



氧化与还原



IRANKEXUE XIAOCONGSHU

自然科学小丛书

北京出版社

0621.34
/643

0621.354

1643

自然科学小丛书

氧化与还原

田 凤 岐

北 京 出 版 社

编辑说明

《自然科学小丛书》是综合性的科学普及读物，包括数学、物理、化学、天文、地学、生物、航空和无线电电子等学科。主要介绍这些学科的基础知识，以及现代科学技术成就。编写上力求深入浅出，通俗易懂，使它具有思想性、知识性和趣味性，可以作为中学的课外辅导读物，并适合具有初中文化水平的广大读者阅读。

自然科学小丛书

氧化与还原

Yanghua yu Huanyuan

田凤岐

*

北京出版社出版

(北京北三环中路6号)

新华书店北京发行所发行

马池口印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 3.25印张 50,000字

1987年12月第1版

1987年12月第1次印刷

印数1—1,500

ISBN 7-200-00420-0/0·8

书号: 13071·168

定价: 0.65元

目 录

前 言	(1)
一 氧化学说的由来	(2)
从对火的认识谈起(2) 炼金术的兴起(4)	
燃素学说统治了一百年(6) 氧气的发现推翻了燃素学说(14) 氧化学说的建立(21)	
二 氧化与还原	(27)
得氧就叫氧化(27) 化合价升高也叫氧化(29)	
失电子才叫氧化(32) 氧化剂和还原剂(35)	
三 电池一家	(47)
电池中的元老——伏打电池(47) 轻便的直流电源——干电池(52) 笨重而实用的直流电源——铅蓄电池(54) 新颖的高能蓄电池——钠硫电池(60) 电池中的明星——燃料电池(66) 袖珍电池(69)	
四 对工农业生产的利和害	(72)
能量的源泉(72) 谨防“天火”(74) 金属的锈蚀和防护(75)	
五 人体内的氧化-还原反应	(84)
生物氧化跟燃烧(86) 氢原子和电子的传递	

体——酶(88) 人体内的水是怎样生成的(90)
人体内二氧化碳是哪里来的(95) 人体内能
量的转化、储存和释放(96)

前 言

今天，一位十来岁的小学生都知道空气是氧气和氮气等的混和物，十五岁的初中学生能正确回答什么是火，什么是燃烧，什么是氧化-还原反应。他们在课堂获得这些知识只需几十分钟的时间，然而人类认识这些问题却经历了从利用火开始到十七世纪八十年代这样漫长的岁月，并走过了曲折而艰苦的道路。

我们学习知识，一方面是接受前人给我们留下的正确结论，还有重要的另一方面，那就是学习前人在认识自然界的过程中，怎样通过创造性的科学思维而抽象概括出理论的，从而培养我们的思维能力，为我们今后探索未知世界提供有益的启示。

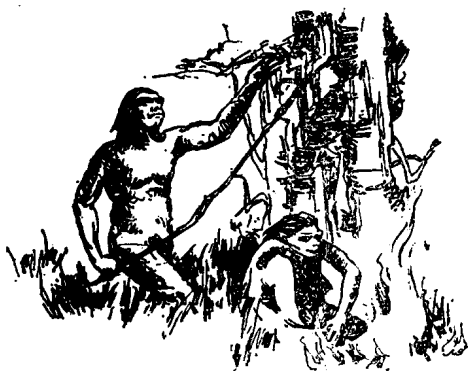
本书将沿着人类认识火和燃烧走过的道路，逐步深入到氧化-还原反应的本质，并初步介绍一些氧化-还原反应理论建立后对生产、生活起的重要作用。

一 氧化学说的由来

从对火的认识谈起

人类认识氧化-还原反应，是从对火的认识开始的。

大约五十万年前，我们的祖先——北京猿人，就会使用火了。



北京猿人在用火

火的发现、使用和控制，是原始人类跟自然斗争所取得的巨大成就，它使人类的物质生活条件发生了巨大的变化。火把生食烧成熟食，结束

了原始人类茹毛饮血的时代。吃熟食不但缩短消化过

程，减少疾病，同时也为脑髓的发展提供了丰富的营养，使人类的生存率提高，大脑的发育也逐渐完善起来；火可抗御严寒，防御野兽的袭击，使人类能到寒冷的地方居住，扩大了人类的活动范围；火可以实现许多化学变化，用来烧制陶瓷、冶炼金属，它使生产不断得到改进和扩大。直到科学高度发达的今天，世界各国工农业生产、交通运输、国防建设、人民生活，几乎都直接或间接跟火有关，就连阿波罗飞船登上月宫，也是火给予的推力——液氢和液氧燃烧把人带到广寒宫去遨游。

火有这样大的威力，所以，在使用和控制火的同时，自然就会提出什么是火的问题。

古希腊神话对火是这样记载的：“普罗密修斯摘取木本茴香的一枝，走到太阳车那里，当它从天上驰过，他将树枝伸到它的火焰里，直到树枝燃烧。他持着这火种降到地上，即刻第一堆丛林的火柱就升到天上。”按照古希腊神话所说，人间的火是天神普罗密修斯冒着触犯天条的风险从天上偷到人间的。这是神话，它也只说了火的来



钻木取火

源，并没说明什么是火。

我国古代也有火的传说：火是一位名叫燧人氏的钻木取火得来的，他教人们用火作熟食。不过钻木取火也没说明火是什么。

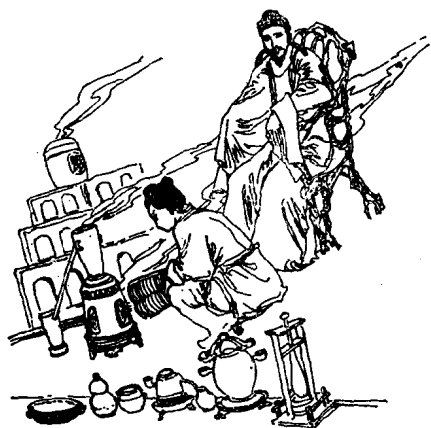
二千五百多年前，在我国春秋战国时代，有了金、木、水、火、土五种元素构成世界万物的说法，把火看成一种元素。这是对火研究的最古老的理论。稍后，古希腊哲学家提出火、土、水、气是构成世界物质的四元素说；印度古代哲学家认为地、水、风、火四元素构成世界。可见，古代人类都认为火是构成物质世界的一种元素。所有这些学说都是只从现象出发，都属于思辨和推测，而没有科学实验的根据。

炼金术的兴起

火既能使物质千变万化，有人就想：何尝不能把粪土化为黄金呢？我国古代炼丹家葛洪说：“变化者，乃天地之自然，何嫌金银不可以异物乎？！”也就是说，变化是宇宙的本质，为什么其他物质不能变成金、银呢？早在葛洪以前，我国秦汉时期就兴起了炼金术，又叫炼丹术或点金术。炼丹家们企图把普通金属变成黄金或制成“长生丹”。

葛洪只是说其他物质可以变成黄金，但怎样才能

完成这样的转化呢？或者说采用什么方式完成这个转化呢？这就需要“火”。为什么想到“火”可能把铁变成黄金呢？按照炼金术士的观点，一切金属在本质上是相同的，都是“硫”和“汞”相结合的产物。要



炼丹图

注意，那时说的“硫”和“汞”，不是现在的黄色粉末硫和银白色液态汞等具体物质，“硫”指阳性、火性和燃烧性，“汞”指阴性、水性和挥发性。金属的“贵、贱”决定于“硫”

和“汞”两者在量上的差异，“汞”多则贵，“硫”多则贱。火能烧去“硫”，留下贵重的“汞”。所以贱金属可用火越炼越贵，最后变成最贵重的金属——黄金。

炼金术从我国传入欧洲时，欧洲正处在基督教统治之下，统治者为了使它符合基督教三位一体^{*}的宗

* 三位一体：基督教的主要教义之一。该教称上帝（或称天主）只有一个，但包含圣父、圣子、圣灵，三者又结合于同一“本体”，故名三位一体。

教教义,在“硫”和“汞”之外又加进一个象征溶解性的“盐”。认为物质是由硫、汞和盐组成的,燃烧是因为物质含有硫。

炼金术先后在我国、阿拉伯国家和欧洲的封建社会里流传了一千七百多年,由于它沉醉于“点石成金”、制取“长生丹”,指导思想是错误的,又完全脱离生产实践,结果不但没能点石成金,也没能炼出丹药使人长生不老,相反食丹药丧生者不少。当然炼金术也没有能把人类对火的认识向前推进一步。不过炼金术士在实现所谓“点石成金”的过程中,做了许多“试验”,创制了一些试验仪器,对后来化学的发展却有一定的作用。

燃素学说统治了一百年

封建社会窒息了自然科学的发展,也必阻碍了人类对火的认识。直到十四世纪,在地中海沿岸的一些城市的周围和欧洲大陆北部的矿山和森林区形成了许多手工业基地,从事炼焦炭、烧石灰、熔制玻璃、熬煮肥皂、烧陶瓷、冶铁炼铜等生产活动,这些大规模用火的实践,使人们认识到,物质发生变化,靠炼金术的幻想是根本不行的,英国唯物主义哲学家 弗兰西斯·培根竭力提倡做实验来研究自然。

在生产需要推动下，实验科学开始发展起来，英国出现了一个叫做“无形学院”的民间科学团体，这个团体提倡实验科学，追求真理并和宗教神学相对抗。它的成员经常在伦敦的私人住宅内聚会，讨论国内外物理学、解剖学、天文学、航海学、机械学和化学的发展状况。

英国化学家和物理学家罗伯特·波以耳是“无形学院”的热忱参加者。他对当时的化学只知道如何去泡制药物和改变金属，几乎没有理论观点的状况甚为不满，决心从哲学的立场来研究化学，经过十年收集材料和亲手做实验的长期不懈的工作，于1661年写出

《怀疑派的化学家》一书，这本书中批判炼金术关于燃烧的解释是“孔雀的羽毛，虽然好看，但没有用处。”波以耳做了大量试验，如把铜、锡、铁、铅等金属放到火里去烧，这些金属无例外地都增加了重量；他把金属密闭在容器里煅烧，结果重量仍是增加。增加的重量是哪里来的呢？



波 以 耳

是不是某种有重量的东西穿过容器壁跑进容器里跟金属结合了呢？如果是这样，跑进去的这种东西又是什

么？波以耳认为是火。在他看来，火是一种实实在在的、由具有重量的“火微粒”所构成的元素。

从火微粒的观点出发，波以耳认为：木材燃烧时，物质的绝大部分都变成火焰散发到空气里，只留下了同木材本身的重量相比是微不足道的灰。而金属在木材里燃烧时，从燃料中散发出的火微粒钻进了金属，并跟金属结合形成比金属本身要重的煅灰。

说到这里我们停一下，先就波以耳对燃烧的见解作一番“事后诸葛亮”的评论，然而再谈波以耳对化学这门学科进步的重要贡献。

波以耳把煅灰看成是金属的化合物，这符合我们现代化学中已用实验证明了的事实。如果在这基础上，波以耳继续深入追究，就有可能对火和燃烧现象的认识取得很大的突破。但是，波以耳在观察实验现象上犯了片面性的毛病，只注意金属重量增加的一面，而没有同时考查与金属密切接触的空气是否也发生什么变化的另一面，结果只抓住金属增重的事实，形而上学地推理，提出“火微粒”的学说。

波以耳在《怀疑派的化学家》一书中批判了四元素说，给元素下了科学的定义：元素是用化学方法不能再分解成更简单的某些实物。这就是我们所说的波以耳对化学这门学科发展的重大贡献。但是，由于当

时科学实验方法还不完善，波以耳仍旧认为水、火和空气是元素，虽然他提出了怎样确定是不是元素的实验方法，但他没能也不可能确定哪些物质真正是元素。

人类历史进入十七世纪，封建社会首先在欧洲解体，城市里兴起了手工业作坊，生产力的发展突破了封建制度的桎梏，新兴的资产阶级为了它自身的利益，利用一切办法来促使生产进一步发展和促进贸易。城市人口急剧增加，居民麋集，但不卫生、医学水平低下的状况使疫病流行。跟疫病斗争就需要医药，从而促进了化学的发展；工业生产需要制造金属工具，促进了采矿和冶金的发展。制药和冶金的生产实践积累的大量事实，五元素说、四元素说、火微粒说都不能给予完美的解释，迫切需要新的理论来指导实践。

1700年前后，德国科学家斯塔耳吸收波以耳关于火是由微粒构成的观点，正式提出了“燃素学说”。

为什么叫燃素这个怪名字呢？这有它的时代背景。在十七世纪之前，在西方，亚里斯多德提出物质是由性质构成的学说占统治地位，根据亚氏学说可以把贱金属铁、锡、铜、铅变成黄金，但经过几百年的实践都失败了。到了十七世纪，人们不再认为物质是

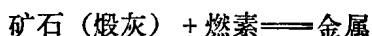
由性质组成的了。可是物质不是由性质组成的，那么是什么使它们有颜色、味道、重量等等呢？为了解释这些问题，有人提出“素”的概念。铁有重量、有磁性是因为铁这种物质里有“重素”和“磁素”。同样，其它物质所以具有某些性质，也是由于它们里面充满了某种“素”。物质的热是因为其中聚集了“热素”；有弹性是因为有“弹性素”。……这些“素”是看不见、摸不着、听不到的。当时“素”成了最时髦的概念，成为解释物质性质的万灵良药。斯塔尔生活在这个时代，他为了解释燃烧现象，汇集了当时科学家对燃烧的看法，提出了“燃素”的概念。

斯塔尔认为“燃素”存在于一切可燃物里，物质燃烧，放出燃素留下灰烬。不能燃烧的物质是因为缺少燃素。物质不能自动放出燃素，需要空气把燃素吸取出来，才能燃烧，空气具有吸收燃素的性质。按照燃素学说，在物体里燃素愈多，它就愈容易着火燃烧。煤炭、脂肪、油类燃烧得非常好，就因为它们几乎全部都是燃素构成的。在普通不大贵重的金属里也含有燃素，这就是它们在煅烧时会起变化的原因。贵重金属如黄金里几乎没有燃素，因此黄金不能燃烧，煅烧时也不发生变化。

燃素学说认为，一切与燃烧有关的化学变化都可

以归结为物体吸收燃素和释放燃素的过程。这样，它不仅解释了有关燃烧现象，还统一地解答了十七到十八世纪中叶有关化学的所有问题。

例如，冶金过程按照燃素学说，金属在煅烧或燃烧时失去燃素就变成煅灰。那么反过来，煅灰加入燃素就变成金属，矿石（即煅灰）冶炼得到金属可用下面公式表达：



按照燃素学说，从矿石提炼金属只需加入燃素即可，燃素从哪里来呢？当然由富有燃素的易燃物质提供，所以把煤炭和矿石（煅灰）混和，一起加热，燃素从煤炭输入到矿石（煅灰）里，矿石获得燃素就变成金属。燃素学说就这样简单，而且表面看来也很清楚地说明由矿石冶炼金属的道理。

又如，硫酸为什么能溶解金属？照燃素学说的解释是因为酸能夺取金属里的燃素。

再如，怎样判断一种物质是元素还是化合物？前面提到在十七世纪中叶，波以耳提出了元素的科学定义和判断方法，但是波以耳和当时的其他科学家并不能完全正确地分辨一种物质是元素还是化合物。例如，拿燃烧锌这个化学变化来说吧，波以耳简直弄不清在这里发生着什么变化？是化合物分解为组成它的

元素，还是元素化合生成了化合物？然而这个变化的答案却是非常重要的，因为由此才能判断锌究竟是元素还是化合物。

照燃素学说分析，波以耳遇到的困难倒是很容易解决：锌在空气里能够燃烧，说明在锌的成分里有燃素，在燃烧时燃素飞出，留下白色的煅灰，一种物质变成了两种物质，因此锌燃烧发生的是分解反应，说明锌还能用化学方法分解，所以锌是化合物，而锌的煅灰是元素，因为它再也不能分解了。

由于燃素学说能解释当时已知的一些实验事实，所以一经提出，立即得到当时许多大科学家的拥护，化学也就从炼金术中解放出来，开始了近代化学的萌芽，这是燃素学说很大的历史功绩。

现在我们已很清楚地知道，燃素学说对燃烧和金属煅烧的解释，对元素和化合物的判断，恰恰是颠倒了自然界的真实关系。物质燃烧和金属煅烧不是放出燃素的分解反应，而是吸收氧气的化合反应。不过化学发展到能够这样科学地解释这些现象，那是又过了百年之后的事。

十七、十八世纪，燃素学说风行一时，作为化学理论，支配了化学界的思想约一百年，现在回头看一看似乎不可理解。就在燃素学说提出的初期，自身就