

跨世纪中学生文库

点石成金

冰心题



化学世界巡游



北京燕山出版社

跨世纪中学生文库

冰心题

点石成金

化学世界巡游

杨春雁
邱广明 著

北京燕山出版社

愿你成功地走向 21 世纪

——《跨世纪中学生文库》序

A handwritten signature in black ink, consisting of the characters '艾青' (Ai Qing) in a stylized, cursive script.

当代的中学生们，你们正幸运地走向一个新时代的起点——时间序列所标志的新世纪和祖国建设事业正开创的新世纪的会合处。这，真是个千载难逢的机会呀！

那么，跨世纪的中学生该以何种面貌来迎接科技发展日新月异、经济增长步伐迅猛的公元第三个一千年的到来呢？

我以为，今日青春之面目，将是未来世界之缩影；今日中学生的追求，也正是未来祖国的面貌。所以，要想把 21 世纪创造成为东亚巨人的世纪，中华醒狮的世纪，就要求每个跨世纪的中学生都应具有肩负起走向 21 世纪的历史重任的勇气，并要自觉地担当起奋发图强、艰苦奋斗、振兴中华、建设祖国的时代责任。这就希望每个中学生，在校时必须更加刻苦、更加努

力地学习,以便把自己锻炼成为一个适应新时代需要的有远大理想和抱负、有高尚道德和修养、有广博知识和技能的新世纪新人。

我曾写过“时间顺流而下,生活逆水行舟”的诗句,是因为我的人生旅程使我认识到,生活确似一条大江大河,有时风平浪静,有时奔腾呼啸。当你驾驭着生命之舟在江河中航行时,往往是不进则退啊!跨世纪的朋友们,你要想把自己锻炼成为一个同历史一起赶路的强者,而不愿当一个随波逐流、被历史淘汰的来去匆匆的过客,你就应该具有坚强的搏击风浪的意志和顽强的“骑虎不下,知难而上”的精神。只有这样,你才能把追求远大理想的勇气和力量,凝聚成跨越世纪、建设祖国的实际行动!

愿奔向新世纪的青年朋友们,展开你的双臂,开动你的脑筋,用你的智慧和汗水,为建设中华历史上更加光辉灿烂的明天而去努力、去拼搏、去追求、去成功吧!

新世纪,正含情地注视着 you!

共和国,正殷切地期待着你!

1993年8月1日于北京

1 化学的诞生

- 古代的化学 (2)
- 炼金术与化学 (4)
- 实用化学的发展 (6)
- 元素与燃素 (8)
- 拉瓦锡领导的一场革命 (11)
- 道尔顿和他的原子论 (15)
- 阿佛加德罗的分子论 (17)

2 元素和它的化合物

- 元素的故事 (22)
- 元素周期律 (30)
- 居里夫人与放射性 (36)
- 原子行星 (40)
- 玻尔与现代原子结构理论 (44)
- 现代点金术 (48)
- 酸、碱、盐 (50)
- 无机新材料 (54)

3 碳的世界

- 来自动、植物的化合物 (57)
- 有机化学的大门打开了 (60)

- 从基团理论到类型学说 (64)
- 凯库勒与有机结构理论 (68)
- 尿素合成带来的冲击 (73)
- 分子剪裁与有机合成 (77)
- 石油化学 (80)
- 高分子化学的建立与发展 (83)

4 分析天地

- 分析的萌芽 (88)
- 罗塞与系统定性分析法 (90)
- 定量分析的建立 (93)
- 洞察秋毫的光谱分析 (96)
- 电化学分析的起源 (98)
- 茨维特与色层法 (100)
- 现代分析技术 (103)

5 化学与物理的结合

- 化学反应速度与化学平衡 (107)
- 化学动力学 (110)
- 化学热力学 (114)
- 化学与电的结合 (118)
- 溶液问题 (122)

● 胶体化学	(128)
● 物理化学新领域	(132)
6 分子的建筑	
● 原子结合力的研究	(138)
● 化学键理论	(144)
● 金属中的电子海洋	(147)
● 氢键的奥秘	(151)
● 配位化合物	(154)
● 晶体结构	(157)
后 记	(161)



化学的诞生

学过化学的中学生朋友都知道,就像小孩子用有限的积木块拼搭成许多种不同形状的建筑物的样子,我们周围千姿百态、纷繁复杂的物质世界也是由一些基本的微粒——原子以各种方式结合形成的。研究这些原子以及它们之间的相互作用,用它们来制取我们需要的各种物质就是化学王国的公民——化学家们的工作内容。

化学王国的建立经历了漫长而曲折的发展历程。顺着化学史的长河追根溯源,我们来到了远古。刚刚直立起来的祖先们第一次用和我们今天同样的姿势看世界时,当然是既惊恐又茫然。但他们顽强地同大自然搏斗,在向大自然索取衣食、用具的同时,逐步认识了自然。伴随着人类的生产实践和工艺制造,各门学科逐步建立、发展。

在古代的各种生产工艺中,和化学关系最密切的是冶金、制陶和酿造,可以说它们是最早的化工生产。通过这些化学实践,古人意识到物质可变,于是古希腊、阿拉伯出现了想点石成金的炼金术士,中国出现了想得到长生药的炼丹家。虽然他们都以失败告终,但持续了一千多年的炼金术为化学

积累了丰富的知识。当欧洲资本主义生产关系确立后,实用化学家们正是在炼金术士的实验基础上进行进一步实验研究的。

经过古代工艺化学、炼金术和实用化学的实践积累,化学家们开始建立关于物质组成、变化的理论。限于当时的化学发展水平,化学家建立的第一个较完整的理论——燃素说就是错的。在批驳错误理论的同时,科学的燃烧理论建立起来了。从此,化学实践和理论彼此交融,互相促进。19世纪的原子—分子论终于为化学大厦奠定了牢固的基石,近代化学诞生了。

● 古代的化学

我们知道,使用和制造工具使人类的祖先实现了从猿到人的转变。人类最早使用的工具是对随处可得的各种石块进行物理加工制得的,历史学家把人类的这段历史称做石器时代。当古人拣取石器材料时偶然在河沙中见到金、铜这样的天然金属时,一下子就被金属所特有的颜色和光泽吸引住了。古人们进而发现,金属在机械加工等很多方面都优于石头,于是,人们便开始用金属制造工具了。

金和铜在自然界有单质形式存在,所以人类最早发现和使用的金属就是金和铜。但天然金属产量有限,只有当人类在火的帮助下,掌握了金属的冶炼方法后,石器时代的祖先们才得以进入一个崭新的文明时代——青铜时代。

史前时代定居于伊朗南部的苏美尔人很早就发现了用木柴加热来熔炼铜的方法。由于没有将所用矿石精选,所以苏美尔人熔炼出来的是铜和锡等金属形成的合金——青铜。青铜熔点比纯铜低,硬度比纯铜大,既容易冶炼又适合做生

产工具，所以青铜很快就得到了广泛的应用。

从出土的中国先秦青铜器，如我们熟知的重达 875 公斤的商代司母戊大鼎，就可看出当时中国的青铜冶炼、铸造水平了。

世界其他文明发源地如古埃及、印度等地也先后进入了青铜时代。

继金、铜之后，银、铅、锡和铁也逐渐被古人冶炼和使用开来。

由于铁矿石还原、熔炼所需温度较高，所以铁的应用较晚。人类最早发现和使用的铁可能来自陨石，古埃及人把铁称做“天石”，说明这个推测是合理的。直到公元前 2000 年左右，居住在亚美尼亚的基兹温达部落发明了一种炼铁的有效方法，后来逐步传开。以后埃及、美索不达米亚、中国等都陆续进入了铁器时代。

早在人类学会冶炼金属之前，古人还利用粘土制造陶器。釉料的发现和使用大大提高了制陶工艺水平。尼罗河两岸的土壤中含有天然碱——碳酸钠，它和石英石在高温下会生成玻璃，这种得天独厚的地理条件，使古埃及人在烧制陶器的时候，首先发明了玻璃制造法。玻璃的出现为近代化学实验提供了理想的工具。古人这些硅酸盐工艺生产方法有许多直到今天还被继承和使用。

古人在饮食方面利用微生物进行发酵起源很早，相传中国在夏朝时就已有好喝的酒了。古人在酿造方面做出的贡献如酿酒、制酱、制醋等，我们今天仍在受益。

另外，中国的造纸术是中国古代劳动人民对人类文明的一大贡献。中国早在西汉时期就能以麻作原料制作纸张了，到公元 2 世纪，东汉的蔡伦又对纸的制造工艺进行了改造与推广。纸的发明是用化学方法制得较纯的纤维素高分子的一

项重要成就。

在工艺化学时期，古人的重要成就还有制作各种染料和油漆等方面的技术。

冶金、制陶、酿造等伴随着工艺生产的化学实践，虽然只是经验型地存在于古人的生产活动中，但都为化学学科打下了坚实的基础，化学学科的胚胎正是在工艺生产中孕育而成的。

● 炼金术与化学

当人类掌握了多种金属的冶炼方法并普遍使用这些金属后，人们发现各种金属的性能有着较大的差异。闪着美丽光泽的金和银，抗蚀力强，有着良好的机械加工性能，自然被人们另眼相看。生活在不同地区的古人们不约而同地把金和银称为贵金属，其他易得的金属只好屈辱地被称做贱金属。

金银被当做货币使用后，成了财富的象征。人们自然想得到更多的金银，淘金之难使得人们另辟蹊径：能不能把其他易得的贱金属变成贵金属呢？中学生朋友可能听到过这样一个传说：一个孩子遇到了能点石成金的仙翁，仙翁问孩子是否要他把一块石头变成黄金，孩子摇摇头，仙翁又问孩子是否要他把前面的一座山变成金山，孩子还是摇摇头，孩子到底要什么呢？原来他要的是仙翁的点金石。点金石也被称做哲人石，这种存在于人们想象中的东西自然是找不到的。但早在公元1世纪左右，古希腊、埃及、印度确实有不少人相信可以通过某种方法把贱金属变为贵金属，我们把这批人称做炼金术士。

炼金术士们使用了大量器械和五花八门的试药，这些试药有不少是从天然物中蒸馏出来的。炼金术士们常用的试药

有砷的硫化物雌黄，还有硫黄、汞等。他们还根据自己的实验提出了三原质说，即认为物质是由硫、汞和盐三种原始物质组成的。在当时的科学技术发展水平上，炼金术士们的工作显然不会达到预期的目的，最终炼金术变相成了伪金术，所以罗马皇帝戴克里先曾在公元 292 年下令将关于炼金术的书籍全部焚毁。

但也有一批讲求实际、技艺精湛的炼金术士，他们活跃在真正的科学已是隐约可见、呼之欲出的时代，他们根据当时的各种化学理论知识，进行了大量的化学实验，发明了蒸馏器、熔炉、加热锅、烧杯、过滤器等很多种至今还在使用的化学仪器，正是这些人把炼金术当做一门科学保留下来，并发展下去，最终使它变成了化学。

中国早在汉朝以前就出现了和炼金术士同类的人，不过他们的主要目的是要炼制出能使人长生不老的灵丹妙药，道家学派的主要工作之一就是炼制丹药。人吃了所谓灵丹妙药就能长生不老的错误思想伴随了中国漫长封建社会的始末。历代帝王为求永久统治天下，多数都曾求助于炼丹方士。在历史上颇有建树的唐太宗李世民就死于误食丹药上。为着这个荒诞的目的，炼丹方士们一代代忙碌于炼丹炉前。像希腊的炼金术士们一样，他们把朱砂（氧化汞）、硫、铅、汞等化学物质反复化合、分解。在实验中炼丹方士不仅积累了许多种操作技能，还发现了黑火药。黑火药用于军事后，引起了军事科学技术的重大变革。黑火药传入欧洲等地后，对当地的文明做出了巨大贡献。

公元 622 年后，随着伊斯兰教的兴起，在东西方之间建立起一个庞大的阿拉伯帝国，它沟通了东西方间的科技、文化交流。古希腊炼金术和中国炼丹术传入这里，于是阿拉伯后起的炼金术士们在继承前辈炼金术士们的炼金活动的同

时,又对炼金术做出了自己的贡献。从当时流传下来的一本研究炼金术的著作《扎比尔文集》中,可以了解到当时的炼金术士们发现了卤砂,制出了苛性碱,掌握了硝酸、硫酸等无机酸的制法,还依据物质的物理性质对无机物进行了简单的分类,他们的这种分类法为后世西方大多数理论体系所采用。阿拉伯炼金术士们卓有成效的工作使化学发展成为一门实验性的科学。

公元 13、14 世纪,欧洲人受到阿拉伯文稿的启示,也出现了炼金术,但其中神秘主义倾向日益严重,还出现了不少江湖骗子,结果炼金术在世人心目中变得声名狼藉,但丁在他的名著《神曲》中,就把炼金术士贬入了炼狱。尽管如此,不同文明地区的炼金术士们所从事的颇有价值的化学实验,毕竟为人类积累了丰富的化学知识,这一切为开辟早期化学的一个新时代奠定了坚实的基础。

● 实用化学的发展

中国炼丹方士们发明的黑火药传入欧洲后,在欧洲 14 世纪前后进行的社会变革中,为推翻欧洲的封建统治立下了汗马功劳。在欧洲新兴资本主义工业蓬勃发展的形势下,人们对研究物质变化规律的自然科学,迫切需求,这一切使得实用化学得到了飞速发展。15、16 世纪的医药化学和冶金化学就是在这种背景下发展起来的。

16 世纪欧洲的许多医生利用炼金术士发明的化学仪器和实验方法,在自己药房的实验室内制备各种无机药物,这批人被称做医药化学家。瑞士的职业医生帕拉塞斯就是这一派的奠基者。

帕拉塞斯一生颇有创见。他主张大胆使用无机药物内服

或外用，曾使用过很多危险性较大的药物给人治病，如汞、锑、铁、砷及其化合物，从而增加了有效药物的种类。为了得到新药，帕拉塞斯运用炼金术士使用过的方法，进行了许多化学实验，完成了一些无机物间的化学转变，并对各种化学反应的一般特征作了归纳。他的学说和工作方法从根本上改变了医学和化学发展的道路。

继帕拉塞斯之后，欧洲出现了一大批医疗化学家，其中较有名的是布鲁塞尔的海尔蒙特。他本是一位有钱的医生，但却大半生闭门专搞化学实验，自称是“用火操作的哲学家”，显然他已是职业化学家了。海尔蒙特是当时把理论与实践结合得最好的化学家。为了研究物质的组成问题，曾做过水、土等互相转变的大型实验。

16 世纪实用化学的另一个发展领域是冶金化学，其代表人物有比林格西奥和阿格里柯拉。

意大利人比林格西奥是一位实用冶金学家。早年是铸造武器的工匠，在佛罗伦萨铸造过重量达六吨以上的大炮。他用意大利文写下了涉及冶金学各个领域的最早的一本冶金学著作《烟火术》。本书共七卷，叙述了自然界矿物的形式，重要矿物原料的开采及提纯，各种金属的冶炼、铸造、加工及分离技术。该书还叙述了火药、烟火及其他燃烧或爆炸品的制造技术。

阿格里柯拉是德国矿冶中心萨克森地区的医生，但他对矿物开采、金属冶炼等更感兴趣。用拉丁文写下许多论述采矿问题的著作。在 1546 年发表的《矿石的性质》一书中，阿格里柯拉把矿石分成五类：土类、石类、固化浆类（矾、盐等）、金属类及“混合物”。在这种分类法中显然已考虑到了物质的化学性质。阿格里柯拉的另一部著作是《论金属》，《论金属》一书基本上摆脱了炼金术的束缚，用简洁的语言生动地描述了

当时欧洲矿物冶炼的实际过程。该书包含了丰富的化学内容,描述了多种分离金属的化学方法以及所用化学试剂的制备过程,对生产实践起到了很好的指导作用。

用文字为 16 世纪的实用化学进行全面总结的是德国的医疗化学家李巴尤斯。李巴尤斯思考问题逻辑性强,善于推理。他于 1597 年出版了《炼金术》一书,把当时分散在炼金术、制药学、冶金学及其他相近学科中的化学各学科知识均包罗于其中。他用炼金术一词概括了我们现在所说的化学科学:“炼金术是通过从混合物中析出实体的方法来制造特效药物和提炼纯净精华的一门技术。”他还把这种炼金术划分为操作方法和化学物质的化合两大部分。由此可见,到了 16 世纪,虽然化学家们仍然相信炼金术,但炼金术的含义已与过去不同,它的内容也更接近现代化学。李巴尤斯的《炼金术》一书曾长期被用作化学教科书。

1611 到 1613 年间,李巴尤斯又发表了论述工艺化学的《工艺大全》一书,清楚地叙述了王水、硫酸和四氯化锡的制备方法,因此很长一段时期内人们把四氯化锡叫做“李巴尤斯发烟液”。正是李巴尤斯对前人和当时的化学知识所作的综合、总结,才促使化学成为一门值得人们独立进行研究的科学。

● 元素与燃素

早在人类刚刚学会冶金和制陶的时代,先哲们就已经开始考虑世间万物的起源和组成这个问题了。在那时,解释物质的起源和组成有两种说法。一种认为世界是从无到有的。例如我们熟悉的被困于鸡蛋中的盘古奋力开天地的传说就属于这种说法;另一种则认为世界应是从某些原初物质创

造出来的。在中国曾流行“五行说”，即认为“金、木、水、火、土”是构成物质世界的五种基本物质。古希腊哲学家柏拉图则认为这种基本物质只应有四种：“火、空气、水和土”，并首先用“元素”一词来命名这四种基本物质。柏拉图的学生亚里士多德继承并发展了老师的学说，认为“四基”还可以在“爱和恨”的影响下化合与分离。炼金术士们就是在这种物质可以相互转化的思想指导下工作的，并在他们的工作中把“四基”发展为“三要素”，认为物质是由硫、汞和盐三原质相互结合组成的。这种用物质本身去解释物质的思想方法是符合唯物主义的。但从他们找到的元素来看，他们的元素概念和我们今天的元素概念还是有很大距离的。

随着欧洲实用化学的兴起，从事医药和冶金研究的新一代化学家在炼金术士们积累的化学知识基础上对化学现象又有了更深层的理解，通过炼金术士和实用化学家两批人所做的化学实验，人们对物质组成有了更符合实际的认识。当然新理论的提出是从对旧理论的怀疑与批判开始的。

首先对古代的元素概念提出挑战的是爱尔兰化学家罗伯特·波义耳，这位热爱化学、技艺精湛的化学实验家根据自己在实验中得到的关于物质组成、变化的反应事实，在他1661年发表的《怀疑派的化学家》一书中，向四元素和三原质理论的追随者进行辩论和诘问，嘲笑炼金家的理论“像孔雀开屏一样，既不可靠也无用处”。用实验事实表明所谓的四元素、三原质都不是真正的化学元素，“我所指的元素应当是某些不由任何其他物质所构成的原始的和简单的物质，是直接合成所谓完全混合物的成分，也是完全混合物最终分解成的要素。”显然，这段话是为元素下了一个科学的定义。它为研究物质组成指明了方向，正是在波义耳这一认识的基础上，才有了后来道尔顿的原子学说。为此波义耳被尊为近代化学

的奠基者，在化学史上享有盛誉。

波义耳虽然为化学元素作出了科学的定义，但他本人并没有确定究竟哪些物质是真正的元素，仍然把火、水和空气认为是元素。这就导致了他在解释燃烧现象时的错误理论。

在波义耳所处的时代，化学家们已开始从理论上解释化学反应的实质。他们首先研究的当然是最常见的物质燃烧实验。波义耳认为火应当是一种实实在在的、由具有重量的火微粒所构成的元素。据此他解释有机物等燃烧后质量变轻是因其中的大部分变成火素逃逸到空气所致；金属燃烧后质量变重是燃料中的火微粒在燃烧时穿过容器壁，被金属吸收所致。其实他只看到了物质燃烧后的灰烬，没有注意到燃烧中变成气体跑掉的部分。由此可见，波义耳在对燃烧现象观察时注意到了燃烧过程中物质质量的变化，但忽略了空气的作用。

和波义耳同时代的德国医学教授贝克认为，可燃物质含有可燃的土，这就相当于波义耳的火素。贝克的学生，曾当过普鲁士王的御医的德国化学和医学教授斯塔耳，在总结诸多理论和实验现象后，提出了在化学发展史上很有影响的燃素说。

斯塔耳将他的老师提出的可燃的土改称为燃素，认为“燃素是一种很微小的物质，能够穿透稠密的物体”，燃素既能同其他元素结合形成化合物，又能以游离形式存在，大量游离的燃素聚集在一起就形成明显的火焰，显然一切可燃物体中都应含有燃素。

例如硫的燃烧过程，燃素说是这样解释的：硫燃烧时放出燃素，生成挥发性的酸（二氧化硫），挥发性酸和木炭共热，由于吸取了炭中的燃素又重新生成硫。显然这种解释与实际恰好相反，硫燃烧不仅没有失去什么燃素，反而结合了空气