

中国
文化
知识
大观
园

科技
军事
卷

辽海出版社

古代化学

邢春如 刘心莲 李穆南 主编



• 中国文化知识大观园 • 科技军事卷 •

古代化学

(上)

邢春如 刘心莲 李穆南 主编

辽海出版社

目 录

一、先秦化学	(1)
人工取火	(1)
原始制陶术	(5)
冶金技术的源起	(29)
早期的铅和锡	(48)
酿造化学的源起	(50)
早期日用化学工艺	(66)
二、秦汉—宋元化学	(90)
冶铁炼钢技术的发展	(90)
陶瓷技术的重要突破	(106)
造纸术的发明和革新	(118)
铜的冶炼技术	(126)
“南青北白”的唐代瓷艺	(139)
名窑林立的宋代瓷艺	(147)
黄白术	(157)

三、明清化学	(175)
古代瓷艺的鼎盛时期	(175)
本草学的总汇	(188)
明代火药和火药武器	(193)

一、先秦化学

人工取火

火的利用在原始人的进化中起了极其重要的作用。根据自然史和人类史的资料，可知人类大约已有 300 万年的历史，地球的历史则比人类久远得多。据当代科学家对地球演化和生命起源的研究，可以肯定地说，其中经历了无数的化学变化，然而在诸多的化学变化中，燃烧氧化现象则是最常见的化学现象。

燃烧氧化现象中给人以直观感知的就是火。当地球某处火山爆发时，或当天空的雷击引燃了森林之火时，熊熊燃烧的火焰像一个可怕的无形恶魔，似乎要吞噬它所面对的包括原始人在内的自然界。可以想像，原始人起初对它只能是感到害怕、恐惧。然而当大火过后，人们又可以在其废墟中寻找经火烧烤后的动物的尸体，发现它比生食更为可口。于是原始人有意识地将自然界的野火引入他们群居的山洞中。当他们围坐在火堆前，又进一步发现火会给阴暗的山洞带来光明，火使人们在严寒中感到温暖，火还可以对野兽的侵扰具有相当的威胁作用，维护了原始人的安全。原始人开始把火当做宝贝，委派专人对火种进行保管。正是

在自然界中求生存的劳作，使人们对火的认识由惧怕到逐步感到其威力而加以利用。火成为人类生活的必需。

中国先民用火的遗迹

在我国境内发现的早期人类遗址都有火的遗迹。例如在云南省元谋县境内发现的距今 170 万前的元谋人遗址，在元谋人化石黏土层曾出土了大量的炭屑，并发现有数块烧骨。这表明当时的



清雍正景德镇窑粉彩笔筒

元谋人不仅用火，而且还用火烧烤兽肉鱼蚌。此外，在距今约 80 万年前的陕西蓝田人居住的遗址中也有用火的遗迹。在北京房山区周口店发现的距今 50 万 ~ 40 万年前的北京人不但已普遍用火，而且已掌握了保存火种的方法。

古人类研究学者在北京人聚居的洞穴中发现了很厚的灰层，最厚的约有 2 米，

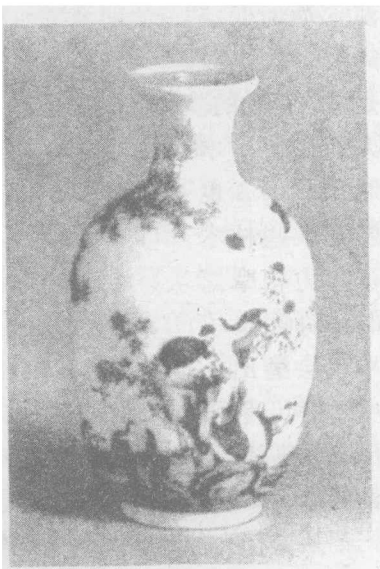
这是长期烧火才能积累起来的灰烬。其中还有被烧过的兽骨和石块。兽骨由于燃烧而呈黑、灰、黄、绿、蓝等色和不规则的裂纹。石块有的熏黑了，有的烧裂了，甚至有的石灰石已接近烧成了石灰。在灰层中还发现有木炭。这些发现是北京人用火取暖和烧食的实证。灰烬不是散漫于整个地层，而是一堆堆地合理分布，这进一步表明，它不是野火的留迹，而是北京人为了保存火种的有意识有火的结果。

掌握了火，就可以用它来烧烤兽肉和植物根茎，从而结束了原始人类茹毛饮血的方式，这点对于原始人类的进化十分重要。

因为熟食不仅好吃，更重要的是便于消化和减少疾病，延长寿命，同时为脑髓的发育提供了丰富的营养，促进了人类大脑发育和智力的提高。烧制熟食本身也是一个化学变化过程，尽管人们对这一过程中的化学变化的认识在以后很长一段时间里不甚了解，但是他们坚信，物质包括动植物等生物是可以通过烧烤而发生变化的。

恩格斯在其著作《自然辩证法》中谈到火的使用和动物的驯养时指出：“这两种进步就直接成为人的新的解放手段。”人们

清乾隆景德窑珐琅彩瓷瓶

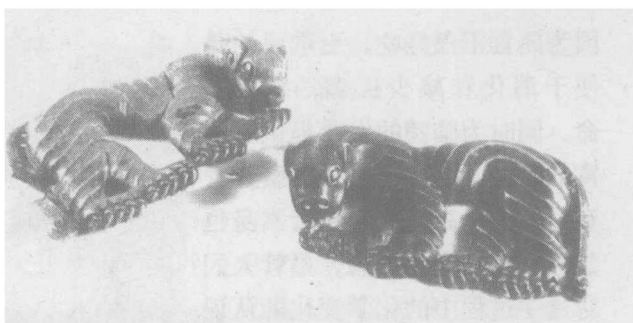


有意识地使用火，便是掌握了帮助人类在自然界中生存的一种自然力，是帮助人类解放智力的一个重要途径，通过控制火使人们实现了更多的物质转化，这里有更多的化学变化。因此可以说，化学是从火的认识和利用开始的。

从保存野火到人工取火

人类最早利用的火都是自然界的野火，从野火中取得火种，再让它延续和繁衍下来。保存火种曾是原始人群体的一项重要任务，故都设专人来保管火种。无论是引进野火，还是保存火种，都要受到自然条件的限制，万一遇到突发的自然变故，有时会造成火种的中断，将给原始人的生活带来极大的不便。因此，在生活实践中，摩擦生火的现象引起了人们的重视。在打制石器中，会发现某些石块相击时会产生火星，但是这种火星一闪即熄，要

使它燃烧变成火焰，在当时是不容易的。人们在使用木制工具时，也发现某些枯木被猛力相摩擦时，时间长了不仅会磨出一些木屑，还会发热，当热到一定程度也会生出火星，这种火星周围有较高的温度，燃烧时间相对长一点，若遇到易燃的干草之类的纤维，则能燃烧起火焰。于是人们发现了钻木取火的方法。

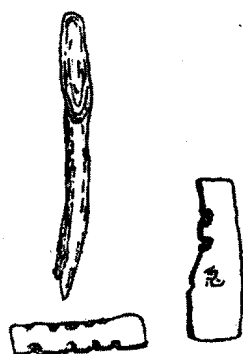


战国银双虎

从保存火种到摩擦生火，其间至少经历了数十万年。关于摩擦生火起源于何时已难于稽考，但我国的上古时代就有钻木取火的传说，《韩非子·五蠹》记载说：“上古之世……民食瓜果、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。”这里的圣人就是后来神话传说中的燧人氏，燧人氏显然不是一个具体的人，而是一个擅长钻木取火的群体。钻木取火的方法在我国古代沿用了很长一个时期。根据模拟试验可以推测，当时是用一根较硬的木棒做钻棒，被钻的木块往往是软木，当钻棒在软木上快速旋转后，钻出的木屑就可能燃烧起来。据了解，直到 20 世纪，生活在深山老林中的海南黎族和云南佤族仍有人采用钻木取火的方法来生火。

远古的钻木取火工具，由于其为木质，在考古中实难发现。据对出土文物的调查，在汉晋遗物中，例如在居延汉代烽燧遗址中就曾发现过钻木用的钻棒和木片，如下图所示。

从这些文物可以推测，当时钻木取火的方法实际上又演进为



居延汉代烽燧遗址出土的钻木取火工具

锯法取火。锯法取火其原理同钻木取火法，只是在具体材料和材料形状上有所改进，它是利用制成齿状的竹片与硬木棒相摩擦而产生热量来取火。传说中的伏羲氏“错木生火”即是指这一方法。《庄子·外物》所说的“木与木相磨则燧遗址出土的钻木取火燃”，大概也是这种方法。这种方法在战国以前较为流行，在战国之后依然流传下来。据 20

世纪 50 年代在少数民族的考古调查中，曾发现在云南的佤族、苦聪族中仍有人采用锯法取火。他们截取当地生长的一种名为“阿由”的树木为底木，用铁刀在树心上刻一凹槽，然后用一竹片在凹槽中往来摩擦。另有一人手持火草置于凹槽两端，并且夹紧底木，直到摩擦出火星引燃火草。此外，还有一种以竹藤做条带来锯的带锯法。假若你想亲自操作一下上述方法，你就会发现，无论是钻木取火还是锯法取火，说起来简单，做起来并不容易。燧石相击虽能有火星迸出，用它取火就更难了。

原始的制陶术

大约在 1 万年以前，人们发现某些黏土较易塑造成型，成型坯件焙烧后变得十分坚硬，基本不透水。用这种方法制成的器皿可代替部分木制、石制、骨制的器皿，还可制成木、石、骨无法或很难制成的某些器具，这就是陶器。陶器是人类掌握的第一种利用化学手段而创造的人工制品。

陶器发明的内涵和意义

陶制器皿由于赋形随意，制作起来较之石制、木制、骨制要方便些，加上原料比比皆是，资源丰富，烧起来也不复杂，所以制陶业具有极好的发展条件。陶制容器和食器既可以用做餐具，又可以作为储存器，特别对于那些液态食品和水就更必要了。陶制的烹饪器皿和炉灶也使熟食的方法突破了单一的烧烤形式，煮食、炒食及蒸食逐渐发展起来，极大地丰富了人们饮食的内容。陶制的塑像不仅作为美化生活的工艺品，同时也反映人们的精神寄托，特别是对神或某种定物的崇敬。总之，陶制品极大地改变了原始人的生产方式和生活面貌，促进了原始社会从采集、渔猎为主的生活向以农业为基础的经济生活过渡。陶制品成为人们日常生活中不可缺少的物种，是人类生活跨入新石器时代的一个重要标志。

陶器的发明是人类在认识自然、改造自然过程中取得的首批重要成果。陶器的烧成与石器、木器、骨器的加工不一样，后者只是改变了自然物的形状，而没有改变它的本质。前者则是以自然物为原料，通过高温下的化学反应而创造出的新材料。这就不但改变了自然物的形态，而且也改变了它的本质。制陶的一般过程是：选择好制陶的黏土，将其用水湿润成具有一定可塑性的坯泥，再塑造成某种形状，干燥后在高温下烧烤，就成为坚硬的陶器。由柔软的黏土变成坚硬的陶器，这是一种质的变化。用现在的科学常识来说，制陶是以黏土作为原料，黏土是由某些岩石的风化产物如云母、石英、长石、高岭土、方解石以及铁质、有机物所组成，在 800°C 以上温度烧烤时，黏土发生一系列的化学变化，包括失去结晶水、晶形转变、固相反应以及低熔点的玻璃相生成等。共熔玻璃相的产生使原先松散的黏土颗粒团聚在一起，从而使制品变得致密和具有一定强度。从广义上来说，陶器的烧

成是一个化学过程，是人类历史上最早进行的化工生产。

黏土中最主要的化学成分是氧化硅和氧化铝及多种金属（钙、镁、铁、钾、钠等）氧化物，所以陶器在材料分类中属于硅酸盐制品中的一种。硅酸盐制品是最早、最常见的无机材料，它一般具有耐火、抗氧化、不易腐蚀、不溶于水等一系列性能，在通常的自然环境中，大多可以较长久地保存下来，因而在许多有背景的地域地层中，即史前时代人类聚居的遗址中，往往留存有许多陶器及其碎片。人们正是通过对出土的陶器及陶片的研究，来了解古代社会，特别是史前文化和新石器时代某些部落或民族的存在及其物质文化水平。陶器的创制和发展是古代文化的组成部分之一，博物馆往往通过出土的古陶器的展示，来说明古代社会的文明。古陶器则成为衡量文化性质的重要因素之一。同时考古工作者又把陶器作为考察判断墓葬及其他出土文物文化性质的依据。由此可见古陶器的研究具有很高的学术价值，它不仅是古代科技史研究的对象，也是文化史和社会史研究的重要内容。

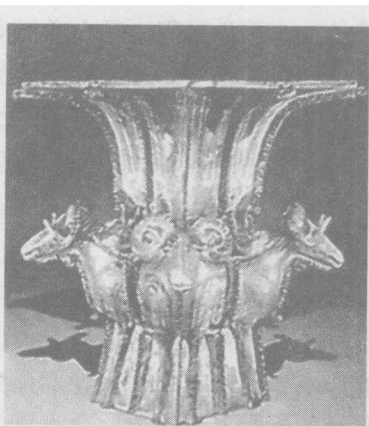
中国发明陶器的有关传说

由于陶器的发明远在没有文字的史前时期，即今天所讲的新石器时代早期。后来人们关于它的议论只能是根据传说，这种传说因后人生活诸多因素的制约，在某种意义上说有一定的“水分”。从目前所看到的古代文献中，至少有以下几种说法。《老子·道德经》谓：“埴埴以为器，当其无有，器之用。”这可能是最早的言陶文献了。蜀汉谯周的《古今考》说：“神农对食谷，加米于烧石之上食之。黄帝时有釜甑。”宋代高承在《事物纪原》中说：“《周书》曰：神农作陶；《尸子》曰：夏桀臣昆吾作陶；《吕氏春秋》亦曰：昆吾作陶。高诱云：昆吾，高阳后，吴回黎陆终之子，为夏伯制作陶冶，埴埴为器也。然黄帝

时，有宁封人为陶正，则陶始于炎帝明矣。”《周礼·考工记》则曰：“有虞氏上陶。”众说纷纭，可以看出古人的这些传说或推测，大多是为了迎合当时人们崇神敬祖的心理，极力把陶器的发明归功于历史上某些传奇式的人物，例如燧人氏、神农氏、轩辕氏、有虞氏、宁封、昆吾等。

燧人氏即传说中钻木取火之人。因为制陶的关键在火烧，故有人认为是燧人氏发明制陶。其实，钻木取火与烧陶是两码事，尽管制陶离不开火，但是掌握了取火的方法并不意味着掌握了烧陶技术。神农氏（又有人说是炎帝）是传说中农耕技术的创始者。尽管农业生产的创始意味着人们开始了定居生活，定居生活对陶制品的依赖明显地加

强，即制陶业的兴起的确与农耕技术的发展和定居生活有密切的联系，但是并不能在农耕生产、定居生活和制陶术的发明之间画一等号。轩辕氏即黄帝，是传说中 4600 年前原始社会进入父系氏族社会的一位领袖，他继神农氏之后而治天下。黄帝时在氏族社会中设立陶正这一官职，只能说明制陶业到此已有相当的发展了。只有粗具规模才可能成为氏族社会的一项公益生产部门。有

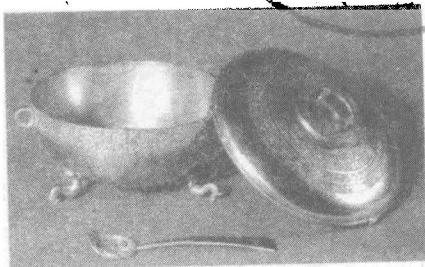


商代四羊尊



吴王夫差青铜矛

虞氏即三皇（尧、舜、禹）之中的虞舜。《世本》称舜始陶，显然与考古所发掘的资料不符。至于昆吾作陶，只能理解为昆吾是当时一支善于制陶的部落。总之，对上述文献所表达的观点认真分析，就可以发现，传说与事实有很大的差距。欲科学地考察陶器的发明，大概主要是依靠对考古资料和出土陶器的科学分析。



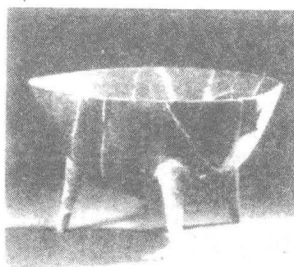
战国带盖金盆

中国最早的陶器

由于生活、生产对陶器的需求，制陶术发明后便得到较快的发展，陶器遂成为新石器时代一种广泛应用的器皿，被后人视为新石器时代一个突出的特征。据目前掌握的考古资料，可以断定中国陶器的制作至少已有 12000 年以上的历史。

1977 年在河南新郑发掘的裴李岗文化是前仰韶文化的一个代表，是中国黄河流域新石器时代早期文化的一个典型。从已发现的近百处遗址来看，它东达河北南部，西到渭水流域，南到陕南汉水一带，北与华北平原相接。前仰韶文化诸部落均以发达的采集、狩猎经济为主，并从事原始的农业，过着相对稳定的聚居生活。从遗存来看，陶器的数量不少，但品类少，形制简单，陶壁厚薄不匀，质地松脆，火候不匀。以泥质红陶为主，夹砂红陶次之。制坯方法是手制兼用模制。进一步观察可以推断，当时制陶坯时外部可能有陶模，制作中先在外模内铺以绳网，然后在模内敷泥做成陶坯，由于绳网起隔离作用，陶坯干后就易从模中脱出，工艺较原始。器物主要有饮食器、水器、炊器及储藏器，普

遍用三足或圆足。从质地来看，细泥红陶的断面相当细致，不像普通砖瓦那样含是在黏土中有意掺入了细砂，表明当要具有较好的耐热急变性能。陶器大多是采用覆烧技术，因此火候掌握不匀，色杂而有斑点，只有少数可能是在陶窑中烧成，因为在发掘中

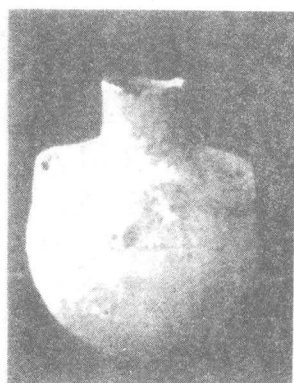


磁山新石器时期遗址
出土的陶器

曾发现一座横穴窑，烧成温度为

800 ~ 900℃。址出土的陶器

1976 年



裴李岗新石器时期遗

在河北武安发掘的磁山文化是前仰韶文化的又一典型遗存，从中已发掘出复原的陶器 477 件，大部分是夹砂红褐陶，也有泥制红陶。陶坯都是手制，不是手捏就是泥条盘筑，陶器多为素面。器皿有盂、盘、三足钵、双耳小罐、直口深腹罐、杯、豆等。制作工艺和烧成方法与裴李岗的相差不远。令人瞩目的是在遗址中曾发现了个别彩陶，表明它是仰韶彩陶的先驱。

在江西万年仙人洞、广西桂林甑皮岩等华南地区新石器时代较早遗存中，出土的陶器全部为粗陶，完整的陶器较少，即使拼凑起来，也都是一些器形简单的圆形罐类。质地粗松，内含不少石英颗粒，且都是手制，胎壁厚薄不匀，胎色以红褐色为主。往往在一块陶片上出现红、灰、黑多种颜色，这可能是在烧成中温度不匀所致。据推测，烧成温度约为 680℃。

经 1973 年和 1978 年两次发掘的浙江余姚河姆渡文化遗址，

是长江下游地区新石器时代的期文化。出土的陶器以夹炭黑陶为主，夹砂黑陶次之，器具有釜、盘、罐、钵、盒、豆等早，基本上是手制，既有手捏的，也有泥条盘筑的，有些器物外有拍印的绳纹，胎内也有绳纹，这表明当时为了加固器物而采取的方法。据研究，夹炭黑陶是在黏土中有意识地掺和了炭化的稻壳和植物茎叶而制成。为什么要加这些炭化后的植物？最大的可能是为了减少黏土的黏性和因干燥收缩和



发掘整理河姆渡遗址出土的

陶器

烧成收缩而导致的开裂。这是河姆渡出土的早期陶器的一个特征。

上述出土的陶器是目前为止的考古发掘所陈列的，代表广大中原地区的新石器时代早期陶器的典型。深信经过考古工作者的努力，还会发现更丰富的资料以补充或更正上述看法。据 $^{\circ}\text{C}$ 测定，裴李岗文化、磁山文化的陶器，其年代分别为距今 7500 ~ 6900 年和 7405 ~ 7285 年；江西万年仙人洞的出土陶器为公元前 6870 ± 240 年；浙江余姚河姆渡文化出土的陶器在公元前 4970 ~ 公元前 4740 年。

新石器时代陶器的演进

由于生产力发展的不平衡，以及各地区自然环境的差异，不同地区生产陶器的历史进度以及器形、质地及烧制方法等诸方面都会有差异，从而各具特色。但是随着原始社会由母系氏族社会过渡到父系氏族社会，到“三皇五帝”，直到夏商，各地区的制

陶业都在发展，技术也在进步。就以黄河流域为例，裴李岗、磁山等前仰韶文化最初生产的主要是细泥红陶、夹砂红陶，到了仰韶文化又增添了灰陶、彩陶，发展到龙山文化时期，黑陶、白陶又成为别具特色的新品种。品种的增加、器形



杭州葛岭葛洪炼丹井

的变化、工艺的提提高，在不同地区，其发展的模式也不尽相同。尽管存在差异，但还是可以从中概括出一个大致的面貌。在新石器时代，中国大地上常见的陶器是红陶、灰陶及黑陶，它们又分别包括泥制和夹砂两类。

考古资料表明，黄河流域新石器时代分属各种地域文化的陶器情况如下：裴李岗文化以红陶为主，有泥质和夹砂两类；磁山文化以夹砂的红褐陶为主，其次是泥质红陶。继承它们的是仰韶文化时期（前4500～前2500）的陶器。这时的制陶业已相当发达，窑址大都集中分布在村落附近，表明制陶业仍属氏族集体所有。生产泥质、夹砂两种红陶为主，灰陶还是比较少，黑陶更是罕见。白陶则只是在仰韶文化晚期的个别遗址中发现过。仰韶文化之后发展起来的是中原地区的龙山文化（约前2500～前1800），制陶业以灰陶为主，红陶占据一定比例，黑陶在数量上有明显增加。这一变化与陶窑结构的改进和烧窑技术的提高

有关。

分布在黄河上游的马家窑文化（约前3200～前1700）的陶器以泥质红陶为主，彩陶较为发达。继马家窑文化之后的齐家文化（约前1900～前1600），陶器似乎是泥质红陶和夹砂红陶并举。分布在黄河下游的山东、江苏北部一带的大汶口文化



炼灵砂

（约前4000～前2200）早期以红陶为主，晚期时，灰陶、黑陶比例显著上升，并出现了白陶。大汶口文化的彩陶虽然不多，但颇有特色。这特色就是许多陶器都挂着一层陶衣。有了陶衣，陶色就更加丰富了。例如，许多黑陶的胎色显红或灰，它们实际上是黑皮陶。继大汶口文化之后发展起来的是山东龙山文化（约前2000～前1500），它的最大特点是以黑陶为主，其他灰陶、红陶都不多，而且黑陶又分细泥、泥质、夹砂三类，以细泥薄壁黑陶的制作水平最高。

大溪文化（约前3800～前2400）和屈家岭文化（约前2600～前2200）是长江中游地区新石器时代的代表。前者以红陶为主，有一定数量的灰陶、黑陶，甚至还发现有白陶。后者的早期陶器中，黑陶占有较大的比例，晚期则以灰陶为主，最引人注目的是薄胎彩陶。

在长江下游地区承接河姆渡文化的是马家浜文化（约前