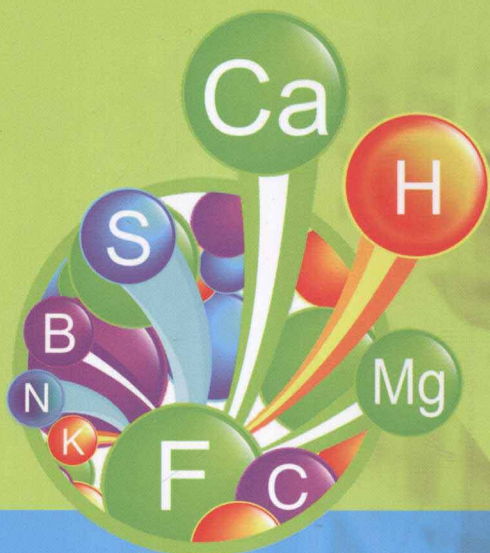




化学实验赏析

HUAXUE SHIYAN SHANGXI

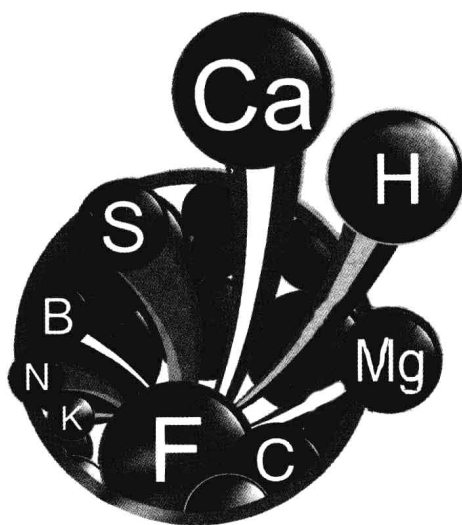
翟慕衡 魏先文 王正华 等 编著

中国科学技术大学出版社

化学实验赏析

HUAXUE SHIYAN SHANGXI

翟慕衡 魏先文 王正华 等 编著



中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书内容包括化学实验简史、化学实验对创新精神的培养和对人类社会的贡献、化学实验的基本操作、化学实验与生活、化学实验与生命、趣味化学实验、设计性实验等。本书反映了化学学科的知识与日常生活息息相关的内容,既开拓学生的知识面,优化知识结构,体现学科交融、文理渗透,又培养和提高学生的创新精神以及实践动手能力。

本书可作为高等院校文理各科的公选课教材,也可作为中学化学教师的教学参考书、中学生的课外读物以及社会各界了解化学实验与社会发展相关性的科普读物。

图书在版编目(CIP)数据

化学实验赏析/翟慕衡,魏先文,王正华等编著. —合肥:中国科学技术大学出版社,2012. 8

ISBN 978-7-312-02912-7

I. 化… II. ①翟… ②魏… ③王… III. 化学实验—教材 IV. O6-3

中国版本图书 CIP 数据核字(2012)第 155633 号

出版 中国科学技术大学出版社
安徽省合肥市金寨路 96 号,230026
<http://press.ustc.edu.cn>
印刷 合肥市宏基印刷有限公司
发行 中国科学技术大学出版社
经销 全国新华书店
开本 710 mm×960 mm 1/16
印张 20.25
字数 340 千
版次 2012 年 8 月第 1 版
印次 2012 年 8 月第 1 次印刷
定价 33.00 元

前 言

化学是研究物质的性质、组成、结构、变化和应用的科学。它是一门历史悠久而又富有活力的学科,是人类用以认识和改造物质世界的主要方法和手段之一,它的成就是社会文明的重要标志。从开始用火的原始社会,到使用各种人造物质的现代社会,人类都在享用化学成果。例如,增产粮食和控制人口、使人类丰衣足食,合理利用现有能源和提供新能源,制造和提供各种现代化的材料,化学对人类生存环境的影响等,都依赖化学学科所做的贡献。

化学研究的内容为合成新物质以及对物质的分离、鉴定和表征。实验与理论一直是化学研究中相互依赖、彼此促进的两个方面,化学是一门建立在实验基础上的科学,是一门实验性科学。实验是化学学科的特点,也是化学学科生存、发展的基础,化学科学的生命力和动力,也是其最终的目的。

物质世界中的千变万化的化学现象都是通过化学实验观察到的,而化学学科中的一些学说和定理,既是在实验的基础上经综合、归纳而得到,也是在实验的鉴别中修正、发展而成熟的。可见实验在化学发展中具有特殊的重要作用。在历史上化学实验方法的作用表现在六个方面:澄清问题;发现新物质(元素及化合物);研制合成新材料、新物质;验证理论并提供依据;奠基化学学科的建立;推动科学的发展。

化学实验方法的创新、改进与创造发明关系极大,可以说化学上的每一次重大的发明创造,每一次重大的突破、发展和进步都与化学实验方法的创新、改进或变革密切相关。创新是化学进步的阶梯和源泉,没有创新化学就不会进步!而古今中外的著名化学家都是十分重视化学实验方法的创新与改进,并获得发现、发明和创造的。

化学实验对培养学生的创新意识、百折不挠的顽强进取精神,对增强学生的社会责任感和使命感,作用和意义均十分重大。

我们以国家级实验教学示范中心建设单位(安徽师范大学化学实验教学中心)

为依托平台,面向非化学类学生开设了化学实验赏析课程,旨在让更多的学生了解现今的化学与化学实验概况以及化学实验在国民经济和社会生活的作用。本书包括化学实验简史、化学实验对创新精神的培养和对人类社会的贡献、化学实验的基本操作、化学实验与生活、化学实验与生命、趣味化学实验、设计性实验等。课程反映了化学学科的知识与日常生活息息相关的内容,既开拓学生的知识面,优化知识结构,体现学科交融、文理渗透,又培养和提高学生的创新精神以及实践动手能力。

本书可作为高等院校非化学类文理各科的素质教育公选课教材,也可作为中学化学教师的教学参考书、大学生和中学生的课外读物以及社会各界了解化学实验与社会发展相关性的科普读物。参加本书编写工作的有翟慕衡(第一章)、王正华(第二章)、张莉(第三章)、杜俊(第四章)、魏先文(第五章)、承勇(第六章、第七章)。全书由翟慕衡统稿和定稿。

在本书的编写过程中,我们参考了许多文献资料(包括网络资料),在此,向参考资料的所有作者表示衷心的感谢!在本书的出版过程中,得到了安徽省教育厅优秀创新团队项目(2006KJ006TD)资助,编者表示深切的谢意。由于本书涉及面广,编者水平有限,再加上时间仓促,难免有错误和不妥之处,恳请读者和同行们批评指正。

编 者

2012年4月

目 次

前言	(i)
第一章 化学实验概述	(1)
第一节 化学实验简史	(1)
一、化学与化学实验	(1)
二、化学实验的发展过程	(7)
三、化学实验在化学学科中的作用	(18)
第二节 化学实验对人类社会的贡献	(24)
一、化学实验与人类文明和社会进步	(25)
二、化学实验与环境保护以及可持续发展	(26)
三、化学实验与新技术革命	(28)
四、古代中国在化学实验上的重大贡献	(34)
五、中国化学史上对世界的其他重要贡献	(36)
第三节 化学实验对创新精神及人才的培养	(40)
一、化学实验对创新精神的培养	(40)
二、化学实验在人才培养中的意义和作用	(46)
第四节 著名化学家与化学实验	(48)
一、国外著名化学家与化学实验	(48)
二、诺贝尔奖与化学实验	(65)
三、中国化学家与化学实验	(90)
第二章 化学实验规则、实验基本操作与仪器	(101)
第一节 化学实验常用仪器	(101)
一、基础仪器	(102)

二、天平	(109)
三、其他小型仪器	(116)
第二节 大型实验仪器简介	(120)
一、电子显微镜	(120)
二、X 射线粉末衍射仪	(124)
三、核磁共振仪	(126)
四、液相色谱仪	(128)
第三节 化学实验基本技能	(129)
一、仪器的洗涤与干燥	(129)
二、试剂及其取用方法	(131)
三、加热方法	(132)
四、物质的分离	(134)
第四节 化学实验室规则与安全	(138)
一、化学实验室守则	(138)
二、学生实验守则	(139)
三、实验室安全守则	(140)
第五节 误差及实验数据处理	(141)
一、误差	(141)
二、有效数字	(143)
三、数据处理	(144)
第三章 化学实验与生活	(145)
第一节 生活日用品与化学	(145)
一、洗涤用品	(145)
二、化妆品	(149)
第二节 服饰与化学	(153)
一、纤维	(153)
二、皮革	(156)
第三节 食品与化学	(159)
一、食品保鲜与化学	(159)
二、常见食品与化学	(161)

三、食品中的添加剂	(165)
四、饮用水消毒剂	(168)
第四节 居室与化学	(169)
一、常用室内装饰材料	(169)
二、常见居室污染	(172)
第五节 交通与化学	(175)
一、橡胶	(176)
二、汽车尾气的主要成分及危害	(177)
三、汽车尾气净化催化剂	(179)
第四章 化学实验与环境	(181)
第一节 化学与环境污染	(181)
一、大气污染	(182)
二、水体污染	(187)
三、废渣污染	(188)
四、室内化学污染	(189)
五、环境污染带来的灾难	(189)
第二节 污染控制化学与环境保护	(195)
一、气态污染物的治理	(196)
二、几种工业废水的处理	(201)
三、重金属污染物的治理	(202)
四、对二噁英的防范	(206)
第三节 可持续发展的化学	(208)
一、原子经济性	(209)
二、“绿色”化学	(210)
三、绿色生产技术	(211)
四、过程工业的绿色生产技术	(211)
第五章 化学实验与生命科学	(213)
第一节 生物体中的化学元素及功能	(213)
一、生命元素	(214)
二、有毒元素	(214)

三、几种金属离子的鉴定方法	(219)
第二节 化学实验与营养物质	(221)
一、蛋白质(Protein)	(221)
二、脂肪(Fat)	(228)
三、糖类(Sugar)	(230)
四、维生素(Vitamin)	(234)
第三节 化学实验与药物开发	(239)
一、止痛药(Anodyne)	(240)
二、麻醉药(Narcotic)	(241)
三、抗生素(Antibiotic)	(242)
四、心脑血管药(Heart Cerebrovascular Drug)	(243)
五、抗癌药(Anticancer Drug)	(244)
六、基因药物(Gene Drug)	(245)
七、中成药(Chinese Traditional Medicine)	(245)
第四节 化学实验与临床诊断	(246)
一、生命科学中的电化学分析	(247)
二、生命科学中的光化学分析	(249)
三、生命科学中的质谱分析	(250)
四、生命科学中的色谱分析	(252)
五、单分子与单细胞的光谱分析	(252)
第六章 趣味化学实验	(256)
第一节 化学魔术	(256)
一、神奇的瓶子	(256)
二、魔壶	(257)
三、水与火	(258)
四、火造纸币	(261)
五、会变色的花	(263)
六、化学振荡实验	(263)
第二节 化学侦探	(266)
一、指纹显现	(266)

二、酒精测试	(268)
第三节 化学游戏	(269)
一、踩地雷	(269)
二、粉笔炸弹	(271)
三、蛇形焰火	(271)
第四节 化学制作	(272)
一、用鸡蛋做的趣味实验	(272)
二、固体酒精	(274)
三、神奇暖手袋	(275)
四、水果电池	(277)
五、自制泡沫灭火器	(280)
六、化学“冰箱”	(281)
七、树叶电镀	(282)
第七章 化学实验设计	(286)
第一节 化学实验设计概述	(286)
一、化学实验设计概述	(286)
二、化学实验设计程序	(286)
三、化学实验设计内容	(287)
四、化学实验设计原则	(288)
五、化学实验设计方法	(289)
六、化学实验设计评价	(290)
第二节 化学实验设计案例赏析	(290)
一、物质合成制备实验	(291)
二、物质检验实验	(296)
三、物质分离提纯实验	(305)
第三节 设计实验	(308)
参考文献	(312)

第一章 化学实验概述

第一节 化学实验简史

一、化学与化学实验

1. 化学是研究物质变化的科学

化学是研究物质的性质、组成、结构、变化和应用的科学。世界是由物质组成的,化学则是人类用以认识和改造物质世界的主要方法和手段之一,它是一门历史悠久而又富有活力的学科,它的成就是社会文明的重要标志。从开始用火的原始社会,到使用各种人造物质的现代社会,人类都在享用化学成果。人类的生活能够不断提高和改善,化学的贡献在其中起了重要的作用。

化学是重要的基础科学之一,在与物理学、生物学、天文学等学科的相互渗透中,得到了迅速的发展,也推动了其他学科和技术的发展。例如,核酸化学的研究成果使今天的生物学从细胞水平提高到分子水平,建立了分子生物学;对地球、月球和其他星体的化学成分的分析,得出了元素分布的规律,发现了星际空间有简单化合物的存在,为天体演化和现代宇宙学提供了实验数据,还丰富了自然辩证法的内容。

2. 化学研究的目的

任何自然科学的最终目标都是要为人类造福,使人类生活得更美好,化学也不例外。所以化学研究的目的就是通过对实验的观察来认识物质的化学变化规律,并将这些规律应用于实际的化工生产中,以便人们从廉价而丰富的天

然资源中提取有用的物质和制备人工产品,从而满足社会生产和人们生活的需要。

从化学本身研究对象的特点出发,化学研究应该解决如下的问题:

(1) 保证人类的生存,解决人类粮食、能源、合理使用自然资源以及环境保护方面的问题,并做出自身的努力和贡献。

(2) 提高人类的生活质量,如合成新的材料、物质的净化和纯化等,使人类的衣、食、住、行的条件有大幅度的改善和提高。

(3) 延长人类的寿命,如探索并了解生命过程中的化学奥秘,合成新的药物等。

由于全世界人口的迅猛增长,地球上能够为人类所利用的资源,包括土地在内都是有限的。为了生存的需要,人们必须在有限的土地上生产出更多的粮食和农产品。化肥、农药的研究正是为此而发展起来的。

能源也是人类生存的必需要素之一,而自然界的石油、煤炭等矿物资源已日趋减少,如何合理而又综合利用这些能源,正是化学家孜孜以求的目标。原子能利用的关键也在于化学制备和处理,而进入电气时代的人类更需要化学家能提供更多的高效化学能源。

人类生活质量的高低,在很大程度上取决于新材料的诞生。化学家成功研制出来的高分子塑料就使人们走进了塑料时代;新型建筑材料和装潢材料的问世,又使人们的居住条件得到了改善;特种材料的研制成功,又使人类走向宇宙,开创了宇航时代。

人体中微量元素的作用正被化学家一一探明,新的药物一批又一批地被研制成功并合成,人类的寿命正在不断地延长,而且还会有新的突破。

随着工业的发展、人口的增多,人类赖以生存的环境也在受到越来越严重的污染。探明环境被污染的程度、制定保护环境的对策,又成为化学研究的重要内容。

总之,化学是一门使人类生活得更美好的学科。正如已故的著名化学家卢嘉锡先生所说:“化学发展到今天,已经成为人类认识物质自然界,改造物质自然界,并从物质和自然界的相互作用中得到自由的一种极为重要的武器。就人类的生活而言,衣、轻、重,吃、穿、用,无不密切地依赖化学。在新的技术革命浪

潮中,化学更是引人瞩目的弄潮儿。”

3. 化学学科的特点和研究化学的方法

化学是一门建立在实验基础上的学科,实验与理论一直是化学研究中相互依赖、彼此促进的两个方面。实验在化学学科中具有特殊的重要作用。实验是化学学科的特点,也是化学学科生存、发展的基础、生命力和动力,也是其最终的目的。化学是一门实验性科学,但同时必须要有正确的理论指导。

(1) 化学学科的特点是:化学学科是实验性很强的学科之一,化学总是非常强烈地依赖使用独具特色的实验技术手段而进行化学实验。

化学学科拥有并使用自己特定的概念、定律和理论,构成相互联系的复杂的多层次的庞大知识系统,并与其他自然科学学科区别开来。

化学学科有自己的一套科学语言,用来表征其特有的概念、定律和理论,如形式化的符号语言、形象化的图形语言(包括模型),以及两者的结合表示等。

化学学科具有较强的经验性,并由于化学科学的复杂性,所以其经验性较强,有一系列的经验公式、定律(理)。

化学学科实践性较强,与工业联系比较直接和密切。

(2) 研究化学的方法。化学方法是指从事化学研究的基本手段和思维工具。它既有自然科学研究一般方法的共性,又有化学研究方法的个性。

化学方法有多种,主要有化学实验、化学假说、化学模型、化学中的数学方法和化学逻辑,以及利用化学原理的理论方法等。人们在化学研究和教学中,除了使用科学仪器等物质手段进行实验外,还必须使用其他各种具有理性思维的化学方法。

在诸多的化学方法中,化学实验方法(主要是化学分析和化学合成)、化学模型方法(分子模型)和化学的分析综合法更具化学研究方法的特点。可以说,它们是化学研究的基本方法。

我们在强调实验的重要性的同时,并不否认理论指导作用的重要性。当有了正确的理论指导我们就可以迅速并且正确地完成所研究的课题。

化学方法的形成和发展是与化学学科发展的历史紧密相连的。化学的各个历史发展阶段均需要倡导和建立一定的研究方法与它相适应,而某种化学方法一旦形成,反过来又极大地促进了化学的觉醒和推动化学学科的进步。

4. 化学是一门实验性极强的科学

化学研究的内容为:① 合成新物质。这是化学研究的核心,是化学区别于所有其他科学的特色。② 分离、鉴定和表征。这是化学研究的主要内容之一。

从化学研究的内容看,化学实验方法在化学成为科学以来,是一直起推动作用的直接的重要方法,其他方法无论在化学上多么重要,也不能将实验方法取代。

实践是认识世界的基础,也是检验真理的最高和唯一的标准。毫无疑问,人们想要认识物质世界,必须实践。物质世界中千变万化的化学现象都是通过化学实验观察到的,而化学学科中的一些学说和定理,既是在实验基础上经综合、归纳而得到的,也是在实验的鉴别中修正、发展而成熟的。可见实验在化学发展中具有特殊的重要作用。在这个意义上,人们把化学科学看成是一门实验性科学。对于从事化学研究的工作人员来说,不论是搞应用化学的还是搞理论化学的,都应该高度重视化学实验,否则将无法正确认识化学世界。

5. 化学实验方法的特点

(1) 观察是化学实验成败的关键。任何实验方法都与观察方法有着密切的联系,观察是实验的基础,实验是观察的深入。在化学实验方法中,科学的、全面的观察尤其具有特殊的关键作用。“善于观察”是化学工作者的基本功。不仅要能观察到客观上变化多端的实验现象,还要能透过复杂的表面现象,看到和探讨事物内在的本质,更还要善于不断地抓住实验中的“异常现象”,加以分析和研究,才能够有所发现。

古今中外的化学家之所以有所发现,主要是他们能抓住观察到的自然现象、实验现象,深究不止,力图弄清楚其中之所以然。虽然现在有了很多先进的化学实验仪器,但我们仍然需要实验者在使用这些仪器时,观察并记录实验现象,在这些事实的基础上分析和研究问题。

(2) 环境因素是化学实验的重要条件。在做实验时,有时候会因为温度、压力等条件的不同,而得到完全两样的产品。因此,在化学实验中,有时会由于无意之中条件未控制好,而使得实验结果给人以某种假象。如果不能辨别出这些假象,将会导致错误的结论。这是应该尽量避免的。我们要会思考、分析和检验这种因素造成的问题。

(3) 经验是化学实验成功的有力基础。化学实验是通过人的双手去使用各种仪器设备与药品,装置各种复杂的仪器进行各种化学操作而实现的。实验成功与否和实验者的经验多少有着密切关系。所以,搞实验工作的人,不仅要善于总结自己的工作经验,也要注意主动吸取别人的工作经验。为此就必须熟悉文献资料的查阅,要掌握外文工具,有认真阅读各种科技杂志的习惯,有重视不断积累、整理资料的好习惯。

(4) 分析方法在化学实验中占有重要的地位。很多的结论和成果都是依赖化学分析而得到的。直到 19 世纪,化学实验仍主要以化学分析方法作为基本手段。进入 20 世纪,在分析化学中逐步采用了仪器分析的方法。通过仪器分析,不仅可以分析各种物质的组成成分,而且还能对物质的微观结构进行探测。

实验分析方法还是化学科学指导生产和技术的重要手段。如在钢铁工业中,要保证转炉炼钢的成功,就离不开炉前的快速分析。化学实验在现代环境保护中所起的重要作用,同样是通过分析手段实现的。

(5) 化学合成是化学实验方法的重要内容。化学的实验方法不仅能分析和分离、提纯、制取自然界中的常见化合物,而且通过合成方法能够仿制自然界存在的某些物质,还能进一步创造许多自然界中没有的物质。

从 19 世纪 20 年代维勒(Friedrich Whler)人工合成尿素以后,化学实验方法以合成天然有机物为重要目标,把人类对化学物质的认识和改造推进到一个新的水平,促进了化学的发展。到了今天,化学合成已经成为化学实验方法的重要内容,提高了化学实验方法的水平。现在世界上每年人工合成出的化合物有 100 多万种。在有机合成方面,不仅能合成橡胶、纤维、塑料等高分子化合物,而且还能合成蛋白质、核酸等生物大分子物质。

近几十年来,无机合成方面也取得了巨大进展。根据需要合成了一系列重量轻、强度高、耐热性能好的无机纤维,如硼纤维、碳纤维和氧化锆纤维等。还合成了不少种类的高温无氧陶瓷,如氮化硅陶瓷、氮化硼陶瓷等都能耐 1 600 ℃ 的高温。现在军事上所用的压电陶瓷,也主要是由钛酸钡通过实验合成的。人造地球卫星、宇宙飞船上所用的耐高温过硬材料,均是由上述各种陶瓷与金属、无机纤维等做成的复合材料。

化学实验方法中,由于合成手段的飞速发展,今天已经形成了一门重要的合成化学分支学科。合成化学实验使人们积累了无数的宝贵经验和资料,为化学理论的发展提供了丰富的素材。

(6) 化学实验方法通过移植而被不断更新。在化学实验方法中,不断引进其他学科的方法,使传统的实验方法改变了面貌。

近代物理学、数学、电子学以及激光技术、等离子技术、微波技术、真空技术、分子束技术、傅里叶变换技术和电子计算机的快速急剧发展,革新和发展了化学实验中的仪器分析方法。例如,由于应用激光红外光源和干涉仪,并借助快速傅里叶变换技术,红外光谱仪能把可测样品的灵敏度,由原来的毫克级提高到毫微克级。这种仪器被称为“分子的指纹”。而被称为“原子的指纹”的电子光谱仪与电子计算机联用,发展为现代各种的电子光谱仪,这类仪器具有分辨率高、多用或专用的良好性能。核磁共振仪,因为运用了超导和傅里叶变换技术,已经能够测定生物大分子和大多数元素原子核的核磁共振谱。电子计算机与分析仪器的联机使用,通过程序既可以控制仪器的操作,又可以进行波形的分解、基线的校准、背景扣除,并及时处理数据、显示分析结果等,从而大大提高了实验分析的灵敏度和准确度,实现了仪器的自动化和对样品的连续测定。

电子计算机的应用,还可以开展如快速反应动力学等新分析方法的研究。激光的应用,特别是激光作为光源,应用于原子吸收光谱、发射光谱、原子荧光光谱和分子荧光光谱等,引起了化学实验中分析方法的巨大变革。

化学实验中引进激光技术,还诞生了激光化学这门新的分支学科。它主要研究激光如何引发和控制化学反应。传统的化学实验方法,由于条件所限,很难探测复杂化学反应的微观过程。但自从引进激光以后,情况大变。利用激光形成的超短脉冲,能以非常快的速度在极短的时间内将分子激发到某一微观过程的初始状态,并对这一初始状态随时间变化的过程进行“快速摄影”。由此出现的“激光动态光谱”技术,目前已经广泛用于研究有机化合物中能量传递和转移过程,并揭示了分子的空间取向及其发生电荷转移的规律,为研究基元反应动力学提供了广阔的前景。把激光技术与分子束结合起来,形成的“激光分子束光谱”方法,可以研究分子的各种碰撞过程中进行的能量传递和化学键的断裂、生成等细节的微观反应动力学问题。

近几十年来,化学实验方法由于在分子水平上模拟生物在自然条件下进行的复杂化学反应,使实验具有快速、稳定和准确等特点。这种实验方法奠定了化学仿生学的基础,化学仿生学模拟生物体内的化学反应过程、物质输送过程,以及能量转换和信息传递过程。

二、化学实验的发展过程

自从进化出了人类,化学便与人类结下了不解之缘。钻木取火、用火烧煮食物、烧制陶器、冶炼青铜器和铁器,都是化学技术,或者说化学实验的应用。

1. 人类文明的起点——火的利用

在几百万年以前,人类过着极其简单的原始生活,靠狩猎为生,吃的是生肉和野果。根据考古学家的考证,至少在距今 50 万年以前,可以找到人类用火的证据,即在北京周口店北京猿人生活过的地方发现了经火烧过的动物骨骼化石。

有了火,原始人从此告别了茹毛饮血的生活。吃了熟食后人类增进了健康,智力也有所发展,提高了生存能力。

后来,人们又学会了摩擦生火和钻木取火,这样,火就可以随身携带了。于是,人们不再是火种的看管者,而成了能够驾驭火的造火者。火是人类用来发明工具和创造财富的武器,利用火能够产生各种各样化学反应这个特点,人类开始了制陶、冶金、酿造等工艺,进入了广阔的生产、生活天地。

2. 历史悠久的工艺——制陶

陶器是什么时候产生的,已很难考证,对陶器的由来,也说法不一。有人推测:人类最原始的生活用容器是用树枝编成的,为了使它耐火和致密无缝,往往在容器的内外抹上一层黏土。这些容器在使用过程中,偶尔会被火烧着,其中的树枝都被烧掉了,但黏土不会着火,不但仍旧保留下来,而且变得更坚硬,比火烧前更好用。这一偶然事件给人们很大启发。后来,人们干脆不再用树枝做骨架,开始有意识地将黏土捣碎,用水调和,揉捏到很软的程度,再塑造成各种形状,放在太阳光底下晒干,最后架在篝火上烧制成最初的陶器。

大约距今 1 万年以前,中国开始出现烧制陶器的窑,成为最早生产陶器的