

化学传奇

THE LEGEND
OF CHEMISTRY

❖ 李可锋 江磊 编著



山西出版传媒集团
山西教育出版社

李可锋 江磊 编著

化学传奇

THE LEGEND
OF CHEMISTRY

视化学为文化

用化学文化联结社会与生活



山西出版传媒集团

山西教育出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

化学传奇/李可锋, 江磊编著. —太原: 山西教育出版社, 2012. 9
ISBN 978-7-5440-5574-1

I. ①化… II. ①李… ②江… 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 (2012) 第 135515 号

化学传奇

HUAXUE CHUANQI

责任编辑 彭琼梅
复 审 李少霖
终 审 张大同
装帧设计 薛 菲
印装监制 贾永胜

出版发行 山西出版传媒集团·山西教育出版社
(太原市水西门街馒头巷7号 电话: 0351-4035711 邮编: 030002)
印 装 山西人民印刷有限责任公司
开 本 890×1240 1/32
印 张 8
字 数 176千字
版 次 2012年9月第1版 2012年9月山西第1次印刷
印 数 1—6000册
书 号 ISBN 978-7-5440-5574-1
定 价 16.00元

如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与印刷厂联系调换。电话: 0358-7641044

目 录

01	第一个化学理论的诞生 / 1
02	破旧立新的大革命 / 14
03	开创了化学的新时代 / 28
04	曾经被埋没的宝石 / 38
05	化学史上永恒的事业 / 47
06	牧师化学家的杰出功绩 / 58
07	一段悲壮的历史 / 67
08	“病态”孤僻的富豪学者 / 77
09	开启化学神秘园的人 / 86
10	发现元素最多的浪子 / 95
11	化学元素符号的首倡者 / 105
12	没有上过学的科学泰斗 / 113
13	获诺贝尔化学奖最多的学派 / 123

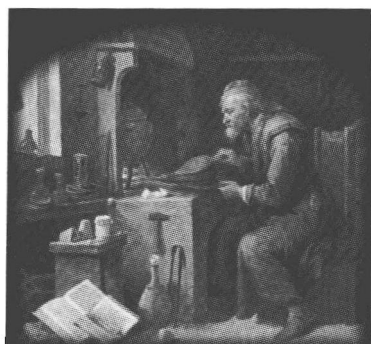
-
- 14 填补了无机和有机鸿沟的人 / 133
- 15 历经百年之后的“争议” / 143
- 16 准时送鲜牛奶的化学家 / 152
- 17 亲密无间的合作者 / 162
- 18 艰难而有成就的创立者 / 172
- 19 “扑克牌”里出来的伟大发现 / 183
- 20 利用空气做面包的“罪人” / 194
- 21 破漏的木棚屋中诞生的奇迹 / 202
- 22 中国民族工业的骄傲 / 213
- 23 误入歧途的卓越的科学家 / 225
- 24 因做错实验而收获的诺贝尔奖 / 236
- 25 平民科学家的巨奖历程 / 245

01

第一个化学理论的诞生 ——燃素学说的建立



燃烧是自然界司空见惯的现象，人类很早就跟火打交道了。据考证，170 多万年前的云南元谋人就已经学会使用火了。火的发现和利用，是人类历史上的重大转折。恩格斯曾经这样评价摩擦生火：“就世界性的解放作用而言，摩擦生火还是超过了蒸汽机，因为摩擦生火第一次使人支配了一种自然力，从而最终把人同动物界分开。”



古人利用火进行化学研究

1. 混沌初开的局面

古时候，人类对自然的认识水平有限，以至于对火又敬又畏。中国神话的火神祝融，希腊神话的普罗米修斯盗天火等传说也就应运而生。古人总是在尝试为自然现象分类，不断定义世界的物质构成，火往往成为一个不可分割的重要元素。古印度认为“地、水、火、风”是构成世界的最基本元素，缺一不可，合称为“四界”，亦称“四大种”。我国五行说中“金、木、水、火、土”相生相克，作为构成宇宙万物及各种自然变化的基础。古希腊最博学的哲学家亚里士多德（Aristoteles，前384—前322）提出了组成世界的“四元素说”。他认为：物体的主要性质是“冷、热、干、湿”，这些性质两两结合后就形成了“土、水、气、火”四元素，其中：土 = 干 + 冷，水 = 湿 + 冷，气 = 湿 + 热，火 = 干 + 热。古希腊哲学家赫拉克利特（Heraclitus，约前530—前470）认为火是世界的本原，宇宙是永恒的活火。由于古代科学技术条件和生产力水平的限制，无法认清火和物质燃烧的本质，这是人类一个长期难解的谜团。

自从有了火，人类就从未停止过对火的利用。最早火用于煮食、照明、驱赶野兽，随着人类文明的进步，制陶、制皂、蒸馏酒精和冶金等工艺逐步发展起来，使得运用火的范围日益扩大。人类迫切需要了解可燃物的种类、燃烧温度的高低等知识，对于火的认识提出了更高的要求，这就需要人类认真审视燃烧的本质。

对燃烧进行观察，最明显的现象是物质在燃烧时产生火焰，物质燃烧后留下了少量灰烬，其质量远比原来的物质小。于是人们对

燃烧逐渐形成了这样的理解：燃烧时有某种易燃的东西从物体中逃逸了，所以燃烧后只留下少许的灰烬，燃烧是损耗物质的过程。虽然冶金化学家发现，某些金属在加热时也会得到比金属更重的金属灰。可惜他们没有进行科学研究的习惯，对于这个客观事实视而不见，更不会去探究其内在所包含的价值。

16 世纪初，瑞士医药化学家帕拉塞斯（Philippus Aureolus Paracelsus，1493—1541）提出了他的物质本原的观点，所有物质都是由汞、硫、盐三种元素以不同的比例构成的。帕拉塞斯所谓的三种元素实际就是三种要素，而汞、硫、盐也并非是指水银、硫磺、盐类这些具体的物质，只是代表物质所表现的性质，即“汞”为表现金属性质的要素，“硫”为表现可燃性和非金属性的要素，“盐”为表现溶解性的要素。他认为物质中某一种元素成分的多寡，决定了该物质的性质，这就是有名的“三元素说”。

2. 黑暗中的探索

在帕拉塞斯之前，文艺复兴“三杰”之一，天才的意大利人达·芬奇（Leonardo Di Ser Piero Da Vinci，1452—1519）对燃烧提出过这样的观点：在燃烧时，若无新鲜空气补充，燃烧就不能继续进行，这表明燃烧与空气之间必然存在着某种特殊的关系。

到了 1630 年，法国医生雷伊（Jean Ray，1583—1630）进一步研究了金属锡和铅煅烧后质量增加的现象，发表了一篇题为《关于焙烧锡和铅质量增加原因的研究》的论文。他提出：质量的增加是空气造成的，空气在容器中浓缩、加重，由于长时间强烈加热，空气似乎变得具有黏性，空气与金属混合在一起（经常搅拌有助于这

种混合)，并附着在微粒上，好像把沙子放在水中，与水混合而使沙子质量增大一样。空气中的某种浓密成分混进金属烧渣并不是两种物质之间的化合，而是两种物质微粒的一种机械混合。他本人没有做实验，只是从理论上进行了推断，但是他已经注意到金属煅烧后质量增大与空气密切相关的事实。

同时代英国医生梅猷（Jean Mayow, 1635—1679）在实验中又发现，火药能在抽空的器皿内或水中燃烧，据此认为火药中的硝石也存在着那种空气中的助燃成分，他称之为“硝气精”。梅猷还做了金属铋的煅烧实验，结果其产物与铋经过硝酸处理后的产物是同一物质，因而推断金属铋煅烧后质量增大是由于“硝气精”固定于金属铋上。但是梅猷并没有深入研究金属铋煅烧后增大的质量，也没有作出令人信服的解释。



波义耳

1673 年，英国化学家波义耳（Robert Boyle, 1627—1691）将铜、铁、铅、锡等金属放在密闭的容器内进行煅烧，发现密闭容器内物体的重量增加了。于是波义耳认为，加热时有一种超微小的“火微粒”从燃料中散发出来，穿过容器壁进入了金属，与金属结合成比金属本身重的煅灰，并提出了如下公式：金属 + 火微粒 =

金属煅灰。波义耳只注意到了被加热物质本身的变化，却忽视了与金属密切接触的空气发生了什么变化。为了合理解释实验现象，他杜撰出“火微粒”来充数。如果在进行称量比较时，不打开加热后

的容器瓶塞，那么他在对火及燃烧现象的认识方面将取得重大突破，可惜他错过了。

波义耳把燃烧看做可燃物与其他物质结合的过程，认为火是客观存在的一种实实在在的东西，火是具有质量的“火微粒”所构成的物质元素，这种观点与认识，在当时还是很少见的。依据波义耳的观点，在包括植物等燃料燃烧的时候，它们的极大部分都变成“火微粒”散失在空气中，只留下了比本身质量小得多的灰烬。当时，认可波义耳关于燃烧见解的科学家，仅局限于个别人。大多数人仍认为物质在燃烧时有某种东西从中逃走了。波义耳的观点为以后提出燃素学说奠定了基础，积累了资料。

罗伯特·波义耳出生于爱尔兰的贵族家庭，他的父亲是科克伯爵，爱尔兰的大法官，当时英国最富有的人。童年时的波义耳并不特别聪明，说话还有点口吃，不大喜欢热闹的游戏或争强好胜的活动，却十分好学，喜欢静静地读书思考。他从小受到良好的教育，1639~1644年间，曾游学欧洲，研究了伽利略的天文学著作与各种实验。父亲去世后，波义耳回到爱尔兰，在父亲遗留的庄园内静静地读书，同时开始了他的科学研究，很快成为一名训练有素的化学实验家，同时也成为一名富有创造力的理论家。这一时期，在伦敦的一些具有新思想的青年学者组织了一个科学学会，称为“无形学院”，也就是著名的以促进自然科学发展为宗旨的“皇家学会”的前身。1646年，波义耳参加了无形学院的活动并成为一名重要的成员。1654年，波义耳在牛津建立了设备齐全的实验室，并聘用了一些很有才华的学者作为助手，领导他们进行各种科学研究。他的许多科研成果是在这里取得的。他主张“实验决定一切”，他是第一

位把各种天然植物的汁液用作指示剂的化学家，石蕊试液、石蕊试纸都是他发明的。他还是第一个为酸、碱下了明确定义的化学家，并把物质分为酸、碱、盐三类。他还创造了很多定性检验盐类的方法。据统计，从1660年直到1666年，他写了10本书，在《皇家学会学报》上发表了20篇论文。

1661年出版的《怀疑的化学家》是一本具有划时代意义的名著。在书中波义耳指出：“化学到目前为止，还是认为只在制造医药和工业品方面具有价值。但是，我们所学的化学，绝不是医学或药学的婢女，也不应甘当工艺和冶金的女仆，化学本身作为自然科学中的一个独立部分，是探索宇宙奥秘的一个方面。化学，必须是为真理而追求真理的化学。”他认识到化学不应该也没有必要成为医药化学、冶金化学的附庸，化学应该为了自身的发展而进行科学研究。波义耳又指出：“化学家们至今遵循着过分狭隘的原则，这种原则不要求特别广阔的视野，他们把自己的任务看做是制造药物、提取和转化金属。我却完全从另一个观点看待化学：我不是作为医生，也不是作为炼金家，而是作为哲学家来看待它的……如果人们关心真正的科学成就较之个人利益为重，如果把自己的精力都献给了做实验，收集并观察事实，那么他就很容易证明，他们在世界上建立了伟大的功勋。”他认为化学应该单独成为一门科学，化学必须依靠实验建立自己的基本定律。

另外，波义耳还指出，“四元素说”、“三元素说”中所指的元素根本不是构成物体的最根本单元，元素应该是“具有确定的、实在的、可觉察到的实物，它们应该是一般化学方法不能再分为更简单的某些实物”。他重新规定了许多不准确的化学用语，确定了

它们的正确含义。他认为确定元素的唯一手段是实验，而且他用实验手段确定了金、银、汞、硫磺等一些物质是元素。他认为化合物是由两种或两种以上元素构成的物质，并具有与其成分的性质完全不同的新性质，这也就明确了它同混合物的区别。他还规定了关于化学反应、化合、分解和分析等用语的含义。恩格斯曾对他作出崇高的评价：“波义耳把化学确定为科学。”

但是波义耳等化学家对燃烧的解释带有明显的机械自然观，其最典型的理论特征是：把一切物质实体的最小单位看做是类似于原子的物质微粒；把一切物质实体的相互作用看做是微粒之间的力学作用。当化学家面对越来越复杂、各具特征的化合物和化学反应，而又无法合理解释的时候，运用机械论似乎能说明许多无法解释的事实，如同抓住了救命稻草。当时的法国和英国的化学界思想僵化，他们对燃烧的认识已经走入了死胡同。就在这个时候，德国化学家们脱颖而出，他们对燃烧现象提出了系统的观点。

3. “燃素学说”的诞生

德国医学化学家贝歇尔（Johann Joachim Becher, 1635—1682）对燃烧现象也做了相当多的研究，他特别注意到炼金家所谓“三元素”中的“硫”，认为它可能是所有物质能够燃烧的根源。贝歇尔在1669年的著作《土质物理学》一书中对燃烧作用有很多论述，他继承和发展了帕拉塞斯的“三元素说”，认为各种物质都是由三种基本“土质”组成的。第一：“石土”，能使物质具有一定的形态，相当于早期医学化学家所谓的“盐”元素；第二：“油土”，能使物质易于燃烧，相当于所谓的“硫”元素；第三：“汞土”，能使

物质紧密而具有金属光泽，相当于所谓的“汞”元素。

贝歇尔用他的三种“土质”来解释物质燃烧的现象。他认为燃烧是分解作用，火被看做是一种普遍适用的解析剂。一切可以燃烧的物体都是一种复合物，都是含有“硫”元素的“油土”。按照他的理论，燃烧过程中“油土”逃逸，留下的灰烬便是只含“石土”或“汞土”的简单物质。在燃烧后，残留的简单物质越少，原先物体中的“油土”含量必定越高。简单物质就是单质，它没有“油土”，当然不能燃烧，能够燃烧的物质必定是化合物，除了含有“油土”，必定还含有另一种“土质”。他认为木炭几乎是一种纯的“油土”，因为它在燃烧后只留下极少量的灰烬。

贝歇尔理论中关于“油土”的概念，实际上就相当于以后盛行的“燃素学说”中的“燃素”，因此可以说贝歇尔是“燃素学说”的发起人，后人普遍认为“燃素学说”是由他与施塔尔共同创立的化学理论。

贝歇尔的学生施塔尔（普鲁士王的御医、德国哈雷大学的医学化学教授）（Georg Ernst Stahl, 1660—1734）对贝歇尔的学说推崇备至。他重版了贝歇尔的著述，并总结了燃烧中的各种现象及各家的观点，尤其是贝歇尔的观点，于1703年更明确地提出了系统的燃素学说。



施塔尔

和贝歇尔的观点一样，施塔尔也认为在物质燃烧时有可燃性元素逸出，但施塔尔把这种可燃性元素称为“燃素”，而不是“油土”。他认为“燃素”是一种细小而活泼的微粒，它存在于一切可

燃的物质中，物质之所以能够燃烧，都是由于物质中含有燃素。当“燃素”飞散到空气中，就产生了燃烧的现象，逸出的“燃素”以游离的形式存在，大量的“燃素”聚焦在一起就会形成明显的火焰，从而发光发热。油脂、蜡、木炭等都是富含“燃素”的物质，所以它们燃烧起来非常猛烈；而石头、灰烬、黄金等都不含“燃素”，所以不能燃烧。物体中含“燃素”越多，燃烧起来就越剧烈；所含“燃素”越少，燃烧起来就越微弱。施塔尔把这个理论发展成更广泛的理论体系，用以说明氧化、呼吸、燃烧、分解等很多化学现象。

燃素学说认为，“燃素”无处不在，充斥于天地之间。大气中含有大量“燃素”，就会在空气中产生闪电这种强烈的现象。植物能从空气中吸收“燃素”，动物又从植物中获得“燃素”，所以动植物中都含有大量“燃素”，生物含有“燃素”也就有了生命力。物质在加热时，“燃素”并不能自动分解出来，必须有空气将其中的“燃素”吸取出来，燃烧才能实现。也就是说，空气是带走“燃素”所必需的媒介，如果没有空气来吸收“燃素”，“燃素”就不可能从可燃物中逸出，也就不可能发生燃烧。如果一种物质在有限的空气中燃烧，火焰会逐渐熄灭，因为周围空气中的“燃素”已经达到饱和，即使物质中仍然有“燃素”残留，也不可能再从物质中逸出了，所以燃烧是离不开空气的。

燃素学说认为，“燃素”能由一种物体转移到另外一种物体中，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。物体失去“燃素”，就变成死的灰烬，一旦灰烬获得“燃素”，物体就会恢复原样。无生命的物质只要含有“燃

素”就会燃烧，如硫磺（单质硫）燃烧时产生火焰，说明有“燃素”从硫磺中逸出，硫磺也就变成了硫酸。硫酸与富含“燃素”的松节油混合加热，硫酸吸收了松节油中的“燃素”，重新变成硫磺。金属能溶解于酸，是因为酸夺取了金属中的“燃素”。金属能发生置换反应，是由于“燃素”从一种金属转移到另一种金属的结果。油脂、蜡、木炭都来源于植物，而植物具有从空气中吸收“燃素”的功能，因此油脂、蜡、木炭都是富含燃素的物质。石灰石（碳酸钙）与煤炭一起煅烧，石灰石吸收了煤炭中的“燃素”而变成了苛性石灰（即氢氧化钙），但苛性石灰与“燃素”的结合并不牢固，因此空气能慢慢吸收苛性石灰中的“燃素”，于是又重新变为石灰石。金属煅烧时，释放出“燃素”，金属也就变成了金属灰。如果将木炭与金属灰放在一起加热，金属灰就可以吸收木炭中含有的“燃素”，于是金属灰就重新变成金属。

从金属煅烧过程来看，燃素学说与波义耳的“火微粒”的观点颇为相似，但实际上施塔尔将金属煅烧过程表达为：金属 - 燃素 = 煅灰，即认为金属燃烧是分解作用，而波义耳则认为金属煅烧是化合作用，即金属获得“火微粒”的过程，他们的观点恰好完全相反。

既然金属在煅烧时有“燃素”逸出，为什么重量反而增加了呢？既然燃烧时“燃素”进入了空气，为什么空气的体积反而减小了？如何合理解释这些问题始终是燃素学说的诟病。然而燃素学说毕竟脱胎于炼金术，一旦缺少回旋余地的时候，自然得从老祖宗的理论中寻找依据。法国科学家文耐尔不顾物理学已经取得的成就，认定“燃素”和“灵气”一样，与地心引力是相互排斥的，因而

具有负重量（即所谓的“轻量”），火苗向上运动而不是向下运动恰好说明这个观点，因此，当金属失去“燃素”时，重量不但没有减轻，反而是增加了。更有甚者，竟然从神学论中寻找依据，认为金属失去“燃素”，好比活着的人失去了灵魂。正如失去灵魂的死人总比活着具有灵魂的人重那样，“死”的煅灰自然比“活”的金属重。虽然这样牵强附会的解释不能让人满意，但苦于没有更好的理论取代它去解释这一切。何况在定性地解释许多化学现象的时候，燃素学说还是游刃有余的。因此“燃素学说”很快就大行其道，为大多数化学家所接受。

4. “燃素学说”的历史价值

尽管燃素学说是一种错误的理论，但是它在整个化学发展史中的作用却是不容忽视的。首先，燃素学说从化学反应本身来说明物质变化，具有朴素唯物主义的特征，消除了以往赋予化学反应的神秘观念，力图建立全新的化学理论体系来揭示燃烧的本质，奠定了实验作为化学学科的研究方法，并通过实验积累了丰富的客观资料，直接导致了許多化学成果的诞生。所以燃素学说的创立全面取代了炼金术对化学界的统治。正如革命导师恩格斯所说，化学终于“借燃素说从炼金术中解放出来”。

其次，燃素学说是最早提出的化学反应理论。17 世纪的化学界处于混沌状态，化学反应的知识是支离破碎的、经验性的，缺乏合适的理论构建知识体系。燃素学说的提出，用简明、恰当的语言解释了化学反应过程中“燃素”的放出和吸收，并按逻辑予以分类、协调，使化学反应知识形成了似乎井然有序的体系。燃素学说用统

一的观点来研究和解释完全不同的现象，把大量零星、片断的反应知识联系在一起，给化学研究带来了前所未有的条理性 and 清晰性。虽然施塔尔对燃烧现象所作的解释与现代的化学理论恰好完全相反，但是燃素学说的某些观念与现代化学理论还是非常相近的。比如关于化学反应发生时，“燃素”从一种物质转移到另外一种物质中的观点。以及化学反应中物质守恒的观点，类似于现代化学理论中的一些观点，如置换反应是物质间相互交换成分的过程；氧化还原反应中发生电子转移且得失电子数相等；有机物发生取代反应时，有机物结构中某一位置的原子或原子团被其他原子或原子团替换的过程等等。燃素学说正是凭借这种转移的概念，奠定了近、现代化学思维方式的基础。

虽然燃素学说臆造出“燃素”这种具有神秘特性的微粒，并赋予其“灵气”，但始终没能挽救其终将被颠覆的命运。在燃素学说流行的长达一百年的时间里，化学家为了证实燃素学说，为了迎合燃素学说去解释各种化学现象，又重复进行了大量实验，但终究没有分离出他们迫切想要的“燃素”。而舍勒、普利斯特里、卡文迪许等一批化学家在千方百计寻找“燃素”的过程中，相继发现了二氧化碳、氢气、氮气和氧气等气体。不过这些当时第一流的化学家，甚至是在化学历史上举足轻重的大化学家，他们大多数是燃学说的忠实拥护者，燃素学说禁锢了他们的思维方式，所以他们无法正确认识这些气体的化学本质，以及蕴藏在发现这些气体背后的重大意义。但无论如何，这些气体的发现和化学家们所做的研究，都为之后化学的发展奠定了实验基础。恩格斯曾如此评价燃素学说：“在化学中，燃素说经过百年的实验工作提供了这样一些材料，