

GUDAIHUAXUEYUANQI

科技普及读物

ZhongguoKejiShihua

中国科技史话

古代化学 缘起

〈上〉



辽海出版社

中国科技史话

古代化学缘起

(上册)

邢春如 主编

辽海出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国科技史话. 7/邢春如主编. —沈阳: 辽海出版社,
2007. 5

ISBN 978 - 7 - 80711 - 701 - 8

I. 中… II. 邢… III. 自然科学史—中国—青少年读物
IV. N092 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 072472 号

目 录

一、先秦化学

1. 人工取火.....	(1)
2. 原始制陶术.....	(2)
3. 冶金技术的源起.....	(6)
4. 早期的铅和锡	(20)
5. 酿造化学的源起	(42)
6. 早期日用化学工艺	(60)

二、秦汉—宋元化学

1. 冶铁炼钢技术的发展	(84)
2. 造纸术的发明和革新.....	(101)

目 录

铜的冶炼技术·····	(111)
名窑林立的宋代瓷艺·····	(127)
黄白术·····	(139)
黑火药的发明和早期火药武器·····	(159)
冰糖的出现·····	(175)

三、明清化学

古代瓷艺的鼎盛时期·····	(181)
本草学的总汇·····	(196)

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找到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

一、先秦化学

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。原始人开始把火当作宝贝，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。



清雍正景德镇窑粉彩笔筒

这表明当时的元谋人不仅用火，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



清乾隆景德镇窑珐琅彩瓷瓶

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

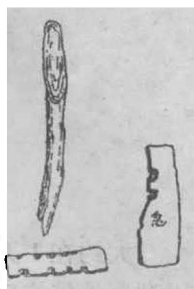


战国银双虎

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。

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。



居延汉代
烽燧遗址出土
的钻木取火工

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》具

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。

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，但种类少，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

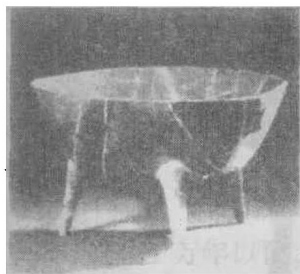
坯，由于绳网起隔离作用，陶坯干后就易从模中脱出，工艺较原始。器物主要有饮食器、水器、炊器及储藏器，普遍用三足或圆足。从质地来看，细泥红陶的断面相当细致，不像普通砖瓦那样含是在黏土中有意掺入了细砂，表明当要具有较好的耐热急变性能。陶器大多是采用覆烧技术，因此火候掌握不匀，色杂而有斑点，只有少数可能是在陶窑中烧成，因为在发掘中发现一座横穴窑，烧成温度为 $800 \sim 900^{\circ}\text{C}$ 。



裴李岗新石器时期遗址出土的陶器

1976年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。器皿有孟、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°C 。



磁山新石器时期遗址

出土的陶器

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早期文化。出土的陶器以夹炭黑陶为主，夹沙黑陶次之，器具有釜、盘、罐、钵、盒、豆等，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 ^{14}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

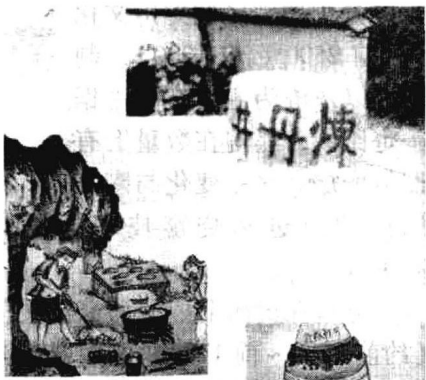


发掘整理河姆渡遗址出土陶器

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，



杭州葛岭葛洪炼丹井

黑陶、白陶又成为别具特色的新品种。品种的增加、器形的变化、工艺的提高，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。



炼灵砂

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（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



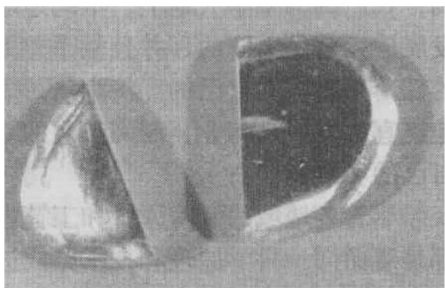
升轻粉

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 3700 ~ 前 2700）和良渚文化（约前 2800 ~ 前 1900）。马家浜文化以夹砂红陶为主，这时黏土中的矽和料主要是砂粒，后来又多用草屑、谷壳等。良渚文化则以泥质黑陶为其主流，敲开这些泥质黑陶就可以发现它们大多是灰胎黑皮陶。

东南沿南地区新石器时代遗址也很多，虽然它们在文化特色上不像黄河、长江流域那样清晰，但是还是能看到它们所反映的不同时代

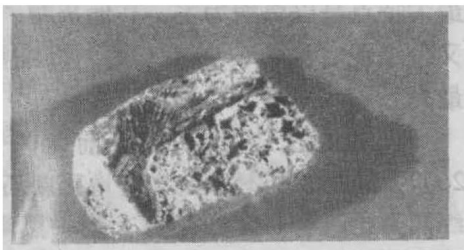


炼丹术中的丹阳银

或不同类型的文化。在早期，它们大多以粗红陶为主；到了晚期，质地和品类明显增多，除了粗红陶、粗灰陶之外，还有泥质红陶、灰陶和黑陶，烧成温度也有明显提高，一般可达 900℃ 以上，并开始出现几何印纹陶。

一、先秦化学

云贵川所处的西南地区也广泛地分布着新石器时代的文化遗址，出土的陶器，早期大多是夹砂粗陶，多为灰褐色，红色次之。晚期增加了泥质红陶和灰陶，黑陶少见。



炼丹术中的白锡银

东北及内蒙古、宁夏、甘肃等北方草原地带，广泛地分布着以细石器为代表的新石器文化遗存。出土的陶器由

于时间和地域的不同而有一定差异。在那些以农业经济为主的部落，陶器较丰富，而那些以游牧渔猎经济为主的部落，陶器稀少，质地也较粗糙。

纵观上述各地新石器时代遗址所出土的陶器，不难看到，在广阔的中华大地上，不同地域的陶器质地和种类及其发展进程都是不同的，并且是千差万别。这恰恰说明各地域的部落都是根据自己的经济生活形态、当地的资源条件，因地制宜地发展制陶业，制陶工艺的掌握和提高也主要是凭借自己的实践经验。

尽管各地域的制陶原料和工艺经验有所差别，但是制陶都是遵循同一科学原理和技术路线进行的。

红陶、彩陶、灰陶、黑陶及白陶

各地区烧制的陶器在器型品种上千变万化，但它们有一个共同点，即它们所采用的原料大多是含钙量较低的铁质易熔黏土。在这类黏土中铁的氧化物是主要的呈色成分。在无窑烧陶的技术中，由于在烧烤过程中，氧气能充分供给，故烧成气氛呈氧化态，陶坯中的铁元素呈高价状态（即 Fe_2O_3 ），