



HUAXUESHI JIANMING JIAOCHENG

化学史简明教程

袁莉 白蒲婴 郭效军 编

甘肃科学技术出版社

序

现有的中外文化学史著作不少,但是一般都将化学史和化学元素发现史分别编写。另外,有关诺贝尔化学奖的获奖者也未系统地介绍,且将为数有限的学者分散在各个章节中,这样让读者查阅很不方便。袁莉、白蒲婴与郭效军在查阅现有书刊的基础上,将化学发展简史、化学元素发现史以及诺贝尔化学奖获奖者简介三部分分三篇编写成《化学史简明教程》一书,内容通俗、叙述简明,这会极大地方便中学教师、大专学生及化学工作者参考和查阅,很有实用价值,值得介绍。

正如该书前言中所引述的丁绪贤教授有关学习化学史的四点益处所言,对于化学工作者来说,学习化学史可打破专业的局限性,有利于统观化学学科的全局;培养正确的历史观,更可以从前人的成败中得到借鉴,从前人那里继承优秀遗产。所以化学史的学习能给人们一种从事科学研究的训练,并提供化学知识的稳固基础。尤其是从诺贝尔化学奖的获奖者的业绩中,我们既可了解化学科学的发展前沿,又可以学习他们对科学执着追求的高贵品质,以激励我们奋发拼搏的学习精神。

白光弼 谨识
2005年夏, 兰州

前 言

开中国化学史研究先河的《化学史通考》的作者丁绪贤（1885~1978）教授主张学习化学史有下列益处：①打破狭窄专业局限，统观化学全局，扩充眼界；②养成看问题的发展观点和正确的历史观；③从根本上给人们一种训练，提供化学知识的稳固基础；④从前人成败中得到借鉴，观往知来，从前人那里继承优秀遗产。丁绪贤先生这些精辟的见解，对于我们为什么要学习化学史作了明确和概括的解答。

化学作为一门独立的学科形成于17世纪。从那以后科学家才明确化学的任务在于揭示各种物质的组成、性质、结构及其变化的规律，并通过这一方向开展科学实验，探索研究，提出各种观点，在争鸣中形成理论。同时，人们又将化学研究的成果用于指导和推动生产实践，改造自然，创造物质和财富。

大家都知道，化学现象普遍存在于大自然，人类的活动没有一天能够离开它。作为客观存在的化学现象在人们头脑中的正确反映就形成了化学知识，首先是实用化学的经验知识。由此可见化学知识与其他自然学科的知识一样，很早就出现于人类的生产实践活动中，也产生于人们对周围复杂多变的大自然的观察、概括和思辨。化学作为一门学科，可以与人类历史一样悠久。

早在远古时期，人们已开始利用化学手段来提高劳动生产技能，改善自己的物质生活条件。这不仅使人类能立足于自然界之中，而且也有所发展，逐渐成为自然界的主人。就在这种战天斗地的实践中，人们接触、熟悉了一些化学现象，逐渐积累起一些选择物质、利用某些物质的化学性质、实现某些物质的化学转化的经验和手段，例如掌握了人工取火、烧制陶瓷、冶炼金属、加工皮毛、染色、酿造等方法。这些经验知识的积累就是早期实用化学的知识，这些加工手段的发展和提高就是原始的化学工艺技术。

实用化学知识的积累，原始化学技艺的提高进一步启迪了人们的思想。首先是一些思想家，面对千变万化的自然界，当然也包括许多化学现象，

试图用思辨的方法提出一些能自圆其说的理论或观点，例如中国古代的阴阳、五行说，古希腊的四元素说、原子说。自然哲学家要用上述理论来描述自然界，同时给予自然现象以合理解释。这些假设或理论，尽管现在看来极不成熟，有时还很可笑，但在当时它们对人们的生产实践，包括化学工艺在内产生了一定的影响。

很明显，化学知识和化学假说古已有之，它可归为两大部分：一是实用化学知识和原始的化学工艺技术；二是某些认识和思辨化学现象、化学变化、化学物质的观念或假说。前者主要依靠工匠们在化学生产实践中积累起来，后者则是在自然哲学家的思辨中萌芽和发展。两者在历史的不同时期，不同地域有着不同的内容和形式，所处的地位也不一样。历史的事实表明，当化学的这两部分内容能较好的交融结合，化学和生产都会取得长足的进展。可惜的是，在古代的大多数时期，这两者是分离的。正是这种分离，使得哲学家的理论日益严重地偏离了唯物主义的轨道，后来终于为封建统治者所利用。同样由于这种分离，作为社会生产的重要组成部分——化学工艺及其相关的行业的发展是缓慢的，作为积累化学知识的主要来源——实用化学的发展也是缓慢的。

历史上第一次解决这种分离的尝试是炼丹术和炼金术(在中国古代，以炼取丹药为主，所以称炼丹术。在西方以炼制金银为主，故称炼金术)。它们的指导思想和基本理论都是建立在古代思想家所提出的关于物质组成和物质变化的假说或理论之上，例如，如前所述的阴阳五行说，古希腊的四元素说等。而他们炼丹或炼金的实际操作，其技巧或经验大多来自工匠们积累的实用化学知识，因而炼丹或炼金的过程是上述两部分内容交融的一种试验，是实现物质化学变化的一种实验形式。

在中国古代，炼丹家们在长达千余年的炼丹活动中，曾发明了黑火药，发现了白铜等合金和不少的治病偏方，了解到许多物质的化学性质和某些物质间化学反应。在阿拉伯和欧洲，炼金术士发现了在实验室中制取盐酸、硫酸、铵盐的方法，制备了多种合金并发现了磷及多种元素。所以炼丹和炼金的实践丰富了人们的化学知识。

炼丹的主要目的是炼取长生不老的“金液”，“还丹”，以满足封建统治者长生不死的欲望。炼金更注意的是如何将贱金属炼制成代表财富的金、银。这样的目的显然是荒谬的，在当时是不可能实现的，因而中国的不少皇帝及其大臣因饮用“金液”、“还丹”而毙命。在西方伪金、假银的出现曾造成了欧洲金融上的混乱。炼丹（金）术在东方和西方先后走向歧路，逐渐衰败是必然的结局。不过还得承认，尽管炼丹或炼金的实验很难称得

上科学，但它毕竟是化学研究的一种原始形态。

虽然，炼丹术、炼金术的某些活动曾给化学带来过不好的名声，但是炼丹或炼金术对实用化学的发展并未造成直接的障碍。相反地，人们从炼丹、炼金的梦幻中苏醒后，更加重视实用化学工艺的发展，人们有意识地将炼丹、炼金的方法、经验运用到冶金和医药等技艺之中。在西方正是冶金化学和医药化学的发展为近代化学的诞生奠定了基础。很显然，在古代化学尽管没有像现在这样明确、具体的研究对象，没有严格的科学实验手段，也没有系统、完整的理论体系，但是化学作为一门学问的确是存在的。实用化学的知识是其主要内容，化学工艺技术是其重要的发展形式。没有古代化学知识的积累和成长，就不会有现代的化学科学的繁荣昌盛。

本书包括下述三部分：

第一篇 化学发展简史；

第二篇 化学元素发现史；

第三篇 诺贝尔化学奖获奖者简介。

目 录

第一篇 化学发展简史	1
第一章 化学的萌芽与古代化学	3
第一节 人类第一个化学发现	3
第二节 古代人的元素观	4
第三节 陶器·瓷器·玻璃	7
第四节 冶金技术	8
第五节 酿造·染色·油漆	10
第六节 造纸·火药	12
第七节 炼丹·炼金	13
第八节 文艺复兴时期及其对化学发展的影响—— 医药化学与冶金化学的出现	16
第二章 近代前期化学	21
第一节 17 世纪下半叶发展自然科学的条件	21
第二节 燃素说	24
第三节 氧化学说的建立	26
第三章 近代后期化学	38
第一节 道尔顿(John Dalton 1766~1844)的生平与贡献	39
第二节 盖·吕萨克(Joseph Louis Gay-Lussac, 1773~1850) 的生平——气体反应体积定律	42
第三节 阿伏伽德罗(A. Avogadro, 1776~1856) 的贡献——阿伏伽德罗的分子假说	43
第四节 贝齐里乌斯(J.J. Berzelius, 1779~1848)的生平和事迹	46
第五节 实验化学界的巨匠——本生(Robert Wilhelm von Bunsen, 1811~1899)的生平及贡献	56
第六节 化学元素周期律	62
第七节 门捷列夫(Д.И. Менделеев, 1834~1907) 的生平及其元素周期律	65

第四章 近代化学诸学科的蓬勃发展	76
第一节 有机化学	76
第二节 物理化学	108
第三节 分析化学	122
第五章 现代化学	128
第一节 量子力学的建立	128
第二节 量子力学的巨大成功——周期律本质的揭示	131
第三节 现代化学键理论的建立与量子化学的诞生	134
第四节 晶体结构及晶体化学	143
第五节 核化学的发展	145
第六节 原子能时代的来临	148
第六章 20 世纪化学发展简述	152
第一节 生物与化学	152
第二节 新材料与化学	154
第三节 能源与化学	156
第四节 环境与化学	156
第五节 计算机与化学	157
第七章 中国近现代化学史	158
第一节 近现代化学在中国的传入	158
第二节 化学一词的由来和第一本中文化学书—— 《化学入门》	159
第三节 民国时期的化学	160
第四节 新中国成立后至 1966 年间的化学学科的发展	163
第五节 中国未形成近代化学的原因初探	165
第八章 化学史大事记	168
第二篇 化学元素发现史	183
第一章 化学元素发现概况	185
第二章 化学元素发现的分论	192
第一节 古代人们生活和生产实践中的发现	192
第二节 近代化学科学实验兴起后的发现	197
第三节 化学分析发展中的发现	202
第四节 电池创造后的发现	213
第五节 光谱分析创建后的发现	219
第六节 物质放射性发现中的发现	231

第七节 原子结构探索中的发现	235
第八节 人造元素的实现	237
第三篇 诺贝尔化学奖获奖者简介	255
第一章 诺贝尔化学奖年表(1901~2002)	257
第二章 诺贝尔与诺贝尔奖的缘起	265
第三章 诺贝尔化学奖获奖者简介	267
人名索引	348
编后记	378

第一篇 化学发展简史

第一章 化学的萌芽与古代化学

化学是研究物质的科学。虽然近代化学（即从原子和分子水平上研究物质的组成、结构与性质以及反应变化）还不过是近200年的事，但是实用化学工艺的历史几乎同人类本身的历史一样悠久。17世纪以前称为古代化学时期。这一时期，经历了实用化学炼丹和炼金、医药化学和冶金化学等时期。早期化学知识来源于人类的生产和生活实践。同时在人类对自然界万物的本原构成的探索中诞生了古代朴素的元素观（物质观）。古代化学具有实用和经验的特点，尚未形成理论体系，是化学的萌芽时期。对火的利用和掌握是人类在化学史上的第一个发现。利用火，人类能够实现许多化学变化，制陶瓷和金属冶炼才有可能实现，因此，使用火是实用化学工艺的起点。随着实用工艺的发展，人们对物质的认识经过逐步积累而深化，古代的物质观随之形成并发展。古代的物质观，无论是对世界本身的认识，还是对物质变化与物质构成的探索，都是人们在观察自然现象与总结实践经验的基础上进行的理论概括，其内容十分丰富。

第一节 人类第一个化学发现

我们人类已有约300万年的历史，而地球的历史要比人类的历史久远得多。在地球的演化和生命起源的漫长过程中，经历了无数的化学变化。当人类出现的时候，地球上可以直接感知的化学变化仍是随处可见的，例如动植物的腐败和各种燃烧现象，生命的毁灭和熊熊燃烧的火焰都曾给人类带来巨大的恐惧，火山喷发、森林大火更惊心动魄。火不只给人以恐惧之感，它也带来光明与温暖，经火烧熟的食物也更为可口。正是从对火的惧怕之中，人们逐步认识和利用了火。因此人类第一个化学发现是对火的认识和利用。

人类的祖先在漫长的岁月中逐渐接触火而认识到：火可以带来光明、取暖、御寒、烧烤食物、驱走野兽，于是从野火中引来火种，并努力维持火种，使它为人类服务。人类从什么时候开始用火？我国境内发现的早期人类遗址都有火的遗迹。在距今约170万年前，我国云南元谋猿人遗址中，发现了大量的炭屑和被火烧过的动物骨骼。距今约100万年的陕西蓝田人遗址也有当时用火

的痕迹。距今40万~50万年的北京人不但已普遍用火，而且已经掌握了保存火种的方法。北京人群居洞穴之中有数米深的灰烬，其中还有被烧过的兽骨和石块，这表明北京人已有意识地利用火取暖和烧熟食物。熟食对人类智力有着巨大的促进作用，它还可以减少疫病，延长寿命。烧制熟食本身也是一个化学变化过程。有意识的使用火是人们控制和掌握的第一个化学变化，而且随之就能实现更多的化学变化，因此可以说化学是从人类对火的认识与利用开始的。

人类最早利用的都是自然界的野火，从野火中取得火种。这种使用和保存火种的办法，要受到自然界种种条件的限制。人类在数十万年的长期实践中终于发现了摩擦生火。我国上古时代有“钻木取火”的传说，关于摩擦生火起源于何时很难稽考，但对这类取火方法世界许多民族都有记载。如我国《庄子·外物篇》有“木与木相摩则然（燃）”的记载，《韩非子·五蠹》记载说：“上古之世……民食瓜果蔬蚌蛤，腥臊恶臭，而伤害腹胃，民多疾病，有圣人作，钻燧取火，以化腥臊，而民悦之。”这就是燧人氏钻木取火的神话传说。这种取火的方法在埃及、巴比伦、印度都有记载，在我国古代沿用很久，从先秦到魏晋，该法是最普遍的取火方法。它一般是用一根较硬的木棒作为钻棒，被钻的木片往往是软木，钻棒在软木上快速旋转，钻出的木屑很容易燃烧。直到新中国成立前我国海南岛的黎族和云南的佤族仍用钻木取火。与钻木法一样古老的还有锯法取火，这是利用竹木相锯摩擦而产生的热量生火，传说的伏羲氏“错木生火”即为此法。此法自战国以来也广为流传。新中国成立前，云南佤族和苦聪族都曾用锯法取火。

随着工艺技术的进步，取火方法也在进一步发展。进入青铜器时代之后，我国先民又利用青铜铸凹镜，聚日光以生火，这种铜镜又称“阳燧”、“夫燧”。《周礼·秋官·司烜》曰：“司烜氏掌以夫燧取明火于日。”此后又在击石法基础上发明了火镰击石法，此法到宋元时代普遍采用，古老的钻法、锯法取火才逐渐被淘汰。

利用和控制了火，人们可以实现许多物质变化。古代化学采用的全部方法，如燃烧、煅烧、煮沸、蒸馏、升华，甚至溶解，都直接或间接地与火有关。这些方法至今在化学实验中仍常被应用。火的利用为实用化学工艺的出现铺平了道路。

第二节 古代人的元素观

人类通过长期的生活观察和生产活动，认识了许多物质，观察和利用了許多化学变化，形成了世界万物都是由某种本原（元素）构成的观念。并思考着

万物的本原是什么？这些本原又是怎样构成万物的？

对于这样一个深奥莫测的问题，在西方最古老的回答可追溯到2500年以前的希腊学者泰勒斯（Thales，公元前约600年），他认为万物共有的元素是水。他之所以选择水为元素，可能是由于水有气、液、固三态性质的缘故，加之，在人类的营养物质和植物种子中也都含有水。

在泰勒斯之后，另一希腊学者阿纳克西米尼（Anaximenes，公元前550年）主张空气为万物的本原。同时，另一学者色诺芬尼（Xenophanes，公元前约540年）则提出以土为本原，而当时的赫拉克利特（Herakleitos，公元前约500年）又认为火是万物的本原。无论哪一种主张都完全没有明确的理论根据。

其后西西里的希腊哲学家恩培多克勒（Empedokles，公元前约490年~公元前430年）摆脱了一元说的影响提出了四元说，四元是指过去熟悉的水、空气、土和火四种东西。他认为万物是由四元所产生。四元不生不灭，并以各种不同的比例混合以形成万物。在四元素之间，由于受到“爱力”和“憎力”的作用而产生的离与合的结果，就引起了万物的变化。

对于恩培多克勒四元说的进一步改变，就演化成了著名的亚里士多德（Aristoteles，公元前384年~公元前322年）的四元说。亚里士多德是众所周知的科学家的鼻祖。他是柏拉图的高徒，又是亚历山大大帝的教师。他的元素观是古代西方最有权威性的学说。他虽然也主张把水、气、土和火四种东西作为元素，但是与恩培多克勒的元素意义并不相同，他认为四种元素是可以互相转化的。因此很难说万物是由四种元素构成的。他还认为这四种基本性质是万物各种不同性质的基础，它们依照不同的比例相互混合就构成了具有各种不同性质的万物，这四种特性就是冷、热、干、湿四种性质。水是冷而湿的，土是干而冷的，火是热而干的，气是湿而热的。由此四种元素可以互相转变，例如以火作用于水，火中的热胜过了水中的冷，从而把水加热，并使热遇到了水中的湿而生成了湿热的空气。这一学说就是这样来解释人们常见的用火加热水生成水蒸气现象的。但是，他认为如果企图说明这四种元素能如此的相互转化，就应当还有一种能够贯穿四种元素，并且能够承担其性质的某种物质，亚里士多德把它称之为“第五种元素”（Quintessence），并认为是它赋予了以上四种基本性质而形成了万物。

当然这些元素学说并不是立足于正确的实验基础之上的。他们的结论只是对周围自然界的粗浅观察为素材，并依靠希腊人独特的想象和敏锐的推理力而得出的，在亚里士多德之后再也没有出现过令人特别瞩目的新学说。

印度在公元前10世纪出现了许多宗教和哲学派别，有一种叫做“顺世论”的哲学派别认为世界的基础是物质的，物质的运动在于物质的内因，世界的一

切都是由统一的原初物质发展而来，在发展的过程中产生了“五大元素”，即地、水、火、风、空气五种元素，由这五种元素构成万物，这就是古代印度的五元素说。同时他们还认为构成五种元素的单体都是极其微小、大小相等、永恒存在的原子，这些原子可以形成单体、复体、三体乃至万物。

在古人的元素观方面我国比印度和希腊的哲学家提出的更早。大约在公元前16世纪~公元前15世纪的商周时代，我国就出现了五材（金、木、皮、玉、土）和五行（金、木、水、火、土）的学说。《尚书·洪范》是较早记载了先秦五行说的著作。《洪范》说：“五行：一曰水，二曰火，三曰木，四曰金，五曰土。水曰润下，火曰炎上，木曰曲直，金曰从革，土爰稼穡。润下作咸，炎上作苦，金曰从革，稼穡作甘。”这里论述了五行的性质，如水有湿润之性，同时亦有向下之性，火有炎燥之性，也有向上之性，木既能曲亦能直，金既可铸造也能熔化等等。五行的这些性质，都是依据经验观察的一种理论概括。至于五行与五味的关系据郭沫若解释说：“润下作咸，是从海水得来的。炎上作苦，是物焦则变苦。曲直作酸，是由木果得来。稼穡作甘的观念是由酿酒得来。”关于“从革作辛”，张子高先生解释说：“金属作为兵器，用于刺击，使人感受痛楚，这是一方面。辛辣的食物使人在味觉上发生痛感，这是另一方面。把肌肤上的痛感与舌头上的痛感联系起来，以类相从，就可把辛味属之于金行了。”由此可知，咸、苦、酸、甘、辛五味是由五行的性质衍生而来。

西汉大儒董仲舒在总结前人阴阳五行学说的基础上，对五行顺序作了规范，提出了“比相生而间相胜”的观点，其《春秋繁露·五行之义》说：“天有五行，一曰木，二曰火，三曰土，四曰金，五曰水。木，五行之始也。水，五行之终也。土，五行之中也。此其天次之序也。木生火、火生土、土生金、金生水，此其父子也。”所谓“比相生”，即按顺序比邻相生，也就是木生火、火生土、土生金、金生水、水生木。所谓“间相胜”，即按顺序间隔相胜，也就是木胜土、土胜水、水胜火、火胜金、金胜木。上述相生相胜关系可用图1-1-1表示，其中曲线表示相生关系，直线表示相胜即相克关系。

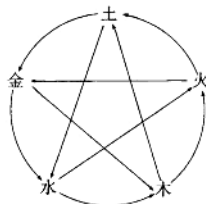


图 1-1-1 五行相生相胜关系

亚里士多德虽然承认世界的物质性，但他却把“性质”当成了万物的“本原”。这种错误的原性说对后世化学的发展产生了很大的影响，它成为西方炼金术的主导思想。中国的五行相生相克的法则被应用于解释世上万物的运动变化，因此可以认为我国炼丹术的产生与发展 and 阴阳五行说密切相关。

第三节 陶器·瓷器·玻璃

一、陶器

陶器的出现是人类跨入新石器时代的重要标志。陶器的烧制是人类继掌握用火之后又一项伟大成就。新石器时代人类已由打制石器发展到磨制石器和使用复合工具。生产已不仅是采集和渔猎，而且出现了原始的畜牧业和农业。人们开始过着较为安全的生活，需要更多好的生产和生活用具。在长期的实践中，人们首先认识到了黏土的可塑性，它们一经火烧又会变得坚硬耐水，再加上用火的丰富经验，人们便逐步有意识地把黏土粉碎，用水调匀，揉捏成型，用火焙烧以制取最原始的陶器。陶器的出现，给人类生活带来了很大的进步，开始有了烹饪器、贮存器，人们不仅可以烤食，而且还可以煮食，过去用石头不便制作的器件如纺轮、弹子等可以用黏土烧成，陶器很快就成为生产和生活的必需品。人类第一次所从事的化学工艺就是制陶。

在中国，陶器的制作已有8000年的历史。我国许多地区都出土了原始的陶器。这些陶器都是手工制作的，质地粗糙、厚薄不均。随着社会的进步，制陶工艺不断改进，由手捏制坯到使用陶轮，从篝火焙烧发展到窑烧，陶器的品种也越来越多，质量也越来越好。在新石器时代初、中期，人们已能制造出红陶、灰陶和黑陶。初期红陶中的细泥彩陶最为有名，这种陶器表面呈红色，表里磨光，造型独特，图案美观，是仰韶文化的代表作。河姆渡文化和龙山文化中的黑陶乌黑发亮，壁薄质坚。到了商代，出现了刻纹硬陶和白陶，表明制陶工艺已日臻完善。

古埃及、印度、波斯和希腊，在新石器时期也有了制陶工艺。

人们在长期制陶劳作中发现，在挂陶衣的黏土稠浆中加入一些石灰或草木灰等物质后，烧制出的硬陶表面光滑明亮，这就是釉层，这种陶器称为釉陶。釉陶器面光洁美观，便于洗涤，又能防止渗水，这引起了人们的兴趣和注意。釉的发明是制陶工艺发展中的一次飞跃，同时也为瓷器的发明提供了必备的条件和经验。

二、瓷器

随着釉的出现，窑温的提高和白色瓷土的采用，诞生了原始瓷器。

中国是世界上最早制作瓷器的国家。在河南、江西、江苏、安徽、陕西、甘肃等地的商代遗址中都发现了完整的原始青瓷器。到了东汉由于原料配方、生产工艺和高温技术不断改进，制品达到了瓷器的基本要求，出现了真正的瓷器，这种青瓷器已经很精细而且美观。到了南北朝，已烧出了白釉瓷器。随着制瓷工艺的不断提高，工匠们对铁、铜、锰、钴等元素的呈色作用逐步有了经验，在掌握了精细白瓷烧制技巧的同时，也掌握了多种色瓷的烧制和釉上彩、釉下彩的技艺。明代烧制出的青花釉下彩瓷器和多种鲜艳夺目的色彩釉瓷都是艺术上的珍品。这表明制瓷技术已达到了纯熟的水平。到了清代瓷器艺术更放异彩，康熙时的素三彩、五彩，雍正、乾隆时的粉彩、珐琅彩更是闻名中外。

早在唐代，中国的瓷器便由海上和“丝绸之路”远销到西方。公元11世纪，中国的造瓷技术传到波斯、阿拉伯、小亚细亚地区和埃及。15世纪传到意大利威尼斯。从此欧洲的制瓷技术突飞猛进地发展了起来。

三、玻璃

制造玻璃的技术是埃及人和美索布达米亚人在公元前3400年~公元前2500年发明的。究其起源，可能是他们在制陶中无意或有意的将天然碱与石英砂混合后焙烧，得到原始的粗制玻璃。那时的玻璃几乎全都带色，且不甚透明。后来人们逐步用它制作各种装饰品、酒杯和瓶罐等。

公元前制造玻璃的技术由埃及传到罗马，罗马人对制造技术进行了改进。他们用熔炉代替烧锅以提高温度，使原料完全熔化为液态，提高了玻璃的质量。同时发明了吹管和吹制技术，从而生产出透明而美观的玻璃制品。后来他们在原料中有意的加铁、铜等金属元素，制成了彩色玻璃。

各种玻璃制品的出现，不仅丰富了人们的生活，还为炼金术与药物化学的发展提供了器皿和条件。

第四节 冶金技术

一、铜

人们从烧陶工艺中掌握了高温技术，并把它用于冶炼铜矿石、铁矿石等而出现了冶金技术。人们开始用金属代替石器和陶器，实现了生产工具的革命。于是在人类历史上继新石器时代以后，相继出现了青铜器时代和铁器时代。

商周青铜器大发展可以从举世无双的青铜器群、巧夺天工的冶铸技术、规模不断扩大的矿冶遗址上得到反映。

商周青铜器以品种齐全、花纹瑰丽、质量精良、器形庄重而著称于世。品种方面有青铜农具和工具、青铜兵器、青铜礼器和生活用具，数以万计的出土

青铜器中以青铜礼器和生活用具为最多。因为它作为奴隶主的陪葬品被长期保存下来。而实用工具用坏以后大都回炉重铸，因此保存下来的为数不多。但从历年出土的情况看，有锄、铲、锹、镰、斧、凿、刀、钻、锯、锥等，仍有相当的规模。

集中反映商周时期青铜铸造技术大发展的标志是“六齐规律”的总结。所谓“六齐”是铸造青铜时铜和锡的六种配方，这是世界上最早的合金成分和性能关系的总结，是商周以来上千年的青铜铸造实践经验的概括。根据《考工记》（成书约在战国初期）的记载：“六分其金而锡居一，谓之镜鼎之齐；五分其金而锡居其一，谓之斧斤之齐；四分其金而居其一，谓之戈戟之齐；三分其金而居其一，谓之大刃之齐；五分其金而锡居二，谓之削、杀、矢之齐；金、锡半谓之鉴燧之齐。”

《荀子》对青铜铸造要领表达如下：“刑范正，金锡美，工冶巧，火齐得”，即青铜铸造时要求铸艺精确，铜锡纯净，冶铸工艺巧妙适当，火候和成分掌握得当。这几项确实是青铜铸造的成败关键。

在埃及发现了埋藏有刀、锯、斧、锄等青铜器的古墓。在印度也发现了青铜斧的古迹。经验证，埃及和印度在公元前3000年已进入了青铜器时代。在西欧和俄罗斯也发现了青铜器时代铜矿竖井式开采的遗址。

中国古代不仅用火法炼铜，还发明了湿法炼铜。早在西汉《淮南万毕术》里就提到了“曾青（即 $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ ）得铁则化为铜。”东汉成书的《神农本草经》里也记载：“石胆（即 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ）能化铁为铜”。这种现象到了唐末就运用到生产中去了，在宋代成为一种重要的生产铜的方法。中国的湿法冶金技术，在化学史上是一大贡献。

二、铁

人类最早使用的铁是天外飞来的陨铁。在埃及等一些文明古国所发现的最早期铁器，都是用陨铁加工而成的。1922年在中国河北藁城台西村出土了一把商代铁刃铜钺，距今已有3400多年，在青铜钺上嵌有铁刃，这种铁刃也是陨铁。

虽然铁矿石在自然界分布极广，但由于铁的熔点较铜高，铁矿石不易被还原，而且铁矿石不易识别，故铁矿的冶炼也较铜矿晚。公元前2000年，亚述人和小亚细亚的赫梯人首先掌握了冶炼铁的技术。开始使用铁器工具后，生产力又发展到一个新的水平，人类便进入了铁器时代。

我国春秋战国时代人工冶炼的铁有块炼铁和生铁两种。一般认为最初的炼铁技术大多采用“低温固体还原法”或“块炼法”，其产品称为“块炼铁”。这种方法是将铁矿石和木炭一层夹一层地放在炼炉中，点火焙烧，在 650°C ~