铜工具虽然比石器前进了一大步, 但其性能及数量仍不能满足社会劳动及生活的需要。人类最早认识的铁是从陨铁(含铁 80% ~ 90%, 还有少量镍及钴)来的。河北藁城县出土的一把公元前 14 世纪前后的铁刃青铜钺, 其铁刃经化验为陨铁, 铁刃宽 60 毫米, 夹入铜身部分厚 2 毫米。也就是说, 当时人们还不会从矿石炼铁, 但已懂得利用铁的高强度了。当时世界上的其他民族, 也都会拿陨铁做工具。如在西亚古乌尔城古墓中, 就曾发现了一把陨铁制的小斧。埃及把铁叫做“天石”, 说明最早是从陨铁认识铁的。



东汉晚期青铜奔马(高 34.5cm)

二、铁与钢的冶炼

从考古发掘来看, 我国最早以矿石炼铁是在春秋战国时期(公元前 8 世纪 ~ 前 5 世纪)出现的。甘肃省灵台县出土的春秋初年的铜柄铁剑及河南省洛阳市出土的战国早期铁剑是我国最早的人造铁制品。初期炼铁是仿效炼铜, 将矿石和木炭一层层地放入“锅”或原始的熔炉中, 然后点火。矿石(铁的氧化物)和炭接触, 变成了多孔的含碳铁块, 由于炉温不够, 被还原的铁不能像今天炼铁那样以铁水流出。特别是中国的铁矿大部分是含铁 30% ~ 40% 的贫铁矿, 较难冶炼。当时还不懂得加助熔剂造渣, 使渣铁分层, 故所得铁粘满炉渣, 相当粗糙, 称为“海绵铁”。古人称之为“恶金”。这种“铁”如不加处理, 根本就使用不得。因此, 炼铁技术的发明虽比青铜技术略晚了一点, 但铁器的广泛使用比青铜推迟了



河北藁城县出土古铁剑

一二千年。把铁炼好，还要做成各种合用的工具，实在是一门非常艰深的学问。

人们在反复探索中发现，将“恶金”在炭火上反复加热和锻打，可使其中炉渣等杂质脱落，使机械性能大大改善，此法称为块炼法。从原始炉中得到的海绵铁其实是一种含碳量较低的熟铁，经过在炭炉中加热打，起到渗炭和去杂作用，铁就变成“块炼钢”。

在炼铁时采用人工鼓风，炉温便可提高，当炉温达到 $1\ 100 \sim 1\ 200^{\circ}\text{C}$ 时，一部分碳会与铁生成碳化三铁(Fe_3C)而溶于液相铁中，当含碳达4.3%时，其熔点降到 $1\ 146^{\circ}\text{C}$ ，比纯铁熔点 $1\ 534^{\circ}\text{C}$ 低了很多，于是便可从炉中流出。如冷却较快，则 Fe_3C 与铁形成共晶物，这种生铁断面呈白色称“白口铁”。其铸造性好，硬度高，但强度不够(易脆断，一般用于直接炼钢)。公元前五百年左右的战国早期，古人已发明了将白口铁在高温下长时间加热，使碳化铁分解为铁和石墨状碳，大大提高了铁的韧性，称“灰口铁”。后人在铁水中加0.05%镁，使石墨变成球状，便可得球墨铸铁，其强度比灰口铁高1倍，韧性高20倍。我国在春秋战国时期，几乎同时掌握了制造“块炼铁”和生铁两种技术。铁矿石分布广，数量多，使铁制工具愈来愈多。汉武帝(公元前141~前87年)主要兵器基本上改用铁。铁制工具逐步取代青铜工具后，社会生产力获得飞速发展，促使生产关系发生变革。公元前10世纪(周朝)中国从奴隶社会向封建社会过渡。恩格斯指出，野蛮时代的高级阶段是“从铁矿的冶炼开始”，“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，它给手工业者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”。

图示《天工开物》炼铁炉。它用掺盐的泥土筑成，一次可装铁矿石1吨多。鼓风的风箱由4人或6人共同推拉。矿石化成铁水从炉腰孔流出，注入条形或圆形的铸模里。生铁流入方塘，加潮泥灰并用柳木棍不断搅拌而成熟铁(即炒钢)。炼一炉，投一次料，放完铁后再重新加料，是一种间歇生产。它与现代高炉连续分批加料是不同的。右图所示的炼铁炉似乎很矮。

随着炼铁技术的进步，人们也逐渐懂得了炼钢。铁和钢都是铁碳合金。含碳量 $>2\%$ 的称为生铁，含碳 $<0.02\%$ 的称为纯铁，含碳量在两者之间的称为钢。其中又分为低碳钢(含C $<0.25\%$ ，与熟铁相似)，中



《天工开物》炼铁图