

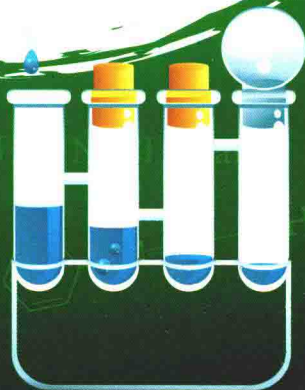
思维导图  
看科学史

# 化学的故事

梁立东 陶子文 主编

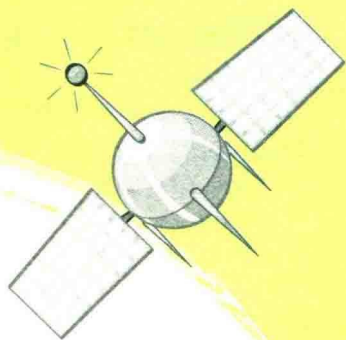
激发大脑潜能  
练就科学思维

领略名人风采



化学工业出版社

思维导图  
看科学史



# 化学的

梁立东 陶子文 主编



# 故事



化学工业出版社

· 北京 ·

## 图书在版编目 (CIP) 数据

化学的故事 / 梁立东, 陶子文主编. —北京: 化学工业出版社, 2015. 7  
(思维导图看科学史)  
ISBN 978-7-122-24150-4

I. ①化… II. ①梁…②陶… III. ①化学史-世界-普及读物 IV. ①06-091

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 115269 号

---

责任编辑: 韩亚南 张兴辉  
责任校对: 蒋宇

装帧设计: 刘丽华

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)  
印 装: 三河市延风印装有限公司  
710mm × 1000mm 1/16 印张 12 $\frac{1}{4}$  字数 223 千字 2016 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899  
网 址: <http://www.cip.com.cn>  
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 39.80 元

版权所有 违者必究

我国胶体化学奠基人傅鹰教授说过，“一门科学的历史是那门科学最宝贵的一部分，科学只能给我们知识，而历史却能给我们智慧”。化学作为自然学科中的一门重要学科，主要是研究物质的组成、结构和性质；研究物质在原子和分子水平的变化规律以及变化过程中的能量关系。它是人类认识自然、征服自然、改造自然的重要武器。

本书从化学发展的历史长卷中剪裁出一些较为重要的片段，对化学萌芽和古代化学、近代化学和现代化学发展历程中的重要事件、重要化学概念和基本理论的形成，以及著名化学家对化学科学发展所作的贡献，结合思维导图的编写方式，为读者一一讲述。

本书沿着时间的脉络，重温了人类化学发展的伟大历程，主要内容包括：化学萌芽和古代化学时期，近代化学时期，现代化学时期，未来化学发展。

本书内容丰富，脉络清晰，可帮助读者加深对化学学科发展的认识，普及科学知识，适合青少年、教师阅读和参考，也可作为提高公众科学素养之读本。

本书由梁立东、陶子文主编，由杨静、杨柳、于洋、张金玉、张耀元、季冰风、赵荣颖、赵子仪、周默、张润楠、白雅君等共同协助完成。

由于编者的经验和学识有限，内容难免有疏漏之处，敬请广大读者批评指正。

编者



# 1

## 化学萌芽和古代化学时期 /1

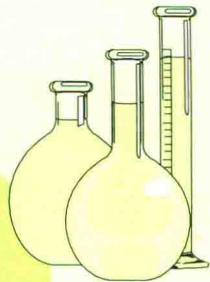
- 1.1 早期实用化学 /2
  - 1.1.1 中国上古时代制陶工艺的产生和发展 /2
  - 1.1.2 古代青铜冶铸技术时期的化学知识 /4
  - 1.1.3 钢铁冶炼技术时期的化学知识 /6
  - 1.1.4 有色金属冶炼工艺时期的化学知识 /9
  - 1.1.5 中国本草医药学中的化学知识 /12
- 1.2 炼丹和医药化学时期 /15
  - 1.2.1 中国炼丹术 /15
  - 1.2.2 西方炼金术 /17
  - 1.2.3 欧洲医药化学 /19
  - 1.2.4 欧洲冶金化学 /21

# 2

## 近代化学时期 /23

- 2.1 科学化学元素概念建立 /24
  - 2.1.1 波义耳名著《怀疑派化学家》 /24
  - 2.1.2 波义耳的其他科学成就 /26
- 2.2 燃素学说兴衰 /27
  - 2.2.1 燃素学说建立前关于燃烧现象的研究 /27
  - 2.2.2 燃素学说的建立 /30
  - 2.2.3 燃素学说时期几种重要气体的发现过程 /31
- 2.3 早期化学概念和定律的建立和形成 /34
  - 2.3.1 一些化学基本概念的建立 /34
  - 2.3.2 一些化学基本定律的形成 /36



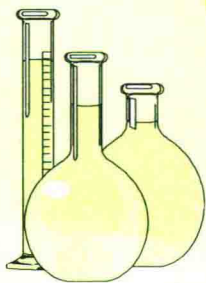


- 2.4 原子-分子论建立 /38
  - 2.4.1 原子-分子学说的建立 /38
  - 2.4.2 早期原子量的测定 /41
- 2.5 近代有机化学产生 /45
  - 2.5.1 有机元素的分析 /45
  - 2.5.2 有机合成的发展 /48
- 2.6 近代有机化学发展 /51
  - 2.6.1 有机物结构理论的建立 /51
  - 2.6.2 有机立体化学 /53
  - 2.6.3 有机合成的进一步发展 /54
- 2.7 化学元素周期律 /56
  - 2.7.1 元素周期律发现的基础 /56
  - 2.7.2 元素周期律的发现 /61
- 2.8 化学元素的大发现 /63
  - 2.8.1 新元素不断涌现 /63
  - 2.8.2 零族元素的发现过程 /68
  - 2.8.3 稀土元素的分离 /71
- 2.9 物理化学建立与发展 /73
  - 2.9.1 热学与热化学 /73
  - 2.9.2 热力学四大定律 /75
  - 2.9.3 化学热力学 /78
  - 2.9.4 电化学建立和发展 /82
  - 2.9.5 化学动力学的发展 /86
  - 2.9.6 催化作用及其理论的发展 /88

# 3

## 现代化学时期 /93

- 3.1 现代量子化学形成 /94
  - 3.1.1 电子的发现 /94
  - 3.1.2 原子结构理论模型的建立和发展 /96
  - 3.1.3 现代原子结构的量子力学模型的提出和发展 /99
  - 3.1.4 现代化学键理论的建立 /100
- 3.2 核化学的产生和发展 /103
  - 3.2.1 天然放射性元素与同位素的发现 /103
  - 3.2.2 核化学各分支的建立与发展 /106
  - 3.2.3 原子能的开发与利用 /109
- 3.3 无机化学新分支的形成与发展 /111
- 3.4 有机化学分支的形成与发展 /113
  - 3.4.1 有机化学理论的新进展 /113
  - 3.4.2 元素有机化学 /116
  - 3.4.3 合成有机化学 /118
  - 3.4.4 天然产物化学 /121
  - 3.4.5 药物化学 /124
- 3.5 现代分析化学发展 /127
  - 3.5.1 传统定量分析化学的革新 /127
  - 3.5.2 电分析化学的形成与发展 /129
  - 3.5.3 波谱分析法的由来与发展 /132
  - 3.5.4 色谱分析的兴起与发展 /136
  - 3.5.5 放射化学分析的产生与发展 /138
- 3.6 物理化学理论的系统化 /140





- 3.6.1 化学热力学研究的进一步深入 /140
- 3.6.2 溶液理论的再发展 /142
- 3.6.3 胶体化学的兴起 /144
- 3.6.4 化学反应动力学的新成就 /147
- 3.6.5 电化学现象认识的深化 /150
- 3.6.6 晶体结构的研究与理论的形成 /151
- 3.6.7 光化学的形成与发展 /154
- 3.7 高分子化学的诞生和发展 /156
  - 3.7.1 高分子化合物的利用与早期合成 /156
  - 3.7.2 高分子化学理论的形成 /159
  - 3.7.3 高分子化学工业的建立与发展 /162
- 3.8 生物化学的进一步发展 /164
  - 3.8.1 生理化学的形成 /164
  - 3.8.2 生命组成成分及其结构的研究 /167
  - 3.8.3 生物化学过程研究 /170
  - 3.8.4 分子生物学的诞生与发展 /173

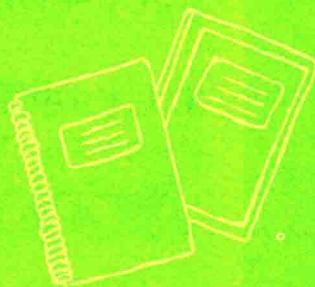
## 未来化学发展 /177

- 4.1 无机化学 /178
- 4.2 有机化学 /180
- 4.3 分析化学 /182
- 4.4 物理化学 /183

## 科学名家索引 /186

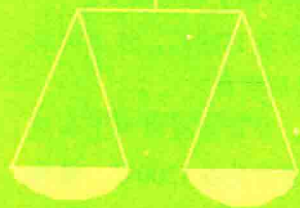
## 参考文献 /188





2314990/14  
4567123  
5671234  
6712345  
7123456  
1234567  
2345678  
3456789  
93456789122

## 化学萌芽和古代化学时期



## 1.1 早期实用化学

### 1.1.1 中国上古时代制陶工艺的产生和发展



#### (1) 陶瓷与早期实用化学

- ☆多种矿物和各种砂土——化学物质。
- ☆矿物在高温中的变化——化学变化。
- ☆实现物质化学变化的重要手段——高温技术。

#### (2) 仰韶文化时期制陶

☆仰韶文化距今约五千年，这个时期的陶器以红陶为主，灰陶、黑陶次之。

☆红陶分细泥红陶与夹砂红陶两种。主要原料是黏土，原料中经常有意识地掺杂少量的砂粒，以便改变陶土的成形性能及成品的耐热急变性能。砂粒的这些作用，相当于现代陶瓷工业中应用的“熟料”，这说明当时对原料的性能已有一定程度的认识。

☆在仰韶文化的陶器中，以细泥彩陶最为著名，它具有独特的造型，表面呈红色，表里磨光，还有美丽的图案，它反映了当时高超的制陶工艺水平，具有一定的代表性。

#### (3) 龙山文化时期制陶

☆出现了白陶，白陶的原料为高岭土，在制陶用料上是一次重要的突破。

☆最能反映龙山文化制陶工艺水平的为黑陶系的薄胎黑陶，又称蛋壳陶，这种艺术的珍品是用细泥黏土经由精细加工烧造的。

#### (4) 商代制陶

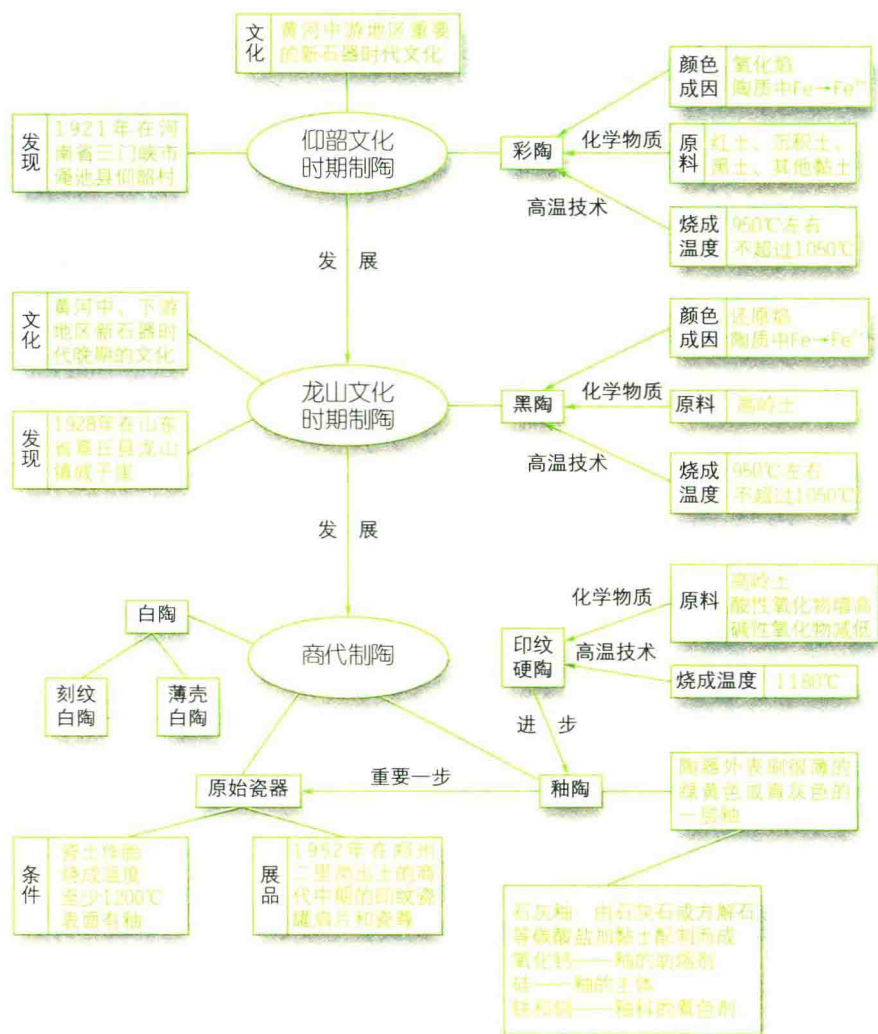
☆印纹硬陶大量生产，它不同于普通的灰陶，在原料成分上所含的酸性氧化物成分( $\text{SiO}_2$ )相对增多，而碱性氧化物( $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 等)相对减少。

☆酸性氧化物的熔点较高，使得印纹硬陶的烧制温度高达 $1180^\circ\text{C}$ ，坯胎的烧结程度较好，吸水率明显下降，硬度增高，都表明陶器质量的提高。

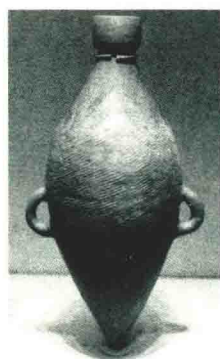
☆釉陶问世。商代釉陶质地坚实，敲击时有铿锵之声。其坯胎在原料上和硬陶十分接近，即含有较高的 $\text{SiO}_2$ 之类的酸性氧化物，烧制温度约在 $1200^\circ\text{C}$ 。釉陶比硬陶更进步，主要是釉陶外表那极薄的绿黄色或青灰色的一层釉。

☆商代使用的釉为石灰釉，它是由石灰石或方解石等碳酸盐加上一定量的黏土或其他物质配制成的，其中氧化钙是釉的助熔剂，含量约为20%，硅就是釉的主体，铁与铜是釉料的着色剂，釉的发明是制陶工艺的一项重大成果，是发展成瓷器的重要一步。

☆商代已经出现原始瓷器，目前在中国历史博物馆收藏的1952年在郑州二里岗出土的商代中期的印纹瓷罐肩片和瓷尊，就属于这类原始瓷器。前几年发现的湖北黄陂盘龙城、河北藁城、江西吴城等商代遗址中，也出土了大量的原始瓷器。



人物小史与趣事



小口尖底陶瓶

新石器时代，仰韶文化最重要的代表性器物，汲水工具。它通常为小口细颈、斜肩鼓腹、瘦长尖底、腹部有对称双耳，叫做小口尖底瓶。其分布范围西至甘青地区，东至河南腹地，南至鄂西北汉水中游，北至内蒙古中南部、晋北、冀西北地区。

在其腹部两侧的环耳处系绳，打水时手提绳子将瓶置于水中，由于瓶腹是空的，重心在瓶的中上部，瓶就倒置于水中；注满水后，重心移至瓶的中下部，瓶口就朝上直立起来。

蛋壳黑陶高柄杯

新石器时代，山东龙山文化的代表性器物之一，高级饮酒器。

腹杯身，细管形高柄，圈足底座；杯腹中部装饰六道凹弦纹；细柄中部鼓出部位中空并且装饰细密的镂孔，貌似笼状，里面放置一粒陶丸，将杯子拿在手中晃动时，陶丸碰撞笼壁会发出清脆的响声，杯子不动时，陶丸落定能够起到稳定重心的作用。

这个杯子出土于山东省泗水县尹家城遗址，细泥黑陶，陶土经过淘洗。



1.1.2 古代青铜冶铸技术时期的化学知识

简史

(1) 红铜时代

- ☆ 自然铜在自然界中可以存在，即纯净的铜，紫红色，所以称为红铜。
- ☆ 人类最早加工成工具的金属即为红铜。
- ☆ 铜可以用锤敲打的方式加工，由于人们有了制陶的经验，可以用高温将铜熔化，然后倒入特制的容器中进行铸造。
- ☆ 我国1957年、1959年两次在甘肃省武威县皇娘娘台至今已4000多年的墓葬中，先后出土了铜器20多件，有铜刀、铜锥、铜环等。说明了我们祖先不但认识了铜，还能加工铜、冶炼铜。



## （2）青铜时代

☆青铜是劳动人民有意识地将铜与锡或者铜与铅相互配合铸就的合金。因为以铜为主，锡、铅为次，合金颜色呈青色，所以称为青铜。

☆青铜是合金，熔点比纯铜要低。纯铜熔点是 $1083^{\circ}\text{C}$ ，而含有15%锡的青铜熔点则是 $960^{\circ}\text{C}$ ；含25%锡的青铜熔点为 $800^{\circ}\text{C}$ 。熔点降低容易熔化铸造。

☆青铜的硬度比纯铜高，所以青铜铸造的工具比纯铜的工具坚硬、锋利。

☆青铜器渐渐代替了石器、木器、骨器、红铜器。

☆青铜生产工具的出现，对生产力的发展起到了巨大作用。

☆我国的青铜器时代起始于夏朝。1959年河南省偃师二里头商初的宫殿遗址中，发现距今3600年的炼铜坩埚片、铜渣，还出土了很多青铜器。经分析青铜器中含铜92%，锡7%。

☆到商代中期，我国的铸造青铜器技术水平已经非常高。1939年在河南安阳出土的商代后母戊鼎，重达875公斤（千克），带耳，高133厘米，长110厘米，宽78厘米，是迄今为止世界上最大的青铜器。

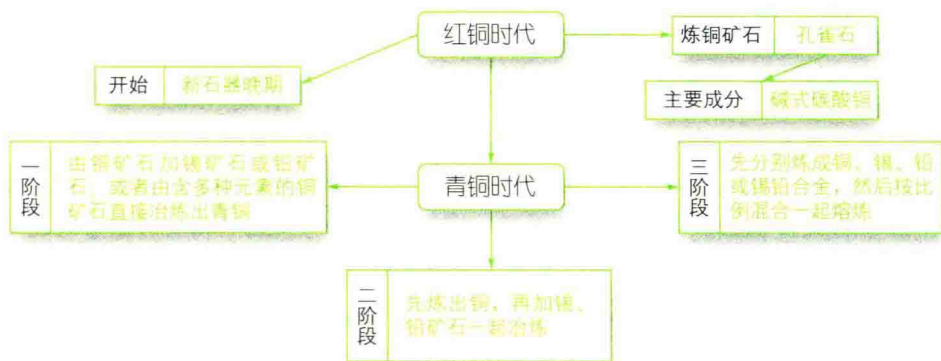
☆1974年9月在郑州张寨南街出土的两件商代大铜鼎，其中一件重84.25公斤，另一件重62.25公斤，经过分析，其中含17%的铅与3.5%的锡。

☆青铜的冶炼需要经过采矿、冶炼、制范、熔铸四个主要工序。

☆当时用的矿石主要为孔雀石 $[\text{Cu}(\text{OH})_2\text{CuCO}_3]$ ，制造方法主要是铸造。

☆我国青铜的冶炼与铸造居世界第一，这是举世公认的。西安出土的秦始皇的铜车马及兵马俑并称为“世界奇迹”。

☆古埃及大约在公元前3000年进入青铜器时代。在古埃及第一王朝的墓中，曾经发现青铜制作的刀、锯、斧、锄、锥等工具。



## 后母戊鼎

商代晚期，河南安阳出土，由于鼎腹内壁铸有“后母戊”三字而一直被称为“后母戊鼎”。



造型庄严雄伟；长方形腹，每面四边以及足上部饰兽面纹；双耳，外侧饰双虎噬人首纹。迄今已发现的中国古代形体最大、重量最重的青铜器，世界上也是只此一件。现代技术对其成分分析结果：含铜84.77%、锡11.64%、铅2.79%，和战国时期成书的《周礼·考工记·筑氏》所记鼎的铜、锡比例大致相符，从中可见中国古代青铜文明的内在传承。

### 1.1.3 钢铁冶炼技术时期的化学知识

#### 简史

##### (1) 铁的认知

☆铁是人类继金、银、铜、锡、铅之后认识的第六种金属。

☆伴随着冶铜工艺的逐渐完善，人们逐渐认识了铁。不过，最初发现的铁是来源于天空落下的陨铁。河北藁城县台西村商代遗址出土的一件镶有陨铁锻成铁刃的铜钺证明，那时人们已经认识并且利用了天然铁。

☆人工冶铁技术在我国始于何时尚无法确定，但在春秋时期已经开始，江苏六合县城桥镇春秋吴墓出土的铁条、铁丸是极好的佐证。

☆1978年，洛阳战国早期灰坑中出土的铁铤是至今为止发现的最早的生铁铸件。

##### (2) 生铁冶铸技术

☆在冶铁初期，因为鼓风设备落后，炉温不高，铁无法熔化，只能得到海绵体状的熟铁。其性质柔软，可锻不可铸，称为块炼铁。

☆块炼铁虽然生产效率低，但工艺与设备简单，又具有优良的锻造性能，在炭火中进行渗碳即可成钢，所以在炒钢发明以前是唯一的炼钢原料。

☆最迟在春秋末期，块炼铁出现不久，我国只用较短的时间就完成了由块炼铁向生铁冶炼技术的转变过程。

### (3) 块炼渗碳钢技术

☆在春秋后期开始出现了低温炼钢法，其过程是将块炼铁放在炭炉中加热到900℃以上，使碳渗于铁的表面，取出锻打使部分碳渗到铁质中，杂质则成为火星飞溅出去。如此反复加热锻打，铁中含碳量就逐渐增加，杂质不断被排除，最后铸成钢。

☆《吴越春秋·阖闾内传》中有吴王阖闾请铸剑高手干将炼制钢剑的记载。

### (4) 铸铁柔化术

☆这种工艺是指通过一定的热处理，使生铁脱碳，克服其性脆、易断裂等弱点，增加其强度和韧性的工艺过程。这一过程又称为“退火”。

☆当时人们已经较熟练地掌握了比较完善的热处理脱碳技术。正是这一技术的出现，产生了具有高强度和韧性的韧性铸铁，使得生铁可以广泛地用于生产工具的制造，延长了生铁的使用寿命，进而加速了铁器时代的到来。

### (5) 百炼钢技术

☆百炼钢是在战国晚期块炼渗碳钢的基础上直接发展得来的。

☆块炼渗碳钢中有较多的大块氧化铁-碳酸铁共晶夹杂物，使获得的钢质量较差。百炼钢工艺就是通过对块炼渗碳钢增加热锻次数，使其夹杂物减少、细化及均匀化的过程。所谓“百炼”是反复热锻多次的意思。

☆百炼钢中晶粒的细化明显提高了钢的质量。

### (6) 炒钢技术

这项工艺是将生铁加热到半液半固态进行搅拌，利用铁矿粉或空气中的氧达到脱碳的目的，然后反复热锻成钢制品。

炒钢工艺既省略了烦琐的渗碳工序，又能使钢的结构更均匀，从而使钢的产量明显提高，质量也更进一步提升。

### (7) 灌钢技术

☆随着钢铁冶炼技术的不断发展，到了西晋、南北朝时期，形成了灌钢技术，又称“团钢”。这种工艺效率较高。

☆灌钢技术是将熟铁和生铁一起加热，由于生铁熔点低，先熔化，灌入熟铁中，进而使熟铁增碳而得到钢。

☆灌钢技术易于掌握，只要配好生、熟铁的比例就可以较准确地控制钢中含碳量，经过反复锻打就能得到质地均匀的钢材。

☆南北朝后灌钢技术成为主要炼钢方法。

☆大约在16世纪欧洲才出现灌钢技术。



## 人物小史与趣事

### 炼剑

#### 欧冶子炼剑

我国考古工作者夜掘出一件稀世珍宝，它不是金、银、玉，而是春秋时期越王勾践的宝剑。宝剑磨拭之后，锋利无比，表面毫无锈迹。在地下埋藏两千年的宝剑，至今如此完好，这表明中国古代炼铁技术十分高超。据东汉袁康的《越绝书·卷十一·外传记宝剑》记载，欧冶子用赤堇山露出地面的锡、若耶溪干涸后暴露出的铜，设炉铸剑，在下雨、打雷等环境里送入自然界的精气（实际是空气），“因天之精神，悉其技巧”，为越王勾践造出了五柄宝剑，一曰湛卢，二曰纯钧，三曰胜邪，四曰鱼肠，五曰巨阙。

从记载看，这是制作钢剑。





### ❶ 干将莫邪炼剑

又据东汉袁康的《越绝书·卷十一·外传记宝剑》记载，越国王命欧冶子、干将作铁剑。欧冶子、干将从溪山和山溪的河床土上“取铁英”，制作了三把铁剑：“一曰龙渊，二曰泰阿，三曰工布”。

据东汉赵晔的《吴越春秋·阖闾内传》记载，吴王阖闾让干将铸作名剑。他们“采五山之铁精，六合之金英”，炼了三月不成。于是莫邪对干将说：“当年师兄铸剑，是师傅用女人的毛发、指甲投入炉中，帮助师兄炼成，师傅能做的我也能做到。”莫邪将毛发、指甲投入炉子以后，命令童女童男三百人鼓风、加炭，终于使“铁精”和“金英”软化，得以铸剑。干将熔制作的两把剑一把刻上龟文，取名干将，称为阳剑；另一把刻上无规则的花理，取名莫邪，称为阴剑。干将留下了阳剑，把阴剑献给了吴王。

以上两个故事，说的都是制作铁（钢）剑。



## 1.1.4 有色金属冶炼工艺时期的化学知识



### 【1】其他铜合金的认识及冶炼

❶ 黄铜是铜与锌的合金，也是劳动人民制得的合金。锌在自然界中主要是以闪锌矿（ $ZnS$ ）和菱锌矿（ $ZnCO_3$ ）存在的，我国古代叫炉甘石。黄铜是将红铜与炉甘石、木炭一起烧炼时，还原出的锌铜合金。

❷ 在铜的冶金史和化学史上，我们的祖先还有一项伟大的发明，就是胆水浸铜法，这项发明是湿法冶金技术的起源。胆水浸铜法是金属铁和胆水（ $CuSO_4$ 溶液）相互作用，铁置换出其中的铜， $Fe + CuSO_4 \rightarrow FeSO_4 + Cu$ 。西汉的《淮南万毕术》已有记载指出：“白青得铁，即化为铜。”白青又称为空青、石青，即碱式碳酸铜。

❸ 黄铜之后，又出现了白铜即铜镍合金，我国白铜冶炼最迟出现于宋代。

❹ 北宋末的文献中已有用铜和砷石炼白铜的记载，这里的砷石是指镍砷（砷）矿（ $NiAs$ ）或辉砷（砷）镍矿（ $NiAsS$ ）。所以白铜可能在宋代以前就有了。

❺ 砷白铜炼制困难（砷含量要求严格），本身有毒，又没有镍白铜稳定，放置