



大众化学化工史

○ 周嘉华 李华隆 著

“十二五”国家重点图书出版规划项目

中国科学院自然科学史研究所 策划

丛书主编 郭书春



大众化学化工史



○ 周嘉华 李华隆 著

“十二五”国家重点图书出版规划项目
中国科学院自然科学史研究所 策划
丛书主编 郭书春

图书在版编目(CIP)数据

大众化学化工史/周嘉华等著. — 济南: 山东科学技术出版社, 2015

(大众科学技术史丛书)

ISBN 978-7-5331-7657-0

I. ①大… II. ①周… III. ①化学工业—工业史—世界—普及读物 IV. ①F416.7-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 292319 号

大众科学技术史丛书

大众化学化工史

周嘉华 李华隆 著

主管单位: 山东出版传媒股份有限公司

出 版 者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路 16 号

邮编: 250002 电话: (0531)82098088

网址: www.lkj.com.cn

电子邮件: sdkj@sdpress.com.cn

发 行 者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路 16 号

邮编: 250002 电话: (0531)82098071

印 刷 者: 山东德州新华印务有限责任公司

地址: 德州经济开发区晶华大道 2306 号

邮编: 253074 电话: (0534)2671209

开本: 720mm×1000mm 1/16

印张: 15

版次: 2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5331-7657-0

定价: 27.00 元

《大众科学技术史丛书》

编 委 会

主 编 郭书春

编 委 (按姓名拼音为序)

白 欣	柏 芸	曹幸穗	陈宝国
郭书春	刘 珂	刘树勇	刘献军
茅 昱	孟 君	潘丽云	沈玉枝
史晓雷	王玉民	韦中燊	邢声远
颜宜葳	杨 静	游战洪	张大庆
赵翰生	周嘉华	周文臣	

英国哲学家培根说,读史使人明智,科学使人深刻。科学技术史图书可以给读者提供一举数得的精神食粮,而科学技术史的普及读物对社会的影响常常比专著还要大。了解科学技术进步的历史不仅有利于掌握知识,更有利于认识科技发展的规律,学会科学发现和技术发明的方法,提高国民特别是青少年学生的素质。因此,向读者提供高质量的科学技术史普及读物,是科学技术史学者和出版机构责无旁贷的使命。

为了充分利用科学技术史传播科学知识,弘扬科学精神,培养青少年学科学、爱科学的良好素质,学术界有必要撰写系统阐述科学技术不同学科发展历史的普及读物。为此,中国科学院自然科学史研究所与山东科学技术出版社商定合作撰写、出版一套《大众科学技术史丛书》。该课题得到有关部门的大力支持,并列入《“十二五”国家重点图书、音像、电子出版物出版规划》增补项目。

本丛书展现历史上的科学技术知识以及科学技术专家的生平、科学活动和科学思想,兼具科学性和人文性,反映科学技术发展与人文思想演进的关系。本丛书力求具有科学性、系统性和通俗可读性。

所谓科学性就是科学准确地表述各学科史的内容,并尽可能汲取最新的研究成果。各册所述内容必须是学术界公认的,经得起时间考验的。对学术界尚有争论的内容,或者以一家为主,兼及别家,或者并列诸家之说。主要学术观点力求有原始文献或转引自权威著作的文献作依据,避免粗制滥造、以讹传讹。

所谓系统性一方面指在书目设置上既有基础学科,又有应用学科,覆盖数学、

物理学、化学化工、天文学、地学、生物学、医学、农学、建筑、机械技术、纺织技术、军事技术等科学技术史的各个主要分支学科；另一方面指每一学科的篇章设置能够涵盖该学科的重要成就、著作和科学家、重大事件和科学技术机构等，要使读者能够比较完整地了解该学科由低到高的不同发展阶段及其在不同文化传统中的特点。

所谓通俗可读性就是既要使用规范的汉语语言和标准汉字，又要做到通俗易懂，雅俗共赏，老少咸宜。在确保科学性的同时，要尽量采用便于大众理解的表述方式，并对历史上出现的、今天已经不再使用的重要术语用现代术语加以解释。

我们希望，广大读者特别是青少年学生通过本丛书既可以领略科学技术的严谨，又能理解它们对经济社会发展的巨大作用，受到科学精神的熏陶，激发对科学技术的兴趣，树立钻研科学技术的志向。

本丛书各分册的作者都是科学技术史学科有较深造诣的专家，有的是学科的领军人物，有的是成绩突出的中青年骨干。当然，任何工作都是阶段性的，每位学者的知识都有局限性，即使是术有专攻的专家也不例外，因此本丛书也可能有明显的疏漏和错误之处，恳请读者们不吝赐教，以便再版时修正。

中国科学院自然科学史研究所所长、研究员

张柏春

Preface 前言

中国著名的化学教育家、北京大学化学教授傅鹰(1902—1979)有一段名言：“一种科学的历史，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。”在他的教材中，把化学史揉进化学知识中，因而他的化学课内容丰富，评古论今，讲解生动，深受学生欢迎。凡是听过他的课的学生，都终身难忘，赞不绝口。其实这是提高课堂教学质量的一种方法。科学的历史较之科学的公理、公式，没那么抽象，而较直观形象，能激发学生的学习兴趣，培养学生的综合素质。因此，学点科学史在科学教育中是非常必要的。

科学技术的知识体系是自然界物质运动变化的规律在人的头脑中的主观反映，人类作为认识主体对自然界的变化规律的描述经历了从近似、粗放到精确、细致的漫长过程。化学化工知识体系的建立和发展正是沿着这一轨迹向前的。人类正是借助于科学技术才具有了适应自然、改造自然的能力，在与自然的协调中创造了“人化了的自然”，并与自然和谐相处。

生命是物质运动的最高形式。从自然界物质运动的基本形式来看，生命运动中包括物理运动和化学运动，它们之间是相互联系和统一的。由于它们各自具有特殊的本质，才形成了物理学、化学和生物学三个不同的研究领域。在 18 世纪上半叶前，这三个学科在方法、语言乃至科学思想上基本上是不相通的。直到 19 世纪中叶以后，特别是 20 世纪初，物理学、化学、生物学之间的相互渗透才日益明

显,彼此之间在概念、理论、方法及实验手段上相互借鉴、相互渗透,形成了诸如物理化学、化学物理、生物物理、生物化学、分子生物学等众多的交叉学科和边缘学科,把彼此的研究引向深入和精细。具体到化学来说,在近代,化学曾被定义为分子的科学,而分子在 20 世纪有了新的内涵:分子包括分子本身以及分子间的各种形式的聚集体。20 世纪下半叶,化学家研究分子间的问题越来越多:从晶体到 LB 膜,到分子聚集态,到分子工程,直至多种多样的材料和生命现象,无不涉及“分子间”的问题。这也就是化学研究的对象从相对简单的体系到相对复杂的体系的进化。人类所面临的能源、环境、健康等重大问题也许要从这种进化中寻找解答。

从历史角度来看,化学是诸多科学门类中与人类生活、生产活动关系最密切的学科。从陶瓷、玻璃为代表的无机非金属材料和各种金属材料到纸张、火药,再到 20 世纪大量生产的塑料、合成纤维以及半导体、超导材料等新型材料,要么直接来源于化工生产,要么与化学研究有关。化学研究的重要作用及其辉煌成就是有目共睹的。在构建化学化工的知识体系的过程中,化学家的工作功在千秋,值得后人永远尊崇。他们的敬业精神、创新魄力、顽强意志都给后人留下了深刻的印象,成为后人学习的楷模;此外,还可以从这些前辈那里学到探索的经验和技巧,这些都是无价的宝藏,本书力图成为读者发现这一宝藏的向导。

著 者

上篇 古代化学知识的沉积

一、由火引发的早期化工实践	2
可怕而又神奇的火	2
泥沙烧出了陶瓷、玻璃	3
矿石炼出了金属	10
二、早期的化学探索	17
色彩中的物料认知	17
治病救命的物料	18
古代的高分子材料	18
造纸术——伟大的发明	20
三、食料加工中的化学机理	21
神奇的酒	21
调味的醋	22
似蜜的糖	23
不可或缺的食盐	24
四、对物质本原的猜想	26
中国古代物质观和阴阳五行说	26
印度、古埃及和巴比伦的物质观	27

古希腊的原子论和亚里士多德的元素说	29
五、为近代化学奠基的化学实验	31
中国的炼丹术	31
西方的炼金术	35
六、孕育近代化学的医药化学和冶金化学	39
医药化学和无机化学的兴起	39
冶金化学的总结	42

中篇 近代化学体系的构建

一、勇于探索的先驱	44
把化学确立为科学的波义耳	44
燃素说和亲和力说的由来和发展	45
二氧化碳的发现和空气的实验	46
把化学扶上正道的化学革命	48
二、无机化学的两个里程碑	52
为原子论铺垫的化学计量定律	52
道尔顿提出了科学的原子论	53
分子假说和电化二元论	55
彷徨歧路的五十年	58
从三元素组到八音律	62
提出元素周期律的门捷列夫和迈尔	64
元素周期律的验证和发展	65
三、有机化学理论体系的建立	69
活力论的破产	69
从基团论到类型论	72
化学结构理论的形成	74
有机立体化学的建立	77
四、近代分析化学的发展	81
定性分析的系统化	81
定量分析的完善	83
光分析法的建立	84

色谱分析和量电分析的萌芽	87
五、物理化学的形成	90
物理化学三剑客	91
热化学和气体分子运动论	94
化学热力学研究的重大进展	97
溶液理论的重大突破	101
六、近代化学工业的建立和发展	103
“三酸二碱”的无机化工的建立	103
有机合成工业的兴起	108
合成药物和合成炸药	113
合成氨的故事	117
诺贝尔和诺贝尔奖	121

下篇 20 世纪化学的新貌

一、物理学革命与化学	126
物理学革命的前奏	126
启动物理学革命的三大发现	129
放射性物质的研究和居里夫妇	133
元素衰变理论的提出	136
原子结构模型的演进	138
量子力学描述下的原子结构	139
二、元素世界的新认知	144
探索元素的征途	144
认真、精确、耐心的收获	145
元素周期律的科学实质	148
同位素的发现和研究	150
人造元素与核化学的发展	153
三、量子化学和化学键理论	158
化学键理论的由来	158
化学键的电子理论	159
量子化的化学键理论	162

配位键、氢键、金属键	165
化学不再是纯实验科学了	166
四、晶体和分子结构的研究	170
晶体规律性的早期认识	170
X 射线晶体学的建立	171
X 射线晶体学的发展和成就	173
结构测试和分析方法的发展	176
核磁共振技术的创立和发展	177
五、化学反应理论的研究	180
化学平衡的热力学基础	180
化学动力学的发展	183
催化作用及其理论的发展	189
六、焕然一新的分析化学	193
分析化学的新面貌	193
光学分析法的新进展	194
质谱分析和放射化学分析法	196
色谱分析法的崛起	198
电化学分析法的演进	201
七、碳氢一族面面观	203
天然产物有机化学	203
元素有机化学	210
生命科学中的化学研究	212
八、高分子化学和高分子合成工业	216
天然高分子材料的化学改性	216
合成高分子化学的建立	217
高分子科学体系的形成和发展	218
高分子化学工业的蓬勃发展	220
高分子合成工业发展的新亮点	225
参考文献	227
后记	228



上 篇

古代化学知识的沉积



一、由火引发的早期化工实践

可怕而又神奇的火

在远古时期,雷电或自燃山火引发的森林大火,顷刻间吞没了一切,树木草场被烧焦,来不及逃脱的动物被烧死。目睹这一凄惨景象的原始人也像其他动物一样感受到了火的可怕,他们猜测这准是天神地魔在作祟。但他们又发现,火是可以利用的,它可用来防御伤人的猛兽,还可以照明取暖、烧烤食物,而且烧烤后的



图 1-1 原始人用火的场景

兽肉或植物根茎更可口(图 1-1)。此后,人们主动地把火种引进山洞,并设专人来维持火种的延续,火逐渐成为人们生活中离不开的伙伴。火不仅为生活带来了便利,而且让熟食逐渐取代了茹毛饮血的饮食方式。熟食利于消化和营养的吸收,增强了体质,减少了疾病发生,对于人类自身的进化产生了深远的影响。

考古发现,中国古元谋人在距今约 170 万年前,古蓝田人在 80 万—100 万年前,都利用过火。距今 40 万—50 万年前的北京人已有较多的用火经验,在房山周口店他们居住过的山洞里不仅发现了厚达 2 米的火烬层,还有被熏黑烧裂的石头和动物骨头。世界其他民族的祖先大多都经历了这段利用火的岁月。学会利用火这种自然力是人类智慧的一个重要表现。

人类最早利用的都是自然界的野火,从野火中取得火种。但引进火种要受自然环境的制约,火种难免会遇到难以抗拒的因素而熄灭,因此人们必须找到较易取得火种的方法。在制作石器工具时,人们发现某些石块相击能产生火花,但是产生的火星一闪即灭,难以引燃起火。倒是在加工木制工具时,发现枯木间猛力相摩擦不仅会发热,而且摩擦出来的木屑热到一定程度也会自燃,假若预先准备好干草之类的易燃物,就可以借此取得火种。原始人就是这样发明了钻木取火,

循此道理还发明了锯法取火、弓钻取火、犁法取火等方法(图 1-2)。进入青铜时代后,人们曾利用青铜铸的凹镜,聚日光而生火,这铜镜被称作“阳燧”。后来当人们炼得钢铁后,又发明了用高碳钢制成的火镰击石生火的方法。这一方法在中国直到宋元时期才被推广采用,取代流传甚久的锯法取火。

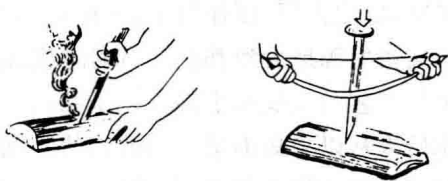


图 1-2 取火示意图

大约在公元前 2 世纪,汉代淮南王招养的方士发明了“法烛”(后世称“发烛”),它是在一根松木条上涂上硫黄,实际上是用于快速引火,现在人们把它看作原始的“火柴”。大约到了 18 世纪,人们利用易燃的白磷制得了真正的火柴,但由于白磷有剧毒,生产的风险太大,难以推广。直到 19 世纪,化学家才用红磷取代白磷生产出相对安全的火柴,火柴逐渐成为火种之源。当今使用燃气的电子打火机又淘汰了火柴,取得火种成为轻而易举之事。

有意识地控制火、利用火是人类支配自然力的伟大开端。人们用火将泥土烧成陶器,由矿石冶炼出金属,用火所产生的高温实现了众多物质的化学改造,这就引伸出了原始的化工生产。许多物质的燃烧都会释放出热和光,热和光给人视觉的直接印象即是火。燃烧是自然界常见的一种化学现象,其实质是某些物质的氧化还原反应。因此用火的过程,即实践高温下物质变化的过程,就是化学知识积累的过程。

泥沙烧出了陶瓷、玻璃

人们天天与地球表面的岩石、泥土打交道,因此岩石、泥沙成为人们最早考察和利用的物质之一。除去采用合适的岩石作工具之外,人们还发现许多柔软可塑的泥土经高温烧烤后会变得坚硬。根据对这一现象的试验,人们终于学会了制陶。美国社会学家摩尔根(L. H. Morgan, 1818—1881)在 19 世纪考察美洲的制陶术后,在其著写的《古代社会》中写道:“在没有陶器以前,人们烹煮食物的方法很笨拙,其方法是:把食物放在涂着黏土的筐子里,或放在铺着兽皮的土坑里,然后再用投入烧热的石头,把食物弄熟。”在该书的注释中,他还指出:“戈盖于 17 世纪最先提醒大家注意陶器发明的过程。他(指戈盖)说:‘人们先将黏土涂在这样一些容易着火的容器之上以免被烧毁,以至后来他们发现单用黏土本身即可达到这种目的。于是世界上便出现了制陶术了。’”戈盖的说法是可信的,但是制陶术的发明绝不会只有这一种途径。

人类掌握了制陶术,标志着蒙昧时代的结束和野蛮时代的开始。生活对存储

器、饮食器、烹饪器的需求,使能满足这一系列需求的陶器大受欢迎。制陶的原料丰富,取之方便,制作简单,因而制陶业获得了较快发展。考古资料表明,世界各个文明发源地大致都在新石器时代,距今约一万年出现了陶器。陶器的品种和生产工艺的发展几乎都经历了相同的历程。陶制的生活用具和工具的使用对于原始人从以采集渔猎为主的游牧生活向以种植业和畜牧业为主的定居生活过渡有很重要的推动作用,陶器逐渐成为人们日常生活不可缺少的用具。

制陶术主要包括三个环节,一是陶土的选择和加工,二是成型工艺,三是烧成技术。尽管制陶所需的黏土大多是就地取材,但并不是所有的黏土都适宜制陶。实践使人们认识到,最好是选择那些杂质少、黏性大的易熔黏土为原料,因为这种黏土经加工后的泥料具备相当的可塑性和凝胶性。所谓的可塑性是指在外力作用下可发生显著形变而不断裂的性质;所谓的凝胶性是指在外力作用下或干燥过程中,坯体不易开裂的性质。泥条的这两种性质都取决于黏土中氧化铝和氧化硅的某些盐类胶体及铁、镁、钠、钾等氧化物所生成的电解质盐类间的合理配比,即与黏土的化学组成和化学结构有关。具体的加工方法就是对陶土进行淘洗和陈放。淘洗能去除杂质和粗大的沙砾,陈放则能使黏土中一些固态成分吸水后变成饱含结晶水的凝胶体。成型工艺主要是物理过程,可以充分展示陶工的构思和手艺。高温烧成则是实现化学变化的关键过程。通过高温的化学反应,黏土中由岩石风化而来的云母、石英、长石等会发生失去结晶水、晶型转变、固相反应及共熔玻璃相产生等化学变化。这不仅改变了黏土的形态,也改变了它的化学内涵。陶器是人类获得的第一种人工材料,制陶可以认为是一项最早的化工生产活动。通过1978年对云南西双版纳地区留存的传统制陶工艺的调查,我们知道,在原始社会烧陶技术大约经历了从平地堆烧到一次性薄壳封烧、竖穴窑、横穴窑的演进。从无窑到有窑烧陶,使陶器的烧成温度由700~900℃提高到950~1100℃。在当时,高温技术是实现物质化学转化的主要手段,高温技术的进步意味着人们利用自然力水平的提高。

世界各文明古国制陶工艺和陶器品种的发展大致走过了相似的道路。最早的陶器大多是以红褐色为主,间杂灰黑、黄等颜色的粗陶,烧成温度不高,质地疏松,吸水率高。随着制陶技术的进步,继而烧出了较细的红陶。在采用陶轮制坯和陶窑烧成,特别是学会了陶窑内烧成气氛的调节后,人们能分别烧出红陶、灰陶、黑陶,并能采用不同原料烧出白陶、黄红陶。陶轮可以看作机械的雏形,陶轮的使用为精美陶器的造型带来了方便。追求美的本性促使人们对精美陶器的表面进行装饰和彩绘,由此产生了彩陶。如图1-3、图1-4、图1-5、图1-6所示。在装饰加工陶器表面的过程中,人们又发明了釉。釉的使用不仅提高了陶器的使用功

能,釉陶也更美丽了。

古埃及人早在公元前 5000 年前就已开始制造陶器,有红陶、灰陶,还有采用石墨擦磨表面而成的黑陶。而其最有特色的陶器是在黏土中掺入大量赤铁矿粉而烧成的彩陶,不仅呈瑰丽的红色,而且质地相当坚硬。在埃及底比斯(古代名城)的一座古墓中,曾出土了一幅公元前 1900 年的壁画,清楚地描绘了当时使用陶轮制陶的情景(图 1-7)。印度、波斯和希腊在新石器时代也有了制陶工艺。无论从品种还是从工艺的演进来看,中国制陶工艺发展的过程都较完整,可以作为这时段世界制陶术发展的典范。



图 1-3 裴李岗文化的泥质红陶

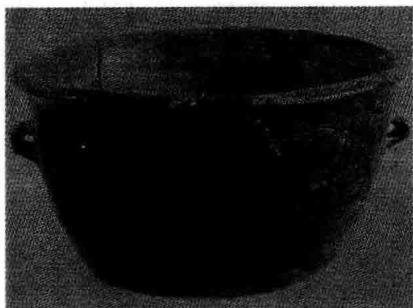


图 1-4 河姆渡文化的黑陶



图 1-5 早期的红陶、灰陶、黑陶、白陶

图 1-6 仰韶文化的彩陶



图 1-7 古埃及人的制陶工艺