

中国化工通史

古代卷

ZHONGGUO HUAGONG TONGSHI GUDAIJUAN

中国化工博物馆 编著



化学工业出版社

中国化工通史

古代卷

中国化工博物馆 编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书从大约公元前 5000 年制陶始,到 1860 年晚清洋务运动开始的前夕止,充分阐述了中国古代化工技术的发展历程。

本书分为两编:第一编 化工科技,从科技的角度(科学思想、科学方法、科学知识、科学精神)和采用与当时其他国家对比的方法阐述古代化工科技的发展历程;第二编 化工实业,从化工作为一个生产、流通、消费等的社会经济部门的角度,通过对几个典型化工行业产生和发展过程的历史追溯,揭示中国古代化工乃至整个中国古代工业的发展轨迹和内在动因。

本书适合从事化工相关行业及化工史研究的工程师、研究人员使用,同时适合化学工程、化工史相关专业的师生参考。



图书在版编目(CIP)数据

中国化工通史——古代卷/中国化工博物馆编著. 北京:
化学工业出版社, 2013.10
ISBN 978-7-122-18370-5

I. ①中… II. ①中… III. 化学工业—工业史—中国—
古代 IV. ①F426.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 210993 号

版权声明: 未经编著者中国化工博物馆同意, 本书的任何部分不得翻印或在互联网上传播。

责任编辑: 李晓红
责任校对: 顾淑云

文字编辑: 张 艳
装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

710mm×1000mm 1/16 印张 29¼ 字数 575 千字 2014 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 98.00 元

版权所有 违者必究

前言

► FOREWORD

对于“化工”、“化工技术”、“化工生产”这些名词，大家都不陌生。但是要精确地阐明其定义或描绘出它的形象，人们又会觉得不那么容易。因为化工与其他门类的技术一样，也有一个漫长、变化的历史。不同时期的化工具有不同的内涵，即其展示的内容在发展、在变化。人们对它的认识也有个渐进的过程。

科学是人类理解自然奥秘及其规律性的知识体系。技术则是人类应对周围环境的手段组合。有科学的指导，技术发展犹如顺水行舟。在科学诞生之前，为了生存和繁衍，人类已掌握某些应对环境的简单手段，因此可以说，技术在前，科学在后。由此就可以理解为什么化工技术在化学科学形成之前已存在于人类社会，并以“实用化学知识”这一冠名为化学科学的建设铺砖奠基。

技术具有双重性，既有自然属性，又有社会属性。所谓自然属性是指技术在一定自然环境中发明和发展，它的进步或改型都受自然环境的制约。同时它的活动也必然会对自然环境产生反馈和影响。所谓的社会属性，是指它既然是人类为了满足社会活动的需要而创造的应对环境的手段，那么它就要服从社会变化规律，特别是经济规律。由此可见，技术活动本身既是一个自然过程，又是一个社会过程。化工技术作为技术的一个组成部分，当然具有这种双重性。从这种双重性出发，可以将化工技术概括为主要是满足社会对物质的需求，通过改变物质的组成、结构和性能，实现化学运动人工化的手段。这些手段既包含物质变化的客观条件，又含有人类利用、控制、改造物质的主观能动性。前者包括设备、工具、原料等物质因素，后者包括经验、技能、科学认知等精神要素。

在历史的不同时期，上述物质因素和精神要素都会发生变化而有不同内涵或不同的展现形式。因此要深入地了解化工技术就必须了解化工历史。近代的化工技术是由古代的化学工艺演进而来的，化工技术发展的历史就是化工技术体系形成和不断更替的历史。

当代化工按照综合分类法可分为：从原料出发的燃料化工分支，从产品出发的无机化工、基本有机化工、高分子化工、精细化工等分支，还有从共同的过程规律出发的化学工程分支，以及从历史发展和横向联系出发的综论分支。若从这些内容去观察，古代除了制盐和染料外，几乎没有化工。其实根据化工生产的定义，自从人类掌握了人工取火并用火加工食材和物材后，化工技术就萌芽了，此后绝大部分

有关材料的生产和物质转变的生产都属于化工生产。冶金和陶瓷生产就是典型的化工生产。只是随着社会的发展，陶瓷生产逐渐壮大成整个无机材料生产的部门，冶金也囊括了一切金属材料的生产，都成为社会经济结构的重要支柱。无论从经济体系还是从社会工业结构来看，陶瓷、冶金都先后成为独立的生产部门，但就其生产技术的科学属性来看，它们仍然是化工生产。因此可以明确地说，中国古代有化工产业，而且在工业生产中占据主要的位置。

有人曾认为，近代化学作为一门独立的学科，直到 17 世纪以后才逐步明确起来，在 18 世纪末到 19 世纪初才奠定基础，在 19 世纪以后才逐步传入我国。所以在古代的中国，化学没有成为一个专门的学科，哪里会有什么化工技术。这里有一个概念被混淆了，那就是化学科学与化学认知是不能等同的。化学科学是人类的一种认知活动，这种认知活动的产物就是化学知识体系。近代化学的诞生是指这种知识体系的建立，而在此前化学现象普遍存在于自然界，人们对它的观察、研究、利用和实践，就是化学的认知在积累。所以古代化学就是人类利用化学变化，运用化学常识来创造物质的一种活动，通过这种活动取得能源，提高生产技能，加工制作化学产品，改善物质生活条件。因此，古代化学往往又称作古代工艺化学或古代实用化学，也可以说是化学工艺和技术的应用。在古代，对化学变化的利用，其意图、目的大致可分为两个方面：其一是创造新物质或加工改善天然物质，取得对人类生活有某种实用价值的产品，例如，陶瓷、钢铁、纸张、各种合金、丹剂等，这些并非是自然界存在的物质，而是人类通过不断总结经验，用化学手段制造出来的；酒、糖、盐、硝、医药、染料、香料、皮革则是人们通过对天然物料进行化学（或物理化学）加工取得的；其二是利用伴随着化学变化而同时发生的某种作用和力量（即释放出的能量），例如，燃烧柴薪、煤炭、石油可以获得大量热能，可用来烧煮食物、取暖照明或再用于化学加工；又如火药的爆炸反应可以产生巨大而迅猛的威力，既可用来杀伤敌人，又可用于爆破，从事开矿筑路。总之，所谓古代化学成就，概括地说就是先民在上述两个方面所获得的物质成果，并由此所做出的发明创造及总结到的技术经验（化工技术）和早期的化学认知。

为了更好地表述化工技术的自然属性和社会属性，本卷在叙述古代化工历史时，将相关内容分成两编：化工科技和化工实业。前者侧重于古代化工技术的内在发展脉络，后者则关注化工事业的状况及其与社会发展的诸多因素的互动关系。

本卷撰稿者：周嘉华（中国科学院自然科学史研究所研究员，中国科学技术史学会原秘书长）；王勇忠（中国科学院自然科学史研究所助理研究员，博士）参与第六章、第十二章、第十三章、第十六章、第十七章的编写；赵匡华（北京大学教授）提供指导和部分资料。

周嘉华
二〇一四年春

目 录

► CONTENTS

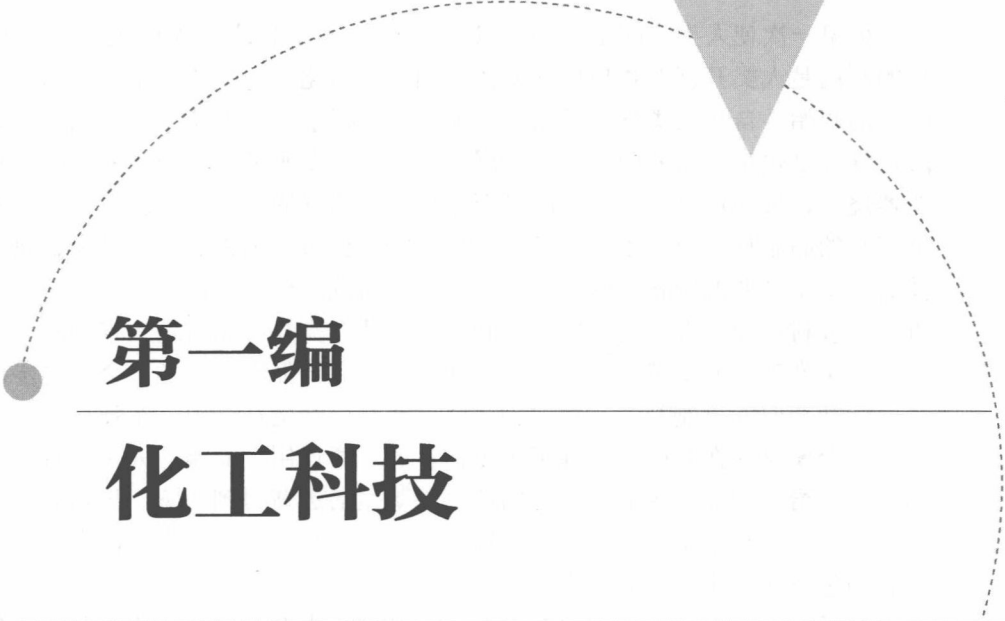
第一编 化工科技	1
第一章 瓷器——中国古代的伟大发明之一	6
第一节 制陶技术的发明及其历史意义	6
第二节 早期制陶技术及其产品的技术元素	8
第三节 从陶到瓷的技术进步	15
第四节 各种名瓷的技术剖析	20
一、著名的唐代色瓷	20
二、著名的宋代色瓷	27
第五节 明清制瓷技艺的巅峰状态	39
一、凸显民族风情的青花瓷器	39
二、争新斗艳的斗彩瓷器、五彩瓷器	42
三、吸收了外来技术元素的珐琅彩瓷器和粉彩瓷器	46
第二章 曾塑辉煌的铜合金技术	49
第一节 铜合金技术的源起	49
第二节 青铜的“六齐规则”	54
第三节 硫铜矿的冶炼及其工艺	62
第四节 中国首创的胆水炼铜技术	68
第五节 享誉中外的中国镍白铜	72
第三章 钢铁冶铸技术的中国特色	77
第一节 冶铁技术的出现和块炼铁的利用	77
第二节 生铁冶铸及其柔化处理技术的发明与应用	81
第三节 多种炼钢技术	86
一、块炼渗碳钢技术	86
二、铸铁脱碳钢技术	88
三、百炼钢技术	91

四、灌钢和苏钢技术	92
第四节 有特色的铸造、锻造及金属表面装饰技术	94
一、铸造技术	94
二、锻造技术和热处理技术	100
第五节 中国古代钢铁技术体系的特色	106
第四章 盐、硝、矾的制取——古代的无机盐工艺	109
第一节 湖盐从采捞到晒制的技术进步	109
一、从采捞到晒卤制盐的缓慢演进	109
二、解池养卤晒盐法的特色	113
第二节 海盐从煮熬到晒制的技术演进	115
一、早期淋煎法制盐的考古发现	115
二、淋煎法制盐技术的详实记载	116
三、海盐晒制技术的推广	121
第三节 井盐的开采和技术发明	124
一、井盐采制的起始	124
二、大口浅井的卤水开采	124
三、卓筒井的发明及其后的井盐采制	126
第四节 硝的识别和利用	130
一、古代诸硝的分辨、赋存及资源状况	131
二、硝的提纯	132
第五节 矾及其制取工艺	134
一、中国古代矾的种类及其鉴别	134
二、古代各种矾的制取或人工合成	136
三、矾化学的地位和作用	138
第五章 黑火药的发明和应用	140
第一节 黑火药发明的技术背景	140
第二节 黑火药的发明及其早期应用	143
第三节 明清时期的火药、火药武器的生产技术	150
第四节 火药发明的意义及其外传	158
第六章 造纸术——促进文明的重要技术	162
第一节 纸张发明前的记事材料	162
第二节 造纸术发明探究	164
第三节 蔡伦和造纸术的发展	168

第四节 迅速推广、遍地开花的造纸业	172
第五节 手工造纸技术的成熟	175
第六节 造纸术的西传	178
第七章 独树一帜的中国酿酒技术	179
第一节 酿酒技术的起源	179
一、人类模仿自然界发酵现象而掌握酿酒技术	180
二、曲蘖的发明	182
第二节 先秦时期的酒及其酿造技术	182
一、酿酒与农业	183
二、先秦时期的酿酒技术	185
第三节 黄酒技术的发展和定制	192
一、从散曲到块曲——大曲和小曲	192
二、《齐民要术》中的制曲、酿酒技术	193
三、黄酒技术的成熟定制	198
第四节 葡萄酒、果酒、露酒工艺的历史状况	205
一、葡萄酒工艺的发育不良	205
二、果酒、露酒及蜜酒的历史记忆	207
第五节 白酒酿造技术的成熟	210
一、元代蒸馏酒的技术描述	211
二、元明时期蒸馏酒技术的发展	213
第六节 中国传统酿酒技艺的特色	214
第八章 砷和锌的早期实验研究及其成果	216
第一节 中国古代是否曾炼得单质砷的实验研究	216
第二节 源于炼丹术的砷铜合金	218
第三节 锌黄铜的历史	220
第四节 金属锌的冶炼	223
第九章 重化工业的发展	232
第一节 建筑材料(砖瓦、玻璃)的制造	232
一、建筑砖瓦的演进	232
二、中国的特色玻璃	236
第二节 金、银、汞、锡、铅等金属的冶炼技术	239
一、金的识别、提纯及常见的加工技术	240
二、银的冶炼	243

三、炼汞技术	246
四、炼锡技术	248
五、炼铅技术	250
第三节 燃料化工(煤、石油、天然气)	252
一、煤炭的开采和利用	253
二、石油、天然气的开采和利用	256
第十章 轻化工业生产技术的发展	262
第一节 食用化工——油、糖、醋、酱的生产技术	262
一、油脂加工技术	262
二、食糖的制取技术	265
三、食醋生产技术	272
四、制酱技术	279
第二节 日用化工	283
一、染料	283
二、颜料	286
三、油漆	288
四、香料	292
五、化妆品和洗涤剂	296
六、皮革工艺	298
第十一章 化工单元操作及相关的设备	301
第一节 陶瓷窑炉的演进	301
第二节 冶金炼炉的发展	309
第三节 古代的鼓风技术	317
第四节 从炊蒸到蒸馏、升华的技术发展	322
第五节 炼丹术中的化工单元操作	327
第二编 化工实业	333
第十二章 历史视野中的盐业变迁	337
一、先秦时期的盐业	337
二、早期的盐业官营专卖	338
三、专卖制度的松动和有控制的民营	341
四、官商双轨运销制度的强化	345

五、盐业管理的加强和盐政的调整	347
第十三章 中国古代矿冶业与社会经济	352
一、青铜业的全盛时期	352
二、冶铁业专卖的初貌	355
三、大一统的隋唐的矿冶业	359
四、半官半民的宋代矿冶业	362
五、从明代的官民博弈到清代的招商承办	366
第十四章 古代陶瓷业的历史演进	371
一、早期制陶技术的功能放大	371
二、瓷器从原始到成熟的漫长之路	373
三、瓷业中的官窑、民窑绽放	376
四、透过景德镇看元明清瓷业	381
第十五章 酒业和酒政的历史变迁	390
一、第一个禁酒令前后的酒业	390
二、榷酒政策的伊始	392
三、酒政宽松的隋唐酒业	394
四、强化酒税的两宋酒业	395
五、逐渐规范酒政的明清酒业	398
第十六章 由纸牵头的文房四宝与传统文化	403
一、纸张的运用促进两汉文化进步	403
二、纸业的兴旺发达与唐宋的文化昌盛	406
三、文房四宝业的盛况	411
第十七章 影响深远的几种化工产品	418
一、在经济发展的波浪中漂浮的钱币	418
二、走出国门的文化使者：瓷器	424
三、让节庆的天空更美、更亮的烟火	429
四、小结	435
古代化工大事记	437
后 记	456



第一编

化工科技

火第一次使人类支配了一种自然力，从而最终把人和动物界分开。可以说，火的利用是人类开创对物质化学变化认知和利用化学变化从事生产运作（化工生产）的起始。自从人类学会了用火，就逐渐掌握了改变物质化学性能的一系列手段，这就是化工技术的萌芽。凭借用火的烧烤，发明了陶器制作，并由此延伸出瓷器烧造、玻璃熔制、砖瓦烧成乃至品目众多的硅酸盐化学工艺。烧陶过程中发展起来的高温技术及与耐火材料、造型材料打交道所积累的经验又为金属冶炼和铸造提供了必要的准备，随后人们就发展起冶炼熔化各种矿石的冶金技术。随着青铜合金材料和铁合金材料的生产和应用，使人类社会先后进入青铜时代、铁器时代。生产工具的变革极大地提高了社会生产力，促进了人类社会的进步。人类从原始社会向奴隶制社会、封建制社会过渡和由野蛮社会向文明社会前进，金属工具和金属材料在其中都发挥了不可估量的重要作用。原始的采集、狩猎经济也随之让位给农业和畜牧业，定居的群聚部落生活逐渐得到改善。伴随农业和畜牧业的发展，多种手工业生产部门日臻完备而开始独立，像制陶、冶金、酿造、制革、染色等化工生产单元就在其中。

有了陶制容器，就可以盛储液体一类的物质，特别是人类生存的最重要生活资源。水的储备和应用，对于保障和提高生活的质量，其必要性是无庸赘述的。在陶制容器里酿酒、制醋、做酱，不仅改变及提高了人们的生活质量，还发展出以生物化学变化为核心的酿造技术。硅酸盐化学工艺和冶金技术的发展及酿造、制革、染色等诸多工艺所展示的成果，使人们确信物质化学变化的深奥和无穷。在追求财富和奢望长生不老的欲望支撑下，人们把妄想的空间鼓吹得很高，中国的炼丹术和西方的炼金术就是在这样的背景下出现的。尽管炼丹（金）士们做了许多荒诞的试验，但是毕竟是古代探索物质变化奥秘的一种化学实践活动，在误打误撞并付出一些惨重的代价后，也在合成医药和冶金化学工艺及认知许多物质的化学性质上有了许多收获，特别是蕴育出黑火药、合成医药等伟大发明，并促进和领引了金属化学、医药化学、无机化学、有机化学等学科发展。总之，古代的先民早期应用的化工技术逐步发展，并渗透到社会生产、生活的诸多领域，构成了内容丰富的化工生产部门和项目，并为化学科学的建立奠定了知识的基础。

世界各文明古国大多在奴隶社会就有了化学工业。从考古资料来看，中国和有的地区的先民从事化工生产还要早些。不同的地域有不同的资源、环境及人文背景，因此早期的化学工业从布局到生产技术、产品特色也会有所差异。在不同的发展道路上，各有所获，都在世界化工史上留下了自己的印迹，对世界文明的进步作出了自己的贡献。历数中国古代的化工技术及其成就，大家都公认其曾塑造的辉煌，在世界化学、化工史上都有着突出的表现和重大影响。但是，在本书中很难做到详尽和面面俱到，下面只列举己是人所共知的几例。

在烧造陶器的技术基础上，中国先民发明、创制了瓷器。细致的瓷质和艳丽的

釉色使精美的瓷器成为中外文化交流的珍品，西方贵族和名士对中国名瓷的追捧达到了痴迷的程度。这从丝绸之路，特别是海上的丝绸之路运送的货单可知一二。中国的瓷器蜚声国外，也可从欧洲的许多博物馆陈列、收藏的中国古代瓷器中略见一斑。

出土的大量商周、春秋战国时期的青铜器，以其种类繁多、造型复杂、花纹繁缛，展示了当时中国青铜冶铸的高超技术水平。不仅合金的配比、熔炼有了类似“六齐规则”的经验总结，而且铸造还有陶范铸造、失蜡法铸造、叠铸等工艺技术的配合。使中国古代的青铜冶铸工艺的高超水平和它们的精美产品赢得了世界的赞誉。

中国先民掌握冶铁术虽然晚于西亚某些地区，但是有了高水平的青铜冶炼所提供的高温炼炉技术，在知晓了块炼铁法后不久，就发明掌握了生铁冶铸技术。为了克服生铁的脆性，人们又发展出多种生铁柔化处理技术，生产出韧性可锻铸铁、灰口铁、麻口铁等，使铸铁成为生产工具和手工工具的主要材料。稍后，又在生铁冶铸的实践中，先后掌握了块炼渗碳钢技术、铸铁脱碳钢技术、百炼钢技术、灌钢和苏钢技术，使炼钢有了多种方法。就是这样，中国古代走出了冶铸钢铁有特色的发展道路，形成了一个以生铁为本的钢铁冶铸加工体系。钢铁材料的广泛应用，促使中国的封建社会迈进了真正的铁器时代，并使高度发展的封建经济在很长一段时间里维系在世界领先的水平。

食盐是人类生活不可或缺的重要物质。居住在海边的人食用海盐，居住在内陆的群体食用湖盐或井盐及土盐。总之，食盐的供需和制取各有其道。正因为食盐被视为关系生命的重要资源，从氏族部落到国家政权对它的占有和控制都被列入权力范畴。中国在夏商之前，似乎许多原始公社部落都围绕着运城的解池周边而聚居。汉代立国后首先对盐业实行国家控制。从此以后，盐税一直成为国家经济的命脉之一。食盐的生产无论是采集、煎熬，还是后来的晒制，一直为统治者所关注。将海水制成卤水再进一步煎熬成盐曾是海盐古老制法，直到唐宋以后，人们才学会在海边晒制盐。制盐技术的进步虽然缓慢，但都是自己在实践中逐步发展起来的。在古代井盐生产中，从大口浅井采卤到卓筒井采卤，中国先民有重大的发明创造。这就是发明卓筒井，采用了“圜刀”（即钻头）和套管隔水装置的汲卤筒，开创了西方冲击型顿钻凿井的技术先河，也可以说是现代石油钻井之父。

名目繁多的硝和矾（主要是金属的硫酸盐）及多种硫化物（例如，雄黄、雌黄、硫黄等），也是古代人们在日常生活中经常打交道的物质。染色、净水、制药都常使用它们。特别是在炼丹的试验中，被认为有奇能，并具有接近黄金色的硫；能促使化学反应激烈进行的焰硝，都为炼丹家所赏识。就在以硝、硫、炭为主体的混合伏火试验中，炼丹家发明了黑火药的配方。黑火药及其配制的火药武器在军事上发挥的威力，使战争由冷兵器时代过渡到火器和冷兵器并用的时

代。当火药武器传到欧洲，并被新兴的资产阶级用来摧毁封建的城堡后，其对世界历史进步的杰出贡献得到了认同。历史学家一致推荐黑火药的发明为古代中国科技的四大发明之一。

造纸术作为中国古代的伟大发明早已得到认同。在丝麻的漂絮加工中会得到一层残絮交织的薄片，正是由此得到启发，中国先民在汉代就发明了造纸术。多处出土的西汉古纸印证了这一结论。但是早期的纸片仍较粗糙，不能取代简牍等记事材料。蔡伦等扩大了原料的来源，提高了纸张的质量，使造纸术得到发展。到了晋代，纸不仅成为官方文件的载体，而且开始在民间通用，简牍文献从此基本绝迹。随着造纸技术的提高，继麻纸之后，人们又生产出皮纸、藤纸、竹纸、草纸及纸张加工的新手段。纸张与其般配的笔、墨、砚构成的“文房四宝”成为中国传统文化的载体。有了纸张，才可能发明雕版印刷-活字印刷。印刷术在文明史上的巨大作为是以造纸术作铺垫的。

模仿自然界的发酵现象，世界各地的人们先后掌握了酿酒技术。由于地域环境和资源原料的差异，各地酿造出各具特色、风格迥异的发酵原汁酒。在12世纪后，蒸馏技术被陆续引入酒类生产，产出了以白兰地（以葡萄和其他水果为原料）、威士忌（以麦芽和谷物为原料）、朗姆酒（以甘蔗糖蜜或蔗汁为原料）、伏特加（又名俄得克，以小麦、大麦、马铃薯、糖蜜为原料）、金酒（在食用酒精中加杜松子和其他香料蒸馏而成）、中国白酒为主流的蒸馏酒。在这些酒品中，中国的黄酒和白酒不仅有着自己独特的酿造技艺，而且在酿酒机理的探索中，中国传统酿酒技艺的丰富经验和实践技巧为近代微生物工业的建立和发展及现代生物技术的诞生提供了最大的支撑。中国酿酒工艺独树一帜的鲜明证据，就是发明了酒曲和对酒曲的巧妙运用。酒曲是一类多菌多酶的微生物制品，它培育并丰富了酿酒中优化了的微生物菌系。中国先民一直把生产出优质曲作为酿酒的关键。与此相配伍，中国先民还创造了开放式与封闭式相配合的发酵技巧。

有的中国学者曾认为，中国炼丹家约在公元4世纪在炼丹试验中最早制得单质砷。经过模拟实验的考查，此结论尚待进一步研究。但是，大量史料表明，至迟在宋代中国炼丹家已取得并认识元素砷了。早于欧洲一些化学史家曾提出的，13世纪德国炼金家马格勒斯（A.Magnus，1193—1280年）于1250年用雌黄与肥皂共同加热而制得单质砷。还有一点是可以肯定的，中国炼丹家通过对三黄（雄黄、雌黄、硫黄）的大量试验，获得了丰富的元素砷的知识。他们很早就炼得了色似黄金、白银的砷铜合金就是明证。早在新石器时代晚期的文化遗址中，就出土有锌黄铜的残片。这并不表明先民已能有意识地炼得锌黄铜。由于金属锌的特殊性质，可以认为，锌是古代最难冶炼的金属。确凿的考古资料表明，世界上最早冶炼出金属锌的是亚洲的两个大国：中国和印度。他们的炼锌技术又各有特点，表明他们是各自独立地发明炼锌技术的。

中国古代的化工技术与中国高度发展的封建经济一样，一度处在世界的前列。正如英国科学史家李约瑟（J.Needham, 1900—1995 年）所说，中国科学“在公元 3 世纪到 13 世纪之间保持一个西方所望尘莫及”的水平。其诸多的发明创造，对于人类文明的进步曾有不容忽视的促进作用。然而，在化工技术所依赖的化学认知上，注重实用的技术传统仍使我们的祖先停留在实践经验的总括水平，只知其然，不知其所以然。古代关于物质变化的阴阳说和五行说，直到明末仍然没有得到科学的提升。在西方的欧洲，借助于传播而来的东方文明，特别是中国的三大发明（印刷术、指南针、黑火药），新兴的资产阶级先后通过文艺复兴、宗教改革、思想解放等一系列运动，冲破了宗教神学对人的思想的禁锢，开阔了视野，意识到人的价值和人的尊严，迎来了欧洲学术的复兴，创造了改变整个人类历史进程和人类生活的近代科学，并开启了近代文明的序幕。

近代自然科学是古代科学的继承和发展，但两者有着本质的区别。古代科学，包括古代希腊、中国、印度和中世纪阿拉伯的科学，基本上处于现象的描述、经验的总结和猜测性的思辨阶段，主要是以直觉和零散的形式出现的；而近代科学则把系统的观察和实验同严密的逻辑体系结合起来，形成以实验事实为根据的系统的科学理论。从哥白尼的天文学革命到牛顿力学的建立，可以说是人类认识自然的历史中第一次理论的大综合。与此同时，英国化学家波义耳提出了化学元素的概念，直到法国化学家拉瓦锡（A.L.Lavoisier, 1743—1794 年）提出氧化理论，完成了一次“化学革命”。继之而来的工业革命，是人类历史上在使用金属工具之后的第一次技术革命，它发端于纺织工业的机械化，以蒸汽机的广泛使用为主要标志。英国工匠瓦特改进的蒸汽机是应用了英国物理学家在潜热方面研究的成果。这次技术革命使社会生产力空前高涨，使人类从农业和手工业时代进入以大机器生产为特征的工业化时代。

生产机器需要钢铁，促进了冶金技术的发展。带动机器运转需要燃料，人们加强了对煤和石油的综合开发。纺织业的发展，带动了漂白、染色技术的研究。总之，工业革命也促使化工产业面目一新。在近代科学的辅佐下，化工技术获得迅速的提高。相形之下，包括化工技术在内的中国科学技术被远远地抛在后面。19 世纪，英、美、法、德等国相继完成了工业革命，经济得到迅速增长。为了扩展市场，争夺殖民地，他们用“坚船利炮”轰开了闭关自守的中国大门，自诩为“天朝王国”的清朝统治者被迫签下了丧权辱国的条约，中国沦落到半封建半殖民的境地。也在这个时期，一些有识之士才认识到中国的落后，落后就会被人欺，于是被迫接受近代的科学和文明，开始了西学渐进，洋为中用，西方的近代科学知识、先进的技术陆续在中国得到传播。然而，西方殖民者对中国的虎视眈眈和疯狂掠夺，加上清政府的懦弱和无能，近代科学和技术在中国的推进也是步履维艰。直到 1840 年的鸦片战争以后，中国历史才开始了近代史的历程。

第一章

瓷器——中国古代的伟大发明之一

陶器是人类利用化学手段创制的第一种人工制品。制陶技术是人类继掌握取火、用火技术之后，又一项对于人类社会进步有着重要影响的关键技术。

陶器烧制的一般过程是选择好制陶的黏土，将其用水湿润成具有一定可塑性的土团，再将其塑捏成一定形状，干燥后用火烧烤加热，使之烧结成为坚硬的陶器。由柔软的黏土通过自然力（火）变成了坚硬的陶器，这是一种质的变化。用现代的科学术语来讲，陶瓷技术是指将黏土一类的物料，经高温处理变成坚硬有用的器物的技术。黏土是某些岩石（如云母、石英、长石、方解石）的风化产物，由高岭土、多水高岭土以及硅、铝、铁、钙、镁、钠、钾等金属氧化物、多种有机物所组成，在高温烧成中，黏土发生了一系列复杂的化学变化，包括失去结晶水、晶形转变、固相反应以及低共熔玻璃相的产生等。低共熔玻璃相的产生使松散的黏土颗粒团聚在一起，形成一种多晶聚集体，从而使制品变得更加致密并具有一定的强度。所以，从广义上来说，陶瓷的烧制是一种化学过程，是人类历史上最早从事的一项化工生产。

第一节 制陶技术的发明及其历史意义

陶器的出现是人类认识自然、适应自然、改造自然过程中取得的首批重要成果。陶器烧制与石器、木器、骨器的加工不一样，后者只是改变了自然物的形状，没有改变它的质地。前者则是以自然物为原料，通过高温化学反应而创制出的新材料，不但改变了自然物的形状，也改变了它的本质。高温将黏土制品变得像石头一样坚硬，故后人称其为新石器。

陶器的出现是人类跨入新石器时代的重要标志。陶制器皿由于赋形随意，制作简单，较之石制、木制、骨制的器具，不仅加工较容易，而且原料丰富，比比皆是，因此制陶的发展有较好的资源基础。早期的陶制器皿按用途可分为：汲水食用的杯、碗、盆、豆、壶、孟等；烹食用的釜、罐、甑、鼎等；用作储藏器的瓮、坛、尊、缸等。这些陶制容器和饮食器使食物的储存和食用，特别是水和液态食品的储备和饮用方便多了。陶制的烹饪器和陶制的炉灶使熟食的方式进一步突破了单纯烧烤形

式。陶器的出现使人们更多地使用煮、蒸的技巧来加工食物，不仅丰富了饮食的内容，而且由于煮蒸的食物便于食用和消化，利于营养成分的吸收，这无疑对人类体质的增强和大脑发育都是很重要的。

黏土中的主要化学成分是氧化硅和氧化铝，其次才是少量的钙、镁、铁、钾、钠等多种金属氧化物及某些有机物。故陶瓷器皿属于硅酸盐无机材料的一类。这种材料具有耐火、抗氧化、不易腐蚀、不溶于水等性能，因而在通常的自然环境中，大多可以长期地保存下来。据此，在许多有背景的地层的地层中，包括那些史前时代人类的聚集遗址中往往会留存有许多陶瓷器及其碎片。通过对出土古代陶瓷器及其碎片的科学研究，就可以了解古代社会（包括史前社会）的经济、文化及物质生活水平。所以考古学上常把出土的陶瓷器作为考察判断地层或墓葬的年代的依据，陶瓷器也成为衡量当时文化的元素之一。古陶瓷器及其烧制技术的研究对于历史学、科学史和文化史都是十分重要的。

关于陶器的发明，中国古代文献中曾有多种记述。例如，李耳（即老子）《道德经》说：“埴埴以为器，当其无有，器之用。”这可能是最早的言陶文献。《古史考》说：“神农对食谷，加米于烧石之上食之。黄帝时有釜甑。”宋人高承所撰《事物纪原》述：“《周书》曰：神农作陶。《尸子》曰：夏桀臣昆吾作陶。《吕氏春秋》亦曰：昆吾作陶。高诱云：昆吾，高阳后，吴回黎陆终之子，为夏伯，制作陶冶，埴埴为器也。然黄帝时有宁封人为陶正，则陶始于炎帝明矣。”《周礼·考工记》谓：“有虞氏上陶。”众说纷纭。古人大多是根据传说或推测，提出了自己的看法。为了迎合当时人们崇敬祖先和能工巧匠的心理，他们极力把陶器的发明归于某些传奇式的理想人物，例如，燧人氏、神农、轩辕、有虞氏、宁封、昆吾等。对这些文献所陈述的观点，只要作认真的分析，不难辨其谬误之处。

当代研究制陶技术的起源主要依靠考古发掘的资料和对出土陶器及其碎片的科学检测。例如，1947年美国化学家利比（W.F.Libby，1908—1980年）发明了通过稳定元素碳和天然放射性同位素碳十四相对含量的测定，就可以准确算出这一样品死亡至今的时间，因而在考古学上更准确地测定包括陶、瓷器在内的许多文物的年代。又如1958年德国物理学家穆斯堡尔（R.L.Mossbauer，1929—）发现通过 γ 射线的无反冲共振吸收研究固体微观结构的谱学技术，即穆斯堡尔谱分析法，可以用来分析古陶瓷的烧成火候，推算烧造年代。这些科学手段部分克服了缺乏文字记载的困难，使人们研究古陶瓷能获得较科学的结论。

根据对世界诸多地区出土陶器的科学研究，可以认为陶器的出现在世界上至少已有万年的历史了（据近日某报刊报道，北京大学学者对一批江西省万年县仙人洞遗址发掘的古陶器进行测定，确认其年代为2万年前）。首先，古人在生活中认识到黏土经水湿润后是可塑成型的；又在用火的实践中，认识到成型的黏土经火烧烤后变得坚硬。认识黏土的可塑性和耐火性、烧结性是制陶技术发明的认知前提。陶