

化学卷

主编 / 廖正衡

自然科学 发展大事记

总主编 卢嘉锡



A YEARBOOK OF NATURAL
SCIENCE DEVELOPMENT

自然科学发展 大事记

AYEARBOOK
OF
NATURAL
SCIENCE
DEVELOPMENT

化学卷

主编 廖正衡

辽新登字6号

自然科学发展大事记

化 学 卷

廖正衡 主编

辽宁教育出版社出版 辽宁省新华书店发行
(沈阳市北一马路108号) 沈阳新华印刷厂印刷

字数: 340,000 开本: 787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张: 11 插页: 3
印数: 1—3,300

1994年4月第1版 1994年4月第1次印刷

责任编辑: 周北鹤 王越男 版式设计: 韩 梅
美术编辑: 宋丹心 责任校对: 马 慧

ISBN 7-5382-2349-5/N·3

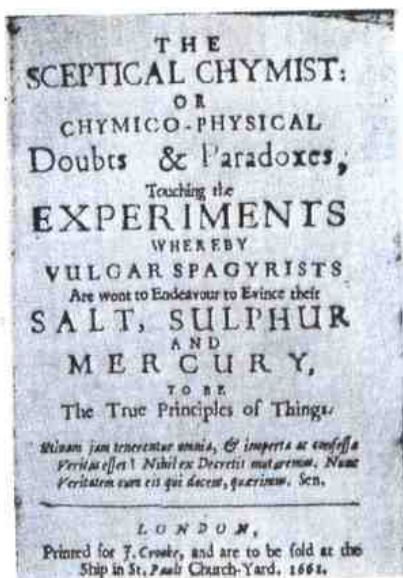
定价: 15.50 元

上左图：波义耳的《怀疑派化学家》初版（1661年）扉页。

上右图：拉瓦锡关于氧气发现的论文（1777年）扉页。

下图：门捷列夫起草的最早的元素周期律表（1869年）。

（其中左上为李比希像，右上为门捷列夫像，左下为著名吉森化学实验室所在地地吉森大学建校 350 周年纪念邮票）



Handwritten text in German and Russian, including the name 'D. Mendeleev'.

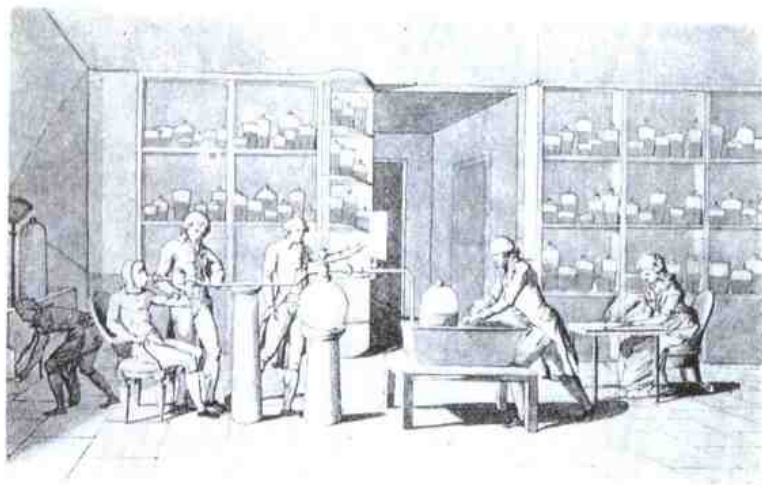


Li=70	22	Ar=69.9	40
V=51	23	K=39.1	41
Cr=52	24	Ca=40.1	42
Mn=55	25	Sc=44.9	43
Fe=56	26	Ti=47.9	44
Ni=59	27	V=50.9	45
Cu=63.5	28	Cr=52.0	46
Zn=65.4	29	Mn=54.9	47
As=75	30	Fe=55.8	48
Se=79	31	Co=58.9	49
Br=80	32	Ni=58.7	50
K=39	33	Cu=63.5	51
Rb=85.4	34	Zn=65.4	52
Cs=132.9	35	As=75.0	53
	36	Se=79.0	54
	37	Br=79.9	55
	38	K=39.1	56
	39	Rb=85.4	57
	40	Cs=132.9	58



陕西西安半坡村出土的仰韶文化时期的彩陶

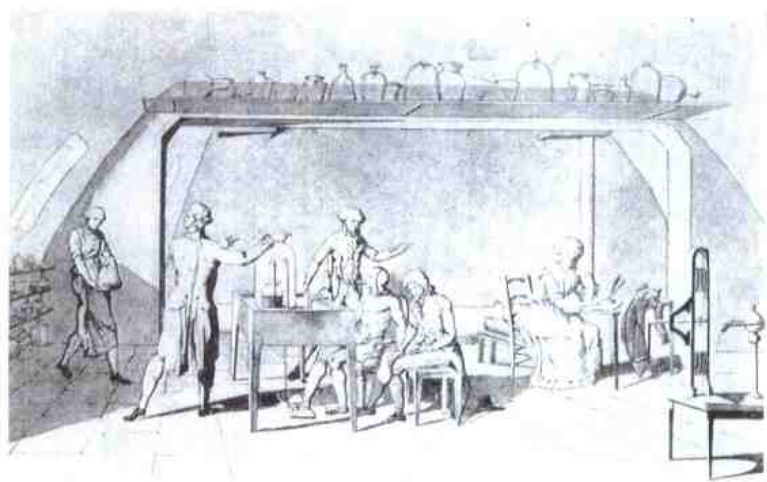
ABS88/05



拉瓦锡进行关于呼吸的实验 (1789 年)

上图：安静时的呼吸实验

下图：运动时的呼吸实验



明朝万历年间
(公元 1573~1620
年) 景德镇五彩龙纹
镂空盒



《自然科学发展大事记》

学术委员会

总 主 编: 卢嘉锡
数 学 卷 主 编: 梁宗巨
物 理 卷 主 编: 谢邦同
化 学 卷 主 编: 廖正衡
天 文 卷 主 编: 陈美东
地 学 卷 主 编: 孙关龙
生 物 卷 主 编: 汪子春
农 学 卷 主 编: 闵宗殿
医 学 卷 主 编: 傅 芳

编辑委员会

主 编: 俞晓群
副主编: 王越男 马 芳
编 委: 宋镇铃 李春林 梁刚建 谭 坚

化学卷编写人员

主 编: 廖正衡
副主编: 刘凤朝
合 编: 赵匡华 (特邀)
廖正衡 刘凤朝 陈 荣 袁秋华
庞庆利 孙淑芬

本卷责任编辑: 周北鹤 王越男
美 术 编 辑: 宋丹心
版 式 设 计: 韩 梅
责 任 校 对: 马 慧

《自然科学发展大事记》

总主编序

卢嘉锡

科学是促进技术进步和社会经济发展的强大动力，科学史是人类文明史的重要组成部分。为满足科学史工作者和更广泛读者了解自然科学发展史的需要及推动科学史研究工作，我们邀请到科学史界多位专家学者共同编撰了这部比较完整的《自然科学发展大事记》。

《大事记》是一部简明扼要和检索方便的大型科学史工具书。全书按数学、物理学、化学、天文学、地学、生物学、农学和医学等8个基础学科分为8卷，史事收录的时间范围是从上古到20世纪60年代。这部《大事记》，对于在各个领域中曾对中外科学发展产生重要影响的科学事件，诸如科学发现、发明、思想、概念、定理、定律、理论、学说、学科和论著等重大事件，包括正面和反面事件，依照出现的时间顺序，尽可能地做了客观、全面、真实和准确的记述，力求再现科学知识积累随时间而流动的自然面貌，以便为科学史研究提供一个有力的和可靠的史实基础。这也是科学史研究领域的一项重要的基本建设。

《大事记》并非是一份单纯的科学发现史实的清单，而是类似于一部从注释性史实记录

提高到解释性和论述性史实分析的编年体科学史。具体说来，这里记述的每个科学事件，一般都包括它发生的时间、地点、人物、背景、过程和意义等，大体相当于英语中五个wh词(when、where、who、why和how)所需回答的基本内容，用以显示这一事件的全貌。这是它不同于一般“大事记”的主要特点，也是全书作者努力实现的目标。

当前科学史研究的一个重要方向，是从叙述性和解释性史学向规律性史学的发展，以着力探索历史演化的普遍规律和发展模式。例如，西方学者已陆续提出了许多不同的科学发展模式，如传统的归纳主义的累进模式，波普尔的证伪模式，库恩的范式更替模式，拉卡托斯的科学研究纲领模式和劳丹的科学进步模式等。这些模式丰富了科学史、科学学和科学哲学的内容。但可惜的是它们都还同科学发展的客观实际存在着相当距离，以致争论不休，莫衷一是。究其原因，从根本上说还是缺乏全面的充分的事实基础。它们往往只是依靠了少数具有“典型性”的科学史事例，而缺乏对科学发展全面史实的研究，甚至有的还不顾科学史的

史实而迎合哲学上的需要,因而更偏离了科学发展的实际。而要改变这种状况,选择或提炼出正确的科学发展模型,只有对科学史实进行系统和全面的研究才可能实现。《自然科学发展大事记》实际上也适应了这方面的迫切需要。

总之,《大事记》展示了几千年来自然科学发展的生动过程,我们可以在此基础上深入研究科学发展的特点及其规律性,包括导致科学发现的科学思想、科学方法,以及哲学观点、心理状态、管理手段和社会环境等诸多因素相互作用的规律,并且从中总结科学发展史上成功的经验和失败的教训,以便成可为法,败可为戒,起到借鉴历史、温故知新的作用。这有助于以更深邃的思想,开阔的视野和远大的历史见识,进一步发挥科学创造力,从而能够清醒地、自觉地和有效地把握和推进当代科学的发展。同时,《大事记》还记录了自然科学领域的学习与创新、继承与突破,从而不断推陈出新的历史进程。人们可以从中感受自然科学发展的生机与活力,领悟历代杰出科学家所共有的责任感和使命感,进而受到可贵的奉献精神、奋斗精神和创造精神的鼓舞,受到科学精神的熏陶和启迪。这将对我国当前的精神文明建设起到良好的作用。

我国是一个历史悠久和文化发达的文明古国。我们的先人曾经创造出光辉灿烂的科技文明,推动了人类社会的进步。虽然近三百年来我国的科学技术落后了,但经过几代科学家坚韧不拔的努力,我国的科学事业正在逐步改变落后面貌,走上了生机勃勃、兴旺发达的道路。我相信,在未来的“世界科学史记”里,受到酣墨重彩、大书特书的将会有更多的中国科学家的伟大贡献。

《自然科学发展大事记》是在辽宁教育出版社李宝义、俞晓群、王越男、马芳和谭坚等同志的倡议和支持下编撰成书的。辽宁师范大学廖正衡教授和本书各卷主编,中国科学技术史学会,中国科学院和高等院校的专家学者,以及学术界和出版界的许多同志,为全书编撰任务的完成和书稿的顺利出版做了大量的工作。值此《自然科学发展大事记》即将问世之际,谨此向这些为本书编著出版付出辛勤劳动的同志们表示衷心的感谢。

《大事记》所涉及的内容是十分广泛的,我们因识见所囿和水平所限,舛错疏漏之处在所难免,恳切希望读者批评指正。

1993年4月初

于北京中国科学院

凡 例

一、大事编收

1、本书所编收的大事，主要是指在世界科学发展和中国科学发展中已经产生了重要影响的科学的发现、发明、思想、概念、学说、理论、学科和著作的问世等重大事件，包括特别重大事件、一般重大事件和比较重大事件，以力求全书具有较完整的覆盖面，成为可查性较强的科学史工具书。

2、本书所编收的大事，主要是关于自然科学发展的大事，但也包括少量与自然科学发展直接相关的技术发展以及哲学和社会科学发展的大事。

3、本书所编收的大事，在时间上起于古代，止于 20 世纪 60 年代。

二、事条编排

4、本书所编收的大事，以事条释文的形式按学科分卷出版，共分为数学、物理学、化学、天文学、地学、生物学、农学和医学等，计为 8 卷。

5、本书各卷的事条，以大事的出现时间顺序排列；出现时间同者大体上以重大程度高低及理论性、实验性和应用性事条的顺序排列。

6、各学科间相互交叉的事条，均在各卷分别独自设立并撰释文，不设参见条。但其释文内容则按其学科特点而有所侧重，以确保各学科事条的完整性和避免释文的重复性。

三、事条标题

7、以事条释文中的领句（第一句话）作为事条的标题，并以黑体字标出。

四、事条释文

8、释文用现代规范汉语和说明文体撰写。

9、释文内容一般包括事件发生的时间、地点、人物、背景、过程和意义等 6 个方面，以具有一定的典故性解释的特点。

10、释文不论长短均不分段落，不设层次标题，均为一题一事一段。

11、释文中出现的外国（欧美）人名，其姓按《×语人名译名手册》以中文译出，其名按原文缩写。例如，C.R.达尔文。姓名原文全文一般在书末的人名索引中列出。

12、释文中出现的外国地名、著作名和组织机构名等一般不附原文，特殊者附原文。

13、释文中的注释采用夹注的方式，引文一般不注明出处。

五、索引

14、本书各卷均附有中外人名索引。

15、欧美等外国人名，力求列出其姓名原文全文、生卒年和国籍。但有少部分未能列全。

六、其它

16、本书中的数字一般采用阿拉伯数字，但在事条标题、专用名词、汉语成语和习惯用语上仍采用汉文数字。

17、本书所用各学科的名词和术语，以国家标准局和全国自然科学名词审定委员会审定者为准。尚未审定者以各学科的习惯用语为准，力求统一。地名以中国地名委员会审定者为准。古地名一般加注新地名。

18、本书各卷在依此共同凡例撰编的基础上，仍保有各自的一定特点。

目 录

总主编序	(1)
凡 例	(1)
正 文	(1)
人名索引	(154)
编 后 记	(168)

一百多万年以前

人类开始使用火 在非洲肯尼亚的切苏瓦尼亚地方和中国云南的元谋地区已先后发现了至少一百多万年以前人类用火的遗迹。最早时,人类从火山爆发、雷电轰鸣中取得了火种。有了它,使人类在严寒中得到了温暖,在黑暗中有了光明;在茹毛饮血的生活中逐步得到了可口的烧烤熟食,提高了营养,减少了疾病;在野兽的威胁下也有了强有力的抵抗武器。可见,火的利用对人类的进步具有极其巨大和深远的意义。但是,人类最初还只是火的看管者,而不是造火者。大约在新石器时代的晚期,人类开始掌握了人工取火(如中国古代传说中的“钻木取火”),才真正成为火的驾驭者。

一万年以前

人类开始制造陶器 现在我们看到的最早的原始陶器出土于中国河南、河北和江西等地,大约制造于一万年以前。西亚地区出土的陶器,最早的也有八千多年。关于陶器是怎样发明的?说法不一,但都是猜测,难以找到实物的证明。有人认为,最古老的生活所用容器是由枝条编制的,古人为了使其耐火和致密无缝,往往会在容器内外抹上一层粘土。在使用中,这些器皿有时被火烧着,木质部分被烧掉了,但人们却发现粘土不仅保留下来,而且变得更坚硬,仍可使用。后来进而又发现成型的粘土不须衬木质骨架,也可以烧制成容器。于是便有意识地将粘土捣碎,用水调和,揉捏得十分柔软,再塑造成各种所需的器形,放在太阳下晒干,最后架在篝火上烧烤、焙烧。这样就获得了最原始的陶器。人类掌握制陶技术标志着蒙昧时代的结束,野蛮时代的开始。陶器的出现,给人类的生活带来了很大的变化,具有重要的意义。有了陶器,则为金属冶炼和铸造准备了技术条件,使人类运用火的区域得以进一步扩大。制陶技术往往还标志着人类制造和使用机械的开始,主要表现在陶轮的发明和使用上。

约公元前 5 千年

中国的原始陶器发展成为红陶和彩陶 这种陶器的基色是灰红色,是由于粘土在氧化焰中焙烧后其中的 Fe_2O_3 呈色所造成。它是中国仰韶文化的代表性作品,也是新石器时代陶器的代表作。它比原始陶器质地较细,说明选料时对粘土经过了淘洗和澄

滤;厚薄均匀,器皿造型端正,对称性好,说明在制坯时可能已采用泥条盘筑法;器物质地一致,硬度较大,说明焙烧火力匀称,温度达到了 950°C 以上,表明仰韶文化的中期大概已经有了竖窑或横窑。这些陶器上常有彩绘装饰。有彩绘的红陶又称为“彩陶”。其红褐色条纹是以赭石粉为涂料,黑褐色条纹和白色条纹则分别是用铁锰矿粉和白色硅酸铝粉(白土)着色的。

约公元前 5 千年

埃及和西南亚地区相继进入金石并用时代,即作为金属的红铜和石器同时并用的时代 在当时,这些民族已掌握了红铜的锤锻和熔铸技术。它是把天然的红铜打制成型或重新熔化再倒入特制的模具(范),冷凝后就得到了各种所需形状的红铜器物。这是人类开始加工和使用金属的开始。

约公元前 4 千年

中国陶器发展出黑陶 它最早出现于河姆渡文化遗址中,但较罕见。大量出现则在 4000—5000 年前。它是龙山文化的代表作。这种黑陶的原料仍是细粘土,色泽黑灰或乌黑。有的坯体中含有细石英砂,所以又称为“夹砂灰陶”。这种石英砂似乎是人们有意掺加进去的。因为这样做可以使陶坯耐烧,不易因干燥和烧成收缩而导致开裂。有的黑陶是由于表面蒙上了一层烟熏的炭粉而乌黑发亮;有的则是由于往坯体粘土中有意掺混了事先炭化了的植物茎叶和稻谷壳,以防止陶坯在焙烧时开裂。这种陶器的通体黑灰还有一个重要原因,是由于陶坯中的氧化铁在还原气氛中生成了 Fe_3O_4 所造成的。因此考古学者揣测,在灰、黑陶的工艺过程中,大概在窑内焙烧到后期时,工匠便封闭窑顶和窑门,再从窑顶徐徐喷水,致使陶土中的铁质生成 Fe_3O_4 ,又使表面覆上一层炭黑,从而显得格外黑灰。这表明此时人们已初步懂得了焙烧气氛的控制与利用。

约公元前 3 千年

西南亚和埃及进入了青铜时代 青铜是将铜与锡或铅配合而熔铸成的合金,由于它是以铜为主的合金,颜色呈青,故名青铜。最初人们是利用暴露在地面上的铜矿石来冶炼铜的,后来逐步学会采矿。古代人最初是在篝火上,一层木柴一层矿石地堆砌后,用大火由矿石炼出铜。后来又发展到在熔炉里熔炼。铸造时

则主要是利用了石制或陶制的范。此后又掌握了以铜与锡铅矿共炼来制取青铜的经验。青铜作为合金，熔点较红铜低，硬度比红铜高，熔化的青铜在冷却时体积略有胀大，所以填充性较好，气孔也少。可见，它比纯铜具有较好的铸造性能。这都使青铜在应用上具有更广泛的适应性，所以青铜的生产发展很快。它逐步取代了一部分石器、木器、骨器和全部的红铜器，而成为生产工具的重要组成部分。青铜生产工具的出现，在生产力的发展上起到了划时代的作用。此后，石器虽然没有完全被淘汰，但是石器时代却终于被青铜时代所代替。

公元前 3 千年

中国在其新石器时代晚期发明了冶铜 这相当于传说之中的黄帝、颛顼、帝喾、尧、舜等圣贤所活动的五帝时代，与目前对出土文物考察所得出的结论大致相符。然而从发明冶铜到铸鼎彝，大量制造兵器与工具，制货币（即铸金为刀），则要经过一个很长的时期。事实上在夏代以前和夏代时期也还只能以铜铸造一些小件器物。中国最早的一批原始铜器物是属于新石器时代中期的制品。例如 1973 年在临潼姜寨遗址出土过铜片，居然是含少量铅、锡的铜锌合金。它原来被压在仰韶文化层之下，所以被认为至迟是仰韶晚期的制品，距今当有 6000 年之久；1975 年从甘肃东乡林家马家窑文化遗址出土了铜刀，是用单范铸成的，是公元前 3000 年的制品。此外，在甘肃马厂文化、齐家文化、火烧沟文化遗址、山东龙山文化遗址、山西东下冯文化遗址、河南偃师二里头文化遗址，内蒙古夏家店下层文化遗址也都发现了冶炼的铜器物。1958 年在甘肃永清县张家咀辛店文化遗址及山东诸城龙山文化遗址中不仅发现了红铜器碎片，并伴有铜炼渣和孔雀石。它们表明，在 4000 年前，黄河的中、下游及青海、内蒙广大地区已经普遍兴起了冶铜活动。

埃及人已能采集金银并制成饰物 金和银在地球上的储量虽然很少，而且很分散，但它们在自然界中却可以单体存在，所以也是人类发现和加以利用较早的两种金属。黄金闪亮发黄，白银则洁白而有光辉。它们不被空气氧化，具有较好的化学稳定性。因此人们很早便发现、采集和加工它们，并被当作贵金属看待，成为财富的象征。

约公元前 2 千年

中国发明了白陶 大量制作已是在殷商时期。其原料是白色粘土，主要成分是硅酸铝， Al_2O_3 含量格外高，可达 30—40%；而 Fe_2O_3 的含量则明显偏低。因此在焙烧过程中，既不会使陶器变红，也不会使陶器变黑，而总保持洁白。由于选用的原料可塑性好，所以白陶不仅质地坚硬，壁薄，而且常有印纹装饰，上面有精美的凹凸图案花纹，很像是利用了雕刻有图案的模子制出陶坯后再烧而成的。

中国的红、黑陶进一步发展成为硬陶 它们最早出上于江西、湖南和福建一带新石器时代晚期的遗址中，相当于中原夏代时期。这种硬陶的胎质比一般泥质或夹砂质陶器细腻、坚硬，其中 SiO_2 的成分较红陶明显要高， CaO 、 MgO 成分相对较少。因此，烧成温度要提高，以致有了深度的烧结现象，质硬而不裂。由于它所用的原料粘土中含铁量较高，所以其胎质表里多呈紫褐色、红褐色、灰褐色和黄褐色。少数硬陶的器表还显现有在窑内高温下一度熔化而呈现的光泽，好象施上了一层釉质；由于它的质硬壁薄，击之可发出金石声，则表明其烧制的窑温已能达到约 1200℃ 的高温。

西亚两河流域的安纳脱利亚地区的赫梯人已开始使用铁器 据冶金史家的分析，赫梯人初时是在冶炼铜矿石时由于已采用氧化铁为助熔剂，从而很可能在炉的底部还原出一些铁来，从而使炉底出现很多熔渣和可锻性的铁。及至青铜时代晚期，这种可能性就到处都会有了。虽然这样得到的铁所含杂质较多，质量不很好，但铁的性能还是比青铜好，铁矿石又多，冶铁业也就发展起来，铁器逐渐取代了青铜器的地位，石器也最终退出了历史舞台。恩格斯对铁器的发明和应用曾作过这样的评价：“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极其坚固和锐利、非石头或当时所知道的其它金属所能抵挡的工具。”

公元前 2 千年

中国在新石器时代末期或夏代初期出现了铜器的铸造工艺 在河南临汝县煤山龙山文化遗址（公元前二

千年)已出土了熔炼铜的泥质炉的炉底和炉壁残块;从郑州市西郊牛寨村的龙山文化遗址也曾发掘出熔化青铜的残炉壁,内壁也附着有熔融层;在河南偃师二里头文化(公元前21世纪~前17世纪)遗址中更发现了不少铸造的爵、铃、戈、铍、刀等,也出土了一些铸物的铜炉和陶范;还发现有铸器的石范。河南登封王城岗遗址还出土了锡青铜残片(公元前1900年),已属于器形复杂的铸件,壁厚仅0.2厘米,铸造技术已相当先进。因为在那里出现的这种铸造技术距今大约已四千年了,所以在《墨子》中关于“昔者夏后……陶铸于昆吾”的记载是可信的。从二里头后期文化发展到河南郑州二里冈文化(公元前1500年左右),表明中国在商代早期和中期,青铜铸造技术已经发展到了较为成熟的阶段。

两河流域的苏美尔人开始采用吹灰法提取银 做法是往银矿石中加入铅共炼,取得银铅熔块,然后在炼炉中吹风加热,使铅氧化,于是把银从铅中分离出来。这从古城帮乌尔(Ur)、迈科普(MaiKop)和其它许多遗址中所发现的精制银器可以得到证明。

中国在距今四千年前的新石器时代后期或夏代时期开始掌握了酿酒技术 那时农业已有了进一步的发展,有了较好的酿酒资源条件。特别是在龙山文化遗址中开始出现陶尊、陶壶、陶甗等酿酒、贮酒和饮酒用的陶器。《吕氏春秋》说:“仪狄作酒”;《战国策》说:“昔者帝女(尧女)令仪狄作酒而美,进之禹,饮而甘之。”《说文解字》说:“古者少康初作箕帚、秫酒。”按少康即杜康,传说是夏代的人。这些古籍都认为中国造酒肇兴于上古之夏代,在时间上大致不错。

约公元前16世纪

中国先民已开始加工黄金 在商周时期黄金的加工技术已达到很高的水平。在内蒙古昭乌达盟敖汉旗大甸子村属夏家店下层文化(夏代)的遗址就出土了细条状黄金;在河北藁城县台西村商代中期宫殿遗址14号墓中曾出土了金箔。从殷墟中也曾出土了金箔,厚度仅0.01毫米,经研究是经捶锻加工的。1977年在北京平谷县商代墓葬中出土的一批金器中有臂钏、耳环和笄(发簪),墓葬的年代大约相当于殷代早期。在古文献中有关黄金的记载也很早,例如在《尚书·禹贡》中就提到,“扬州厥贡,维金三品”;在先秦古书《穆天子传》中记载,“天子(周穆王)乃赐赤乌之人

……黄金四十镒。”这都说明当时中国先人已经能够广为采集和加工黄金了。

公元前16世纪

中国在夏代晚期开始冶炼铅 1977年在内蒙古自治区昭乌达盟敖汉旗大甸子村的属于夏家店下层文化(夏代晚期)的遗址中发现过金属贝币,含铅量约90%;另外还有一件铅制包套,它们是迄今在中国发现的年代最早的铅制品。西汉桓宽所撰《盐铁论·错币篇》有“夏后以玄贝,周人以紫石,后世或金钱刀币”的话,说夏后(启)以“玄贝”(铅贝)为货币,看来是有些根据的(不过启是夏初之主)。然而迄今出土的属于夏代及早、中商时的铅制品仍是极个别的,似乎那时冶铅工艺还很不普遍。直至殷代,那时的墓葬中才开始有了较多的铅钺、铅爵、铅觚、铅戈等。山西侯马春秋晋国铸铜遗址则出土了大量纯度相当高的铅锭。

在夏代晚期至商代早期中国古代人民开始冶炼青铜

这时中国古人也认识到,红铜质地较柔软,既不宜制作工具,也不适合制造兵器,而青铜的硬度则较红铜为高,且坚韧;同时,还意识到锡或铅的引入可使铜的熔点降低,提高铸造性能。所以这时在中国冶铜工艺便从冶炼红铜进一步发展到冶炼青铜;从单纯冶炼孔雀石发展到冶炼孔雀石和锡石或孔雀石和铅矿石(最常见的是方铅矿)的混合物。这个经验的取得及演进过程的细节现在都还说不清,也难以推测。

约公元前11世纪

中国约从商代时期开始逐步形成阴阳学说 中国古老的阴阳观念是随同生产的发展、人们对大自然的广泛观察以及天文、气象、地理、历法等早期原始自然科学的萌芽而孕育、诞生的。最初的含义很简单,也很形象,即只是一种对现象的描述,比如指晴天为“阳日”,阴天为“不阳日”或“晦日”;以日出为阳,以日落为阴。这都是甲骨文中的记载。这种概念经过思想家们的一番由此及彼的联想,便逐步发展成为各种物质或事物的一种属性。“阳”代表了日、天、昼、暑、火、刚强、男性、雄性等诸事物的共同属性;“阴”则代表了月、地、夜、寒、水、柔弱、女性、雌性等诸事物的共同属性。这种概念的再进一步发展,则成为事物发展的动因,即这两种属性分别产生了两种力量,两种

作用。它们互相对立、相互制约，但又互相依存。它们之间的相互作用、消长变化以及相互交替和交配，促进了事物的发展和万物的繁衍。这显然是一种早期的朴素唯物主义和自发的辩证法思想。

约公元前 11 世纪

中国至迟在商代开始冶炼金属锡 金属锡的器物，至今只在殷代墓葬中出现过。据说安阳殷墟小屯出土过成块的锡锭，大司空村出土过锡戈，但未经检验。但冶锡工艺的出现未必这样晚。由于金属锡在严寒的气候中会碎裂，转变为灰锡（转变温度为 14°C ），而这种气候在中国北方广大地区几乎每年都要遇到，所以古代的多数金属锡器难以长期存留下来，因而罕见。

中国在商代中期开始利用陨铁 1972 年在河北藁城台西村出土了一件商代中期的铜钺，属殷墟文化早期。铜钺原嵌有铁刃。这个铁刃铜钺表明，当时不仅认识了铁，而且还能进行锻造加工。通过金相、电子探针等检测方法对原铁刃的残锈作的检验表明，铁刃是用陨铁锻成的，铁锈中残留有 2.5% 的 NiO 和 0.24% 的 C_2O 。镍在原来的金属铁中呈层状分布，在高镍区和低镍区的含量分别相当于 5% 和 1.3%。另外，据说在 1931 年于河南浚县辛村出土了一组青铜器，大约是西周初年卫国的器物，其中也有一件铁刃铜钺、一件铁援铜戈，现藏于美国华盛顿的弗里尔美术馆（Freer Gallery of Art）。经检验表明也是陨铁锻造的。1977 年，在北京平谷县刘家河村的商代中期墓葬中，又发现铁刃铜钺一件，经光谱分析并与有关资料对照，考古界估计也是陨铁锻造的。

中国至迟在商殷时期开始采集利用金属银 从各地的考古发掘来看，春秋时制作的错金银的青铜器是使用金属银的最早实物例证；近年出土的有山东曲阜鲁国故城东周墓的猿形带钩；河北平山县中山王墓的错金银龙首金尊等。《禹贡》虽提到了银，但夏代是否已用银，目前尚无实物旁证。

中国在商代中期以后开始以纯金属按一定比例配制冶炼青铜 最近几十年来，不仅出土了大量的商代青铜器，而且其中很多又有了分析数据。从商代锡青铜容器看，早商和中商的器物金属成分杂乱无章，很可能是由于仍以红铜与铅、锡矿石合炼取得青铜而铸造

的。但晚商青铜容器的情况则发生了明显的变化，含锡量几乎都控制在 12—19% 之间，例外者则是较个别的。这说明，此时的青铜并非是用锡矿石直接炼制的。因为这样的情况在当时的技术条件下是不可能出现的。1976 年中国社会科学院考古研究所对殷墟王室大墓——“妇好”墓出土的大量锡青铜、铅锡青铜礼器和兵器的分析结果，可以更有力地说明殷代中期那里已经能用铜、锡、铅等金属按比例合炼青铜了。在他们分析的 59 件锡青铜礼器和兵器中，有 50 件的含锡量也在 12~19% 之间。

中国在商代时已制得铅粉 铅粉即碱式碳酸铅。《墨子》说：“禹造粉。”似乎说得过分。西晋张华《博物志》说：“纣烧铅锡作粉。”这种说法是可信的。因为早在商代以前中国先民已炼制得金属铅。殷商时已用它来制作贮酒器，而当时的酒浓度不高，很容易被氧化成醋。这样铅便会慢慢溶入醋中，而生成醋酸铅，它再与空气中的二氧化碳反应，即生成碳酸铅沉淀而析出来。铅粉在此后曾用作化妆品、白色颜料和陶瓷低温釉料。

埃及人已会制作玻璃器皿 人们曾从公元前千余年的墓葬中和干尸上发现许多玻璃器皿和饰品。为什么埃及能这么早地发明玻璃技术？大概是因为在埃及的一些湖岸上，存在着丰富的天然碱（ Na_2CO_3 ），就在制陶的实践中，人们发现，将天然碱与砂石混合，在高温中熔化后，会得到一种美丽透明的“石头”。这就是玻璃。据目前所掌握的材料，也是古埃及人最早制作了玻璃花瓶、酒杯、香水瓶等器皿。此后，制陶、玻璃的技术也慢慢地由埃及传到了邻近的西南亚各国。在纪元前又传到希腊、罗马。玻璃的发明和玻璃制品的运用，不仅丰富了人类的物质文化生活，还对中古时代欧洲炼金术和制药化学的发展起了促进作用。玻璃仪器及器皿也为近代化学所必需，是很有效的实验工具。

公元前 8 世纪

中国在西周前期开始萌生了“五行”的概念 这种概念在初时只是人们通过生产和生活而体验到的，是人们生活中一日不能离开的五种基本物质资料。这种认识在《尚书·大传》中就有表达；传说武王伐纣，兵到殷郊，士兵们欢唱：“孜孜无怠！水火者，百姓之所饮食也；金木者，百姓之所兴生也；土者万物之所资

生，是为人用。”这和《左传·襄二七年》所说：“天生五材（晋·杜预注：金、木、水、火、土也），民并用之，废一不可”的说法完全一致。此后人们在利用这五种基本物质资料的过程中，了解到它们的一些品性：水总是往下浸润；火焰总是向上升腾；木材可以被加工，既可取直作方，也可以扭转弯曲；金属（青铜）可以铸造，有受范之性；土可以滋生五谷，人们赖以稼穡。显然，这都是人们从生活和劳动中总结出来的经验性认识。

中国在西周后期把“五行”概念推演成宇宙构成的五种基本元素 例如《国语·郑语》记载：周幽王八年，史伯答郑桓公时说：“夫和实生物，同则不继，以他平（整治）他谓之和，故能丰长而物生；若以同埤（增益）同，尽乃弃矣。故先王以土与金、木、水、火杂，以成万物。”这段文字很有代表性。“和”是把不同本质、不同性能的物质结合在一起，所以能够产生新物质；如果把相同的物质集合在一起（“以同埤同”），则只能增加数量，但不能得到新物质。所以要把土和金、木、水、火杂交起来才能生成万物。这里的“五行”的“行”字，其含义是“行为”、“性能”。“五行”即五种不同性能的基本物质。

中国在西周晚期开始人工冶铁 从古文献记载看，中国铁器大约出现在春秋战国之际，即公元前6世纪。从几年前所掌握的情况看，在中国发现的最早人工冶炼的几件器物也都是春秋晚期到战国早期的。鉴于中国在春秋战国之际冶铁已有较大规模，并用于制造农具，并出现了铸铁，故冶铁的发明应该说可能还要早几百年。据最近的报道，1990年河南省文物研究所在三门峡市上村岭发掘到了西周晚期上阳虢国国君“虢季”的墓葬，出土了一把铜柄铁剑。经鉴定，是人工冶铁制品，以块炼铁锻制而成。此剑是迄今中国考古中得到确认的最早的人工冶铁实物，从而证实了前些年的推断。

中国在西周晚期出现块炼铁 块炼铁虽然生产效率低，但工艺和设备简单，产品又具有优良的锻造性能，在炭火中进行渗炭，更可成为中碳钢，克服了它不够刚强的弱点，因而始终是古代锻造铁和钢的重要原料，在一定程度上能适应古代社会制造兵器和工具的需要。自西周晚期以后历代的以块炼铁或以块炼铁为原料的渗炭钢锻制的器物几乎都发现了。湖北大冶

铜绿山古矿并出土的铁耙和铁钻都是用块炼铁制成的。河北省战国燕下都44号墓的铁剑（不包括钢剑）其含碳量在0.05%左右，硅、锰、硫的含量也很低，因此质地柔韧。此外如西安半坡战国中晚期墓出土的铁凿、河北易县燕下都出土的全部锻造兵器等都是块炼铁的制品。

中国至迟已在春秋时期开始冶炼硫铜矿 硫铜矿的冶炼较孔雀石、蓝铜矿要复杂、难度也较大，因此其出现相对要晚很多。在古代，硫铜矿的冶炼一般至少要分两步走：第一步是氧化焙烧，除去其中的大部分硫，炼成冰铜，即 $\text{Cu}_2\text{S}-\text{FeS}$ 的烧结物。第二步是还原熔炼，在竖炉中以木炭加热还原上述氧化焙烧料而得到金属粗铜。从迄今取得的资料看，中国大约距今3000年的春秋时代，个别地区的冶铜技术已经进步到这个阶段。1987年，对内蒙昭乌达盟大井古矿遗址的发掘和研究表明，它属于夏家店上层文化，相当于春秋早期。遗址中发掘出土了多座炼炉和焙烧炉渣、炼渣。炉壁、矿石、炉渣中发现有白冰铜（ Cu_2S ）的颗粒，炼渣中的金属颗粒已形成合金。一些有代表性的合金颗粒经化学分析含铜约70%、锡约20%、砷约5%。其它的分析研究表明，它是一处冶炼硫铜矿的遗址。此外，对安徽贵池出土的战国时期的板状铜锭，新疆战国冶铜遗址和山西中条山战国冶铜遗址的炉渣的分析也表明，那时这些地区也已经开始冶炼硫铜矿。

中国在西周时期发明酒曲 当时酒工们已知把发芽并发霉的谷物用作酿酒的引子称作曲蘖，即酒曲。这种物质中同时含有具糖化力的丝状菌毛霉和酵母菌，将酒曲放入蒸煮过的粮食中就可以促成粮食淀粉生成酒。《礼记》的“月令篇”曾叙述了周代宫廷中负责造酒的“大酋”在仲冬酿酒时必须负责监管好的七个主要环节：“秫稻必齐，曲蘖必时，湛炽必洁，水泉必清，陶器必良，火齐必得，兼用六物。”可见，那时人们已经利用曲蘖。

约公元前7世纪

古希腊的第一位哲学家泰勒斯提出了“水是万物之源”的观点 他认为：在遥远的古代，曾有一个时期到处是汪洋大水，大地和万物经过一个自然过程从水中衍生出来，就像尼罗河三角洲是由淤泥沉积而生成的那样。所以他设想大地是一个浮在水上的圆盘。他力

求用科学术语来阐明他的见解：鉴于水能气化，又能凝固，所以它可以被看作是万物的本原。因为自然界中各种实物不会超越气、液、固三种状态。这样他就建立了一种模式，用纯自然术语来解释人类周围世界的复杂变化，而不渲染上宗教和神力的色彩。这样的模式可以说是古希腊爱奥尼亚哲学学派的主要特征，而他本人也就成了一位伟大的科学启蒙者，在历史上被西方人尊称为“科学之祖”。

公元前6世纪

古希腊哲学家阿那克西曼德提出万物本原的“阿培隆”说 当时，作为泰勒斯的弟子阿那克西曼德对泰勒斯的“世界本原”概念作了进一步的引伸。他认为万物的本原是“阿培隆”（apeiron），即一种无限的混沌物，是它产生出万物，万物犹如阿培隆中的泡沫一样，不休止地生生灭灭。虽然万物都生自阿培隆，但它们自身则分别蕴藏着冷和湿等对立物质，因而形态和性质不同。尽管他的概念令人感到捉摸不定，但在原始的科学中把“对立观”强调为突出特征引进对自然界的解释中去，这是一个很深刻的创见。

古希腊学者阿拉克西米尼提出气原说 他认为，万物的本原是物质性的无定形的“气”；气受到凝聚和稀散这两个过程的制约；气稀散就生成火；凝聚则变成水，进而又会变成土和石头。正是气的不断疏散和凝聚，就产生了自然界的千变万化。可以看出，他的头脑中没有关于元素的概念；在他的观念中涉及的不过只是从各种实物中抽象出来的物态：气态、液态和固态。他的这些观点虽然并不符合客观实际，但却是力图从自然界本身说明自然现象，具有朴素的唯物主义思想。

约公元前5世纪

古希腊唯物论者赫拉克利特提出火原说 他发展了他的前辈泰勒斯的观点，认为世界不是什么神创造的，火就是万物之源。他把整个世界看作是“一团永恒的活火”，认为火才是原始物质。由于火有剧烈的运动性，而且又是太阳在抚育万物，所以一切都是由火造成，最后也都要回到火那里去。赫拉克利特既然把火这样一种十分活跃、变化不定的自然现象看作是万物的本原，那么他把客观世界看成是不断地产生和消灭的永恒的运动的过程，也就是十分自然的了。

古希腊哲学家阿拉克萨哥拉提出了物质构成的“种子说” 他认为万物是可以无限分割的，被分割成无限小的东西，就是“种子”。“种子”的数量是无限的。它的种类也是非常之多的。在他看来，有一些物质是由单一一种类的种子组成的，更多的物质则是由许多种类的种类结合而成。它的性质为其中数量最多的那种种子所决定。他认为，宇宙是无限的，种子也是无限的，并充满整个宇宙。这样，在阿拉克萨哥拉的想象中，世界的无限多样性和无穷无尽的变化就都可以得到解释了。

古希腊哲学家恩培多克勒提出四元素说 他在前人的基础上提出了关于物质构成的“四元素说”。他认为世界万物是由四种元素，即火、水、土、气组成而产生的，一切物体都含有这四种元素，只是份额比例各自不同。所以这四种元素当时也被称之为构成万物的四种“基”。他说四元素“就像画家用以画出丰富多采的奉献给神灵的图画的颜料一样，那些天生善于绘画艺术的人用双手选取各种颜色的颜料，把它和谐地混合起来……一切变幻着的事物的来源也是这样，至少我们很清楚地认识到无数事物是这样来的；除了这（四种元素）以外没有别的东西”。为了解释运动的起因，他还进一步假定万物都含有两种性质——有爱力的与憎力的。元素在爱力的作用下结合，在憎力的作用下分离。这可以说是科学史上首次尝试用一组明确的、客观的力来说明物质相互作用的原因。

在中国的春秋时代后期提出“五行相克”说 当时，在“五行学说”的基础上发展出了“五行相克”说。“相克”原意是“相胜”，即相互胜过的意思。水能灭火，故谓之水胜火；火能熔化金属，故谓之火胜金；金属工具刀斧可以砍伐木材，故谓之金胜木；木材制成的农具可以用来耕地翻土，故谓之木胜土；用土筑堤垒坡可以挡水，故谓之土胜水。所以这种五行相胜之说同样源于生产和生活的实践。

古希腊哲学家德谟克利特提出了朴素的原子论 在他以前，他的老师留基伯已对原子论有所论述，但真正完成并发展了原子论学说的还是德谟克利特。他认为世界上的各种物质都是由不可再分割的原子组成，物质的千变万化不过都是原子间分离或重新组合的过程。宇宙中真实的存在只不过是原子和虚空。用他的话说，“按照通常的说法，有甜有苦，有热有冷，有五