

北京市绿色印刷工程——优秀青少年读物绿色印刷示范项目

小牛顿

科学
故事馆

化学的故事

Huaxue de Gushi

小牛顿科学教育公司编辑团队 编著



小牛顿 科学故事馆

化学的故事

Huaxue de Gushi

小牛顿科学教育公司编辑团队 编著

贵州师范学院内部使用

图书在版编目 (CIP) 数据

化学的故事 / 小牛顿科学教育公司编辑团队编著. — 北京: 北京时代华文书局, 2018.8
(小牛顿科学故事馆)

ISBN 978-7-5699-2490-9

I. ①化… II. ①小… III. ①化学—少儿读物 IV. ①06-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 146514 号

版权登记号 01-2018-5059

本著作中文简体版通过成都天鸢文化传播有限公司代理, 经小牛顿科学教育有限公司授权中国大陆北京时代华文书局有限公司独家出版发行, 非经书面同意, 不得以任何形式, 任意重制转载。本著作限于中国大陆地区发行。

文稿策划: 苍弘萃、林鼎原

图片来源:

Wikipedia:

P16、P19~P24、P28~P31、P34、P36、P38、
P45~P46、P48~P49、P52~P53、P64~P65、P67、P72
Shutterstock: P4~P5、P7、P9~P11、P13~P15、
P17~P18、P20~P21、P23~P30、P32~P33、P36~P37、
P39~P64、P66~P73

百度百科:

P7

贾湖遗址:

p12

美国化学遗产基金会:

p18

插画:

谭巽言: P8、P11、P19、P31、P38、P41、
P44、P55

陈瑞松: p74、P79

牛顿/小牛顿数据库: P34~P35、P54

化学的故事

Huaxue de Gushi

编 著 | 小牛顿科学教育公司编辑团队

出版人 | 王训海

选题策划 | 王训海

责任编辑 | 许日春 沙嘉蕊 王雨沉

责任校对 | 张翰林

装帧设计 | 九野 王艾迪

责任印制 | 刘银

出版发行 | 北京时代华文书局 <http://www.bjsdsj.com.cn>

北京市东城区安定门外大街 136 号皇城国际大厦 A 座 8 楼

邮编: 100011 电话: 010-64267955 64267677

印 刷 | 小森印刷 (北京) 有限公司 010-80215073

(如发现印装质量问题, 请与印刷厂联系调换)

开 本 | 787mm×1092mm 1/16 印 张 | 5 字 数 | 70 千字

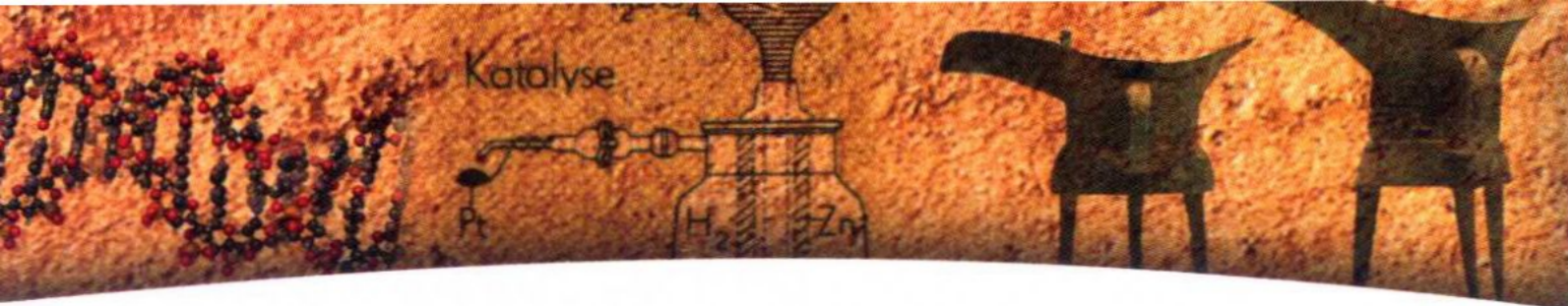
版 次 | 2018 年 8 月第 1 版 印 次 | 2018 年 8 月第 1 次印刷

书 号 | ISBN 978-7-5699-2490-9

定 价 | 29.80 元

版权所有, 侵权必究

贵州师范学院内部使用



学的基础。

第五章“突飞猛进时期”可以看到化学在加入了电学之后的进展。由于电化学的应用，科学家可以对化学物质做微量度的分析，进而测量出更精准的分子量，而有了之后的化学元素周期表。

第六章“现代的炼金术——化学工程”可以看到化学在工业生产上的应用。包含早期的钢铁业、肥料化学，和后来的石油化学、生物化学和核能等等。

此外，书末的附录中精绘了我们生活中常见的化学反应，以及制作化学发展史的大事年表，让读者可以一目了然化学发展的脉络。

在今日快速变动的世界里，唯有持续阅读与对不同学科的思考，才能在时代巨流中找到自己和他人的定位，《小牛顿科学故事馆》系列书辑跨领域、重思考、好阅读，能够帮助少年了解科学理论的背景与人文因素，掌握科学的本质及运作方式，培养成为“通才”的胸襟及气度！



目录

变化莫测的科学

一切都是从火开始 4

企图改变世界的炼金术士

西方炼金术 vs. 东方炼丹术 16

怀疑派化学家

怎么可能只有四种元素? 28

现代化学的雏形

质量守恒定律和原子论 40

突飞猛进时期

“电”在化学上的应用 54

现代炼金术——化学工程

改变世界面貌的化学 64

附录 1 生活中的化学反应

附录 2 化学大事图解年表

小牛顿 科学故事馆

化学的故事

Huaxue de Gushi

小牛顿科学教育公司编辑团队 编著

贵州师范学院内部使用



给读者的话

探究自然规律的科学，总带给人客观、冰冷和规律的印象，如果科学可以和人文学科搭起一座桥梁，是否会比较有“人味儿”，而更禁得起反复咀嚼、消化呢？

《小牛顿科学故事馆》系列，响应现今火热的“科际整合”趋势，秉持着跨“人文”与“科学”领域的精神应运而生。不但内含丰富、专业的科学理论，还以叙事性的笔法，在一则则生动有趣的故事中，勾勒出重要科学发现或发明的时空背景。这样，少年们在阅读科学理论时，也能遥想当时的思维脉络，进而更关怀社会，反省自己所熟悉的世界观，是如何被科学家和他们的时代一点一滴建构出来。

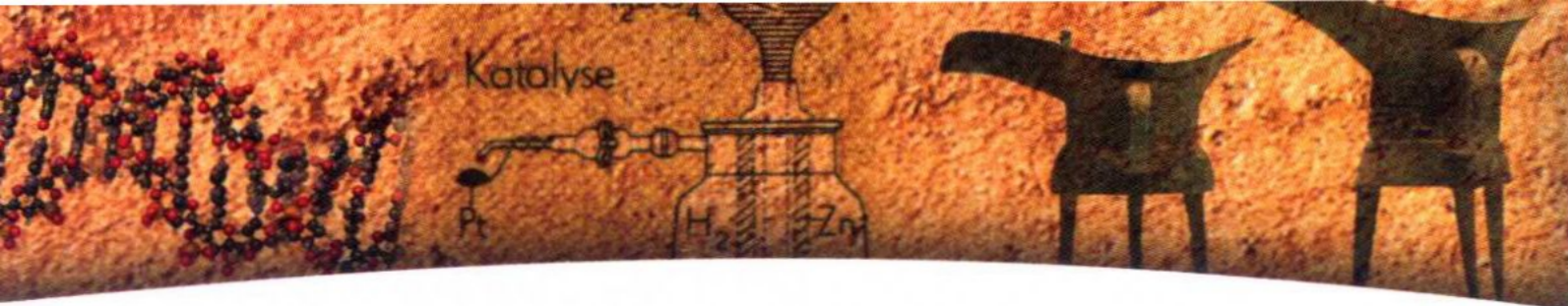
在本书《化学的故事》的第一章“变化莫测的化学”中，从古代人们酿酒、制陶、冶铁说起，因为这些工艺技术都包含许多化学原理。化学就是“变化的科学”，代表的就是把某一样物质变成另一种看起来不一样的东西，例如水果变酒、泥土变陶器、铁矿经处理后变成铁。

第二章“企图改变世界的炼金术士”则提到由于对财富和长生不死的迷恋，无论是东西方都产生出炼金术士和炼丹术士。虽然这些江湖术士很不科学，不过在他们炼金或炼丹的过程中，创造出了许多新的化合物、发明出好用的材料。

第三章“怀疑派化学家”则提到一些科学家对古代的炼金术和对世界的解释产生质疑。这其中以提出“多元素说”的波义耳，以及提出“氧化学说”的拉瓦锡最著名。在这段期间内，又有许多科学家制造或分离出不同的气体。这段期间慢慢脱离了古代的炼金术时代。

第四章“现代化学的雏形”进一步叙述化学研究的进展，在这段期间科学家还提出了“原子论”，以及后来修正过后的“分子论”，奠定了近代化





学的基础。

第五章“突飞猛进时期”可以看到化学在加入了电学之后的进展。由于电化学的应用，科学家可以对化学物质做微量度的分析，进而测量出更精准的分子量，而有了之后的化学元素周期表。

第六章“现代的炼金术——化学工程”可以看到化学在工业生产上的应用。包含早期的钢铁业、肥料化学，和后来的石油化学、生物化学和核能等等。

此外，书末的附录中精绘了我们生活中常见的化学反应，以及制作化学发展史的大事年表，让读者可以一目了然化学发展的脉络。

在今日快速变动的世界里，唯有持续阅读与对不同学科的思考，才能在时代巨流中找到自己和他人的定位，《小牛顿科学故事馆》系列书辑跨领域、重思考、好阅读，能够帮助少年了解科学理论的背景与人文因素，掌握科学的本质及运作方式，培养成为“通才”的胸襟及气度！



目录

变化莫测的科学

一切都是从火开始 4

企图改变世界的炼金术士

西方炼金术 vs. 东方炼丹术 16

怀疑派化学家

怎么可能只有四种元素? 28

现代化学的雏形

质量守恒定律和原子论 40

突飞猛进时期

“电”在化学上的应用 54

现代炼金术——化学工程

改变世界面貌的化学 64

附录 1 生活中的化学反应

附录 2 化学大事图解年表



变化莫测的科学

一切都是从火开始



当伐木工人砍倒大树后，大树的树根及接近根的部分仍留在地上。虽然树木变成两半，但我们还是可以理解它们原本的样子。

木头燃烧后变成灰烬和少数的木炭。木头和灰烬的形态全然不同，我们很难想象木头是如何变成灰烬的。

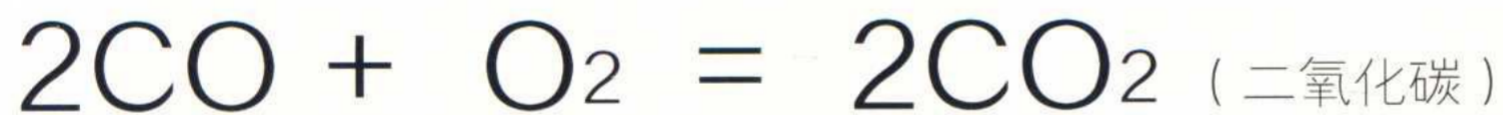
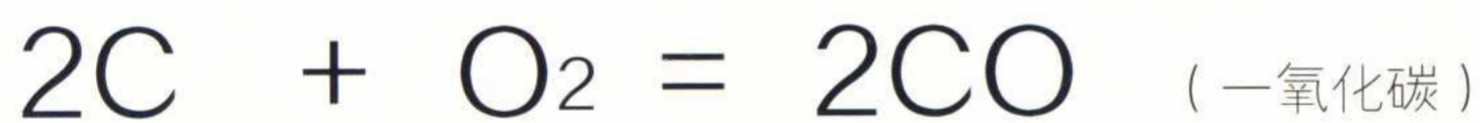
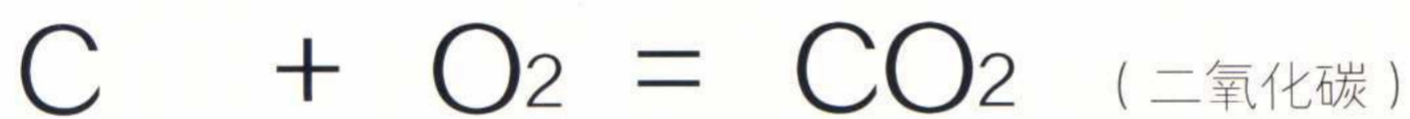
当我们看到一颗野生苹果时，咬下一口，它就缺了一角，看起来小了一些；伐木工在森林里面将树木砍倒后，树木就被分成两半，一部分是留在泥土地上的树根，另一部分则是倒塌的大树。以上这些现象很容易理解，因为这些东西只是变小或变短了而已。不过，如果我们将一部分的树枝用火去烧，一阵子之后，它就只剩下变黑、变轻的焦炭和一堆灰，看起来和原来的树枝完全不同。树枝到底是如何变成焦炭和灰烬的呢？又或是反过来问，火到底对树枝做了什么事，让它变



成这样呢？这些问题的答案超乎我们的想象，甚至到了18世纪科学萌芽的时期，人们还停留在“燃素说”这样错误的理论中。（燃素说是假设任何可以燃烧的物体中都含有一种叫“燃素”的东西，当火烧完这些燃素之后，剩下的就是不含燃素的部分。）

通过现代的科学知识，我们已经知道：燃烧是可燃物在很高温度下快速地和空气中的氧气结合，而形成的现象。由此得知了燃烧三要素是：可燃物、氧气和燃点（物体达到可以燃烧的温度，不同物体的燃点不同）。

以木材燃烧为例，由于木材的主要成分是碳和水分，当这些碳和氧气结合后，产生的二氧化碳和一氧化碳会散逸到大气中，这就是木材燃烧后会变轻的原因。以现代化学方程式的表示如下：



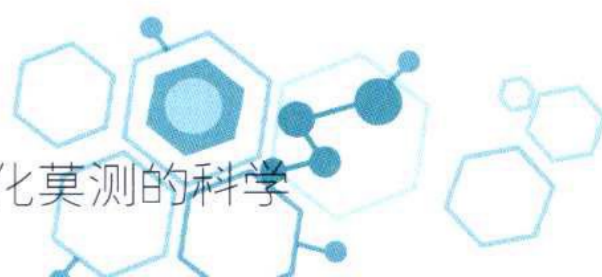
※注：C = 碳；O₂ = 氧气

此外，当木材在燃烧时，空气中的氧气常常被耗掉了，来不及补充，所以就无法形成二氧化碳或一氧化碳，但火的温度还是很高，高温会使木材内的水分蒸发，就像我们用烘衣机烘干衣服一样，所以燃烧木材最后会剩下干干的焦炭和灰烬。这个化学反应在科学上叫作“碳化”或“脱水”反应，木材燃烧和食物被烤焦都是这个反应。虽然我们的老



燃烧三要素

物体燃烧有三个要素，分别为“可燃物”“助燃剂”（一般是氧气）和“达到燃点（可以燃烧的温度）”。



祖宗并不知道这些科学原理，不过，他们仍旧善用这些“变化莫测”的化学反应，来为自己的生活增添一些色彩与创新。例如用木材搭起营火、烹煮食物，甚至提炼和铸造金属（冶金术），都是以火为核心的化学反应。

化学一词的英文是 chemistry，关于它的来源众说纷纭，有人说它来自英文中的炼金术（alchemy），不过，最为普遍的说法是，它是来自古法语的 alkemie 和阿拉伯语的 al-kimia，也就是“变化的学问”之意。这个词语简单却又能深刻地表达出化学的含义，因为化学就是具有将某个物质转变成另一个物质的能力。而这个词语演变至今，则被简称为“化学”。

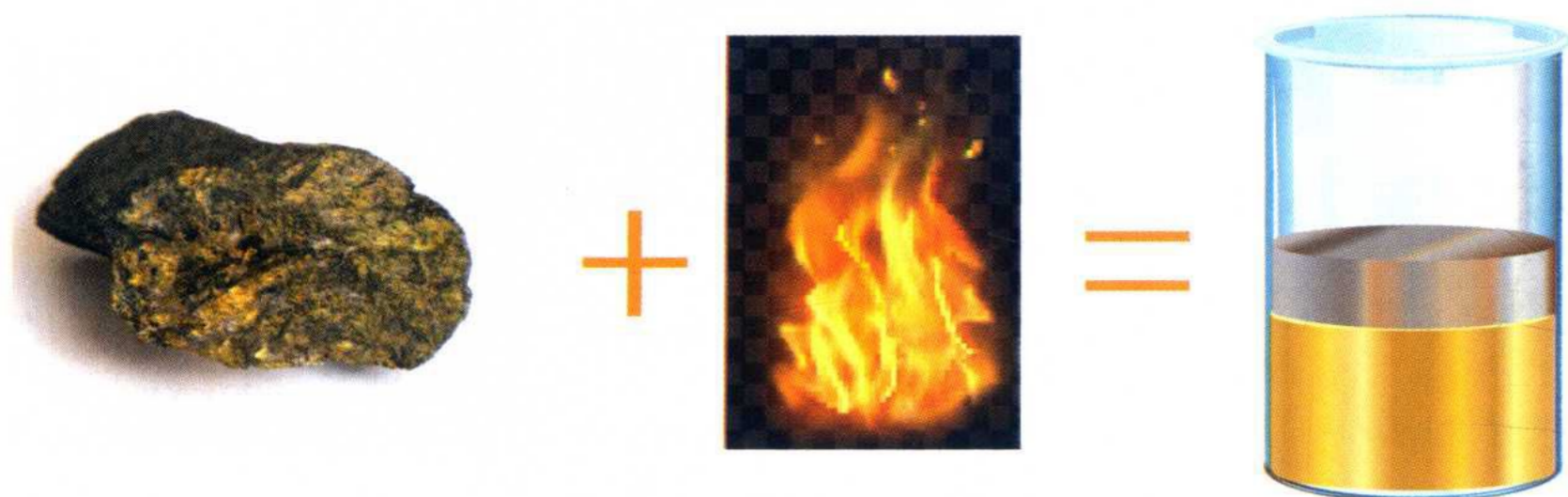
人类历史上最古老的化学应用都是从火开始，除了用火烹煮食物外，最重要的就是冶金术了。所谓冶金术，就是将金属从大自然的金属矿中提炼出来，再进一步加工制成各式各样的工具。常见的提炼方法是

用高温将金属矿整个熔化，由于不同物质有不同的密度，所以可以从分层的金属矿溶液中获得纯的金属。历史学者常常以石器时代、青铜器时代、铁器时代来划分早期人类的历史，其中的青铜器和铁器就分别是冶金术的两个重要里程碑。



石器时代到铁器时代

在还没发明出文字，或是刚开始有一些简单的文字出现以前，考古学家用原始人类使用的工具来划分时代。人类从很久以前就开始将石头磨制成工具，随着石器工具越来越精细，人类进入了新石器时代。后来，青铜器的发明又使人类的文明迈进一步，农业生产效率提升，人类也开始有制度产生。最后，进入铁器时代后，各地区都普遍开始有文字记载。



简易铜矿冶炼图

将含有铜的铜矿用火加热到 1000℃ 以上后，铜矿里的铜和矿石里的其他元素都会开始熔化。由于铜的密度比其他金属大，所以它会沉在底下。古代人就是用这种方法将铜从铜矿中分离出来的。

人类最早的青铜器出现在两河流域的苏美尔文明，5000 ~ 6000 年前的青铜刀，是目前出土最古老的青铜器。苏美尔文明是两河流域中最早开始的文明，除了发明楔形文字、将 1 小时定为 60 分钟、发现圆周率和圆的使用以外，冶金术的出现也是它的一大特征。不过，苏美尔文明中的青铜器使用量并不大，要说到青铜器的最大使用者，以及使用得最出神入化的国家，那当属位于东方的中国了。

据考古学家研究，目前中国历史上出现最早的青铜器是 4700 年前，

大约在传说中的尧帝时代，位于马家窑文化遗址（现今甘肃西部和青海东部）的单刃青铜刀。

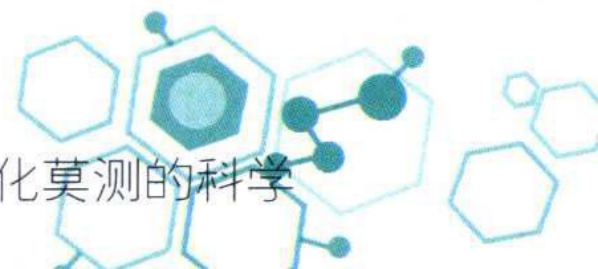


马家窑青铜刀是目前中国挖掘出最古老的青铜器。经过碳 14 元素测定法，得知约在 4700 年前制造而成。马家窑青铜刀的表面已生锈，但它是中国进入青铜时代的象征，在同一个考古遗迹中还发现了许多未制造成器具的铜渣。

而中国使用青铜器最发达的年代，是在商朝到春秋战国时期，这时候的青铜器不仅量多质精，到了后期还出现精细浮雕、镂空等高超的工艺技术，湖北省随州市出



曾侯乙尊盘是战国早期时的青铜器作品，做工非常华丽，有许多深入的镂空设计。它高约 33 厘米，口宽 62 厘米，盘高 24 厘米，盘宽 57 厘米，由“尊”（中央部分的盛酒器）和“盘”（周围的盛水器）组成。



土的曾侯乙尊盘就是精细青铜器的代表。

说了这么多，到底什么是青铜呢？青铜就是一种铜和锡的合金，它氧化之后会变成青灰色，所以就叫青铜。青铜器中的红铜（提炼出来的纯铜）占了95%以上，锡占3%左右，有时还加少量其他金属，如铅等。不过，可别小看这3%的锡的威力，就是因为加入了锡，青铜的硬度达到铜或锡的四五倍，至此之后铜矿才得以被人类广泛使用。（虽然在公元前五六千年时，美索不达米亚平原上就有红铜制成的铜器，但由于它的质地太软，很容易变形，所以并没有广泛使用。）

青铜器的制作过程和鸡蛋糕的制作过程很像，就是将熔化的铜锡合金浇灌到模子中，等合金冷却凝固之后，就是可以使用的青铜器了。

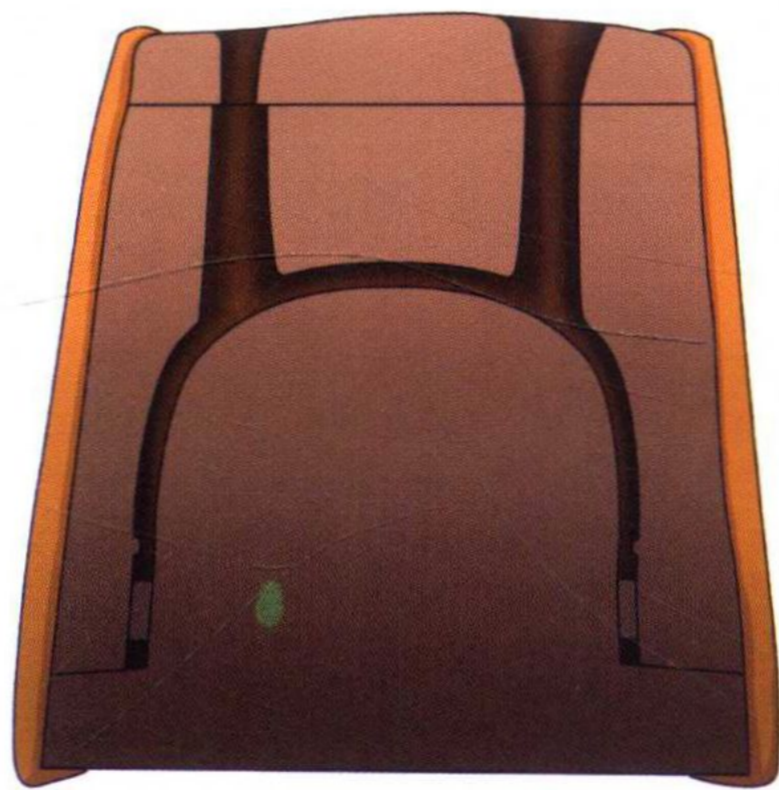
青铜器制作过程大致上可以分为采矿、冶金、制范、浇铸和塑形，实际上制作青铜并不像做鸡蛋糕这

么简单，因为有些青铜的构造较为复杂，因而需要将它的模子分成好几块，要使用的时候再组装起来，以方便拆卸、重复使用。在中国这种模子叫作“范”。

早期的青铜器都是用“浑铸法”制作的，也

就是范是一体成型的。但到了后期，青铜器的形状越来越复杂、精细，于是人们把范切成好几块，让它可以拆开和组装，这种方法叫作“分铸法”。

人类在掌握青铜器的制作方法之后，接着就是要



青铜浇铸

青铜合金在高温时会变成液体，将它倒进制作好的模子里，待它冷却之后，青铜器就做好了。这种一次浇铸成型的铸造方式，叫作“浑铸法”，是比较早期的青铜器的做法。



中国青铜器

青铜器是中国文化的一个象征，因为中国从商朝到汉朝，铸造了大量且精美的青铜器，显示了当时的高科技水平。中国古代大量使用青铜器，包括用青铜来制作食器、酒器、工具、兵器、马车的配件和乐器。

金属熔点表

金属的熔点是指金属能够熔化成液体时的温度，不同的金属有不同的熔点，大多金属的熔点都很高，但也有少部分金属的熔点在几十度，甚至汞（水银）的熔点是在零度以下。

挑战更困难的铁器。铁的硬度比青铜高，而且铁矿的蕴含量又比铜矿多，怎么看都是比青铜更好的金属材料，怎么铁器会一直到公元前 14 世纪才出现呢？

铁器出现时间比青铜器还晚的原因主要有两个。第一，铜的熔点大约是 1000°C ，比铁的熔点 1500°C 低了许多，在早期人类还不容易利用燃烧获得高温的年代，要将铁矿里的铁熔化出来并不容易。后来在改良窑烧的技术后，人类才能获得更高的温度；第二，铁矿的蕴含量虽然比铜矿高，不过由于铁矿很容易氧化，也就是俗称的生锈，因此如果要获得纯铁矿，就必须有更繁复的“过滤杂质”技术。也就是因为这两个技术层面上的限制，所以在更古老的年代，虽然一直有发现人类尝试使用铁矿的遗迹，但都没成功。

人类历史上最早成功使用铁金属大约是在公元前

铁	锰	铜	金	银	铝	锌	铅	锡	钠	钾	汞
1535	1244	1083	1064	962	660	420	328	232	98	63	-39

(单位 $^{\circ}\text{C}$)



赫梯帝国位于小亚细亚，也就是现今土耳其的位置。它和希腊半岛隔着爱琴海相望，许多小亚细亚甚至两河流域的发明和文化，都是从经由爱琴海传递到希腊去的。有个海上民族叫作腓尼基，他们住在爱琴海周围，最远也住到地中海周围。腓尼基人骁勇善战，灭了赫梯帝国，也将赫梯帝国的许多技术传播开来，包括闻名于当代的冶铁技术。



赫梯人的金属神

赫梯人能够冶炼出铁器和许多其他金属来。他们将一切功劳归功于带领他们冶炼出这些金属的“金属神”。赫梯人金属神的外观看起来很像鹿，这是在土耳其境内的赫梯人金属神的雕像。

14 世纪，位于小亚细亚（今土耳其）的赫梯帝国。

赫梯帝国将制铁技术列为国家重要机密，严禁冶铁技术外流，以至于当时铁工具的价格几乎和黄金一样高。后来，强盛的赫梯帝国因为瘟疫而没落，被来自地中海的海上民族——腓尼基人攻破，而将冶铁技术散播出去。大约在公元前 12 世纪，中东地区的国家就大致掌握了制铁技术，并且随着贸易，辗转传到欧洲和亚洲。

西周玉柄铁剑

铁器的硬度虽比青铜器大，但由于它很容易生锈，而且生锈之后就容易断裂甚至碎掉，所以比青铜器难保存。图为 1990 年在河南省三门峡市虢国墓出土的玉柄铁剑。剑长 20 厘米，玉柄握把长 13 厘米，可以看到铁剑的部分已经生锈得相当严重。



多变的食物



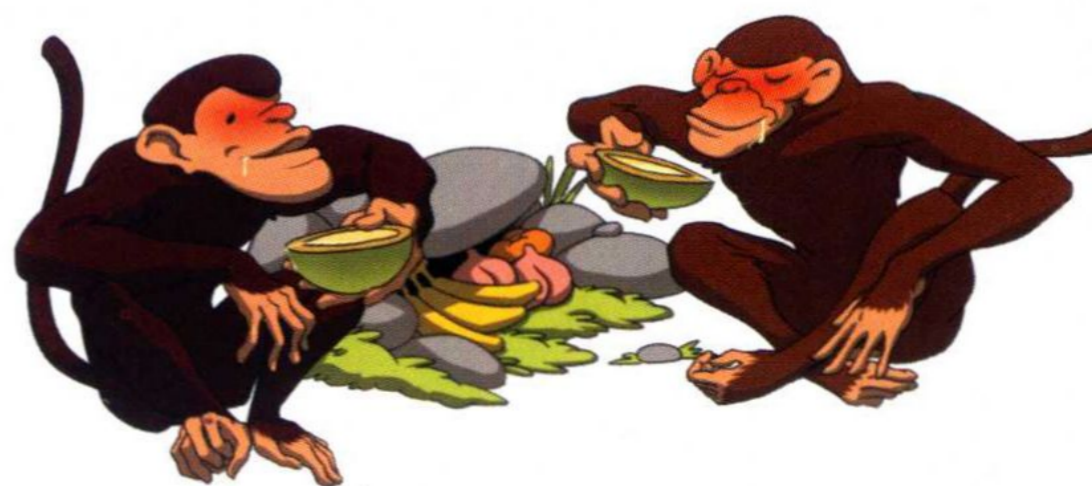
酒、醋、酱油、发酵乳的生产过程都要经过微生物的发酵作用，这些饮品和调味料都被称为发酵食物。

化学除了应用在冶金术外，还被应用在与我们生活息息相关的食物方面。有些我们现今常吃的东西，如奶酪、面包、酱油、醋和酒，在很久之前就已经被制作出来了。只能说爱吃是人的天性，我们的老祖先也跟我们一样喜欢吃美味的食物。下面，我们就介绍酒和奶酪。

这些奶酪、面包之类的食物被称为“发酵食物”。发酵食物指的是利用微生物的发酵作用，使某种食物变化为另一种风味的食物，如发酵乳、酒、酱油、醋等。许多发酵食物的核心制作方法都和酒类似，下面，我们就先来看看酒的制作。

酒的起源甚早，已经不可考。明代文人李日华著作的《紫桃轩杂缀》中写道：“黄山多猿猱，春夏采杂花果于石洼中，酝酿成酒，香气溢发，闻数百步。”他把这种酒称为“猴儿酒”。可见，不要说我们的老祖先了，连人类更原始的祖先——灵长类动物，如猴子、猩猩，也懂得酿酒。不过，如果要说到大规模酿酒，那还是只有人类才办得到。

大自然中就存在酵母菌，当这些酵母菌在密封的水果上生长、发酵之后，就会将水果发酵成酒精了。古代人观察到黄山的猴子会将水果放在一个密封的洞穴里，酿成酒来喝，这种酒被称为“猴儿酒”。



据考古学家考查，最早的酿酒技术大约

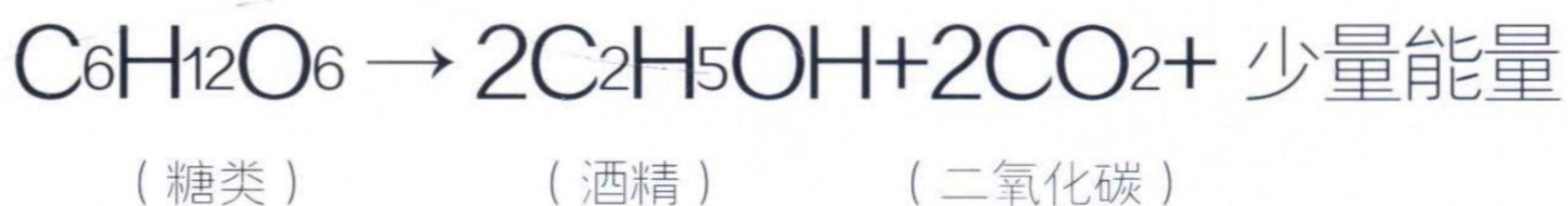


在1万2千年前新石器时代的美索不达米亚（两河流域）形成。后来，酿酒技术在许多地方都独立发展出来，大约在1万1千年前，埃及已经有用水果和大麦酿制水果酒和啤酒的遗迹，大约在同一时期，在中国河南的贾湖遗址也发现一批含有酒精成分的陶器。

酒的形成过程包含许多化学变化，其中最核心的就是发酵作用。发酵作用指的是特定的微生物（一般是酵母菌）在缺乏氧气的情况下，将食物中的糖分（也就是糖类）分解成酒精，以获得能量的过程。这也就是在酿酒的时候，要将食物原料和微生物密封的原因，因为在氧气充足的情况下，这些微生物只会“吃”这些原料，并不会产生酒精。

因为酵母菌在水果表皮、土壤，甚至空气中都有，所以古代人发现，只要将水果或原料密封起来，就会产生美味的酒来。不同酵母菌所发酵的酒的风味不同，再加上不同的原料，才让古代人有各式各样的酒。酱油、醋等其他发酵食物，则是用其他酵母菌发酵而成。

酵母菌分解糖类的化学方程式如下：



眼尖的你，是不是发现这个反应式中多了一样气体呢？

没错，就在酵母菌进行发酵作用获得能量，并且产生酒精的同时，还会产生一些二氧化碳。所以在酿酒的过程中，酒的表面会有一些气泡，这些气体就是二氧化碳。

早期人类酿造出来的酒称为“酿造酒”，其酒精浓度无法太高，

贾湖陶器

贾湖陶器是公元前90世纪贾湖遗址中的陶器。2004年中美科学家分析陶器底部的酒精成分和周围散落的食物，认为陶器中原来装着的可能是一款由水稻、葡萄或山楂和蜂蜜酿造出的酒。



因为如果产生的酒精浓度太高，会杀死酵母菌本身。这种酒的酒精浓度大约在5%~14%。不过，大约在公元1世纪的罗马帝国，现今埃及的亚历山大港发明出了蒸馏酒，也就是利用蒸馏技术产生的浓度更高的酒。



图片中为一个装满欧洲酸樱桃的罐子。将罐口层层密封，避免空气跑进去，再加一些糖，搭配上酸樱桃本身附着的酵母菌，就可以酿成可口的酒。

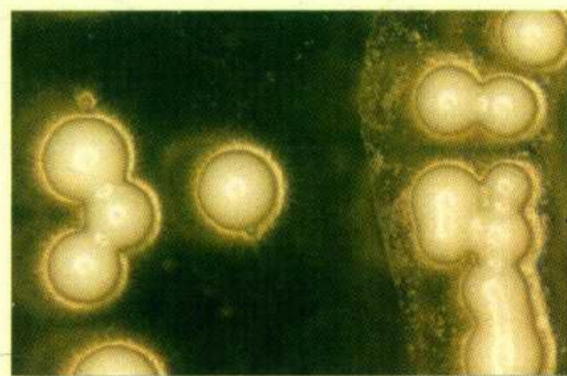
“蒸馏酒”的出现代表了化学技术的革新，因为它代表了蒸馏器的发明。所谓“蒸馏”就是利用不同液体的沸点差异，来分离不同液体的方法。沸点就是液体快速变成气体的临界温度。以“酿造酒”来说，它里面含有水和酒。水的沸点是100℃，酒精的沸点是78℃，所以如果我们把酿造酒加热到80℃，酒精已经达到沸点而快速变成气体（此时大部分的水都还是液体）。我们把酒精气体收集起来，经过冷却后就成了酒精纯度较高的蒸馏酒。

欧洲著名的白兰地、威士忌都属于蒸馏酒。中国的蒸馏酒技术大约随着蒙古西征（公元13世纪）传入，白酒是中国著名的蒸馏酒，这些酒的浓度一般在40%以上。

蒸馏器的产生代表人类不但可以获得更高浓度的酒，还可以蒸馏出香水和精油，并且已经有不同的物质有不同沸点的概念。

除了酒类以外，另外应用到化学原理的是人见人爱的奶酪。奶酪发展至今，随着不同的酿造过程，已经可以分为很多种，例如：质地较硬、带有果香的帕马森干酪；看起来像奶油的忌廉芝士；质地滑顺、略带咸味的切达奶酪。

事实上，人类制造奶酪的历史也相当久远，据传



高倍显微镜下酵母菌

酵母菌是一种真菌。酵母菌的种类很多，已知的约有56属，共500多种。酵母菌在氧气充足的环境中会正常生长，但在缺氧的环境下，则会启动另一套生存方式——无氧呼吸。这种生长虽然较慢，但仍可以存活，同时还会依据不同种类的酵母菌发酵出酒、酱油等不同的食品。



水在标准大气压下到达100℃后，会快速翻腾，称为沸腾。沸腾时水会变成水蒸气飘散起来。水在没沸腾时，也会缓慢蒸发，只是蒸发的量比沸腾时少很多。