

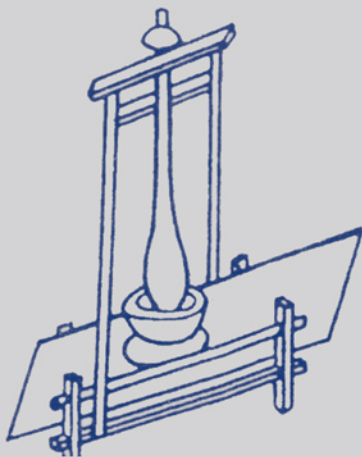
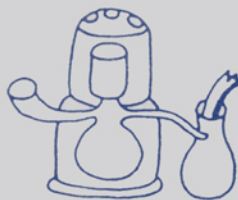
中国读本



中国古代化学

赵匡华 著

中国是世界上文明发达最早的国家之一，各民族的祖先世代辛勤劳动、艰苦奋斗，共同努力创造了灿烂的古代科学文化，为全人类的文明与进步，作出了巨大的贡献。在化学领域中也曾有广泛的开拓，奉献出了才智，做出了不少意义重大的创造发明。



中国国际广播出版社

赵匡华（1932~ ），浙江杭州人。1955年毕业于北京大学化学系。北京大学化学学院教授。50多年来一直从事分析化学和化学史的教学与科学研究并指导研究生。曾担任中国科学技术学会常务理事、化学专业委员会主任12年。化学史方面的专著有《化学通史》、《中国科学技术史（大丛书）——化学卷》、《中国炼丹术》、《中国化学史》（古代卷与近现代卷，合著，主编）等。

中国读本
中国古代化学

赵匡华 著

中国国际广播出版社

目 录

序 言	1
第一章 中国古代烧陶制瓷中的化学成就	7
一 中国制陶工艺的演进和化学成就	8
二 中国的古瓷及其化学成就	21
三 中国古代独立创制的玻璃	34
第二章 中国古代冶金中的化学成就	39
一 铜和青铜冶炼中的化学	40
二 中国古代首创的胆水冶铜	47
三 黄铜与金属锌的冶炼	49
四 中国古代独特的两种白铜	54
五 中国古代多种多样的钢铁冶炼工艺	57
第三章 中国炼丹术和制药学中的化学成就	65
一 漫谈中国炼丹术的理论思考	68
二 中国炼丹术中的实验设备	75
三 中国古代丹药化学的成就	81
四 硝石、硫磺与火药的发明	89
第四章 中国古代盐和糖的化学工艺	99
一 中国古代对食盐的开采与加工	100
二 中国古代的饴糖与蔗糖加工	113

第五章 中国古代酿造化学的成就	123
一 中国古代的酿酒化学	124
二 中国古代醋和酱的酿造化学	132
第六章 中国古代的染料与色染的化学成就	141

序 言

中国是世界上文明发达最早的国家之一，4000 多年前就发明了文字。这个由 50 多个民族组成的大家庭，由于各民族的祖先世代辛勤劳动、艰苦奋斗，共同努力创造了灿烂的古代科学文化，为全人类的文明与进步，做出了巨大的贡献。在化学领域中也曾有过的广泛的开拓，奉献出了才智，做出了不少意义重大的创造发明。

在古代，化学还没有成为一门独立的学科（近代化学科学是在 18 世纪末到 19 世纪初才奠定基础。19 世纪以后才逐步传入我国），当然更没有现代化学科学研究的模式。人们只是通过社会实践，在与自然界打交道的过程中，先是偶然接触到各种化学变化，逐渐了解它，利用它，并在利用它的过程中，逐步提高了对它的理解，并又进一步较自觉地扩大对它的利用。所以古代的化学就是人类利用化学变化，运用化学常识来创造物质力量的一种活动，以提高生产技能，改善物质生活条件。所以古代化学往往又称作古代工艺化学或古代实用化学。在那时，对化学变化的利用，其意图、目的一般有两个方面：其一是创造新物质，自然界原来没有的许多东西，人们可以通过化学变化有意识地进行创造，例如陶瓷、钢铁、纸张、某些医药就是自然界中不存在的，而人类不断总结经验，逐步都把它们大量地制造出来了。另一方面是利用伴随化学变化同时而发

生的某种作用和力量，例如燃烧柴薪、煤炭、石油可以获得大量的热能，可用来煮饭、取暖或再用于化学加工；火药的爆炸反应可以产生巨大而迅猛的破坏力量，既可用于攻击敌人，又可用于爆破，开矿修路。因此，所谓古代的化学成就概括说就是那时的人类在这两个方向上利用化学变化所取得的物质成果，所做出的创造发明以及他们总结出的经验和知识，当然也包括他们所初步摸索到的一些化学变化的规律，即原始的化学思想。

我国各民族的祖先大约在距今 50 万年到 100 万年前，或早或晚地掌握了火，即开始利用火，并学会了敲石取火、钻木取火。这可是人类进步史上一件划时代的大事，它是人类有意识地利用化学变化的开端。

大约在距今一万年到七千年的时候，我们的祖先在使用火经历了几十万年以后，摸索到了烧陶的技术。这种人工的制品可算是人类用化学手段制造出的第一种自然界不存在的物质。他们用陶制作了贮水器、提水器、贮粮器、煮食器，推动了农业的发展，开始过起了比较安稳的定居生活。

接着，我们的祖先又逐步学会用陶质的坩埚熔炼金属铜和青铜，步入了使用金属的时代；与此同时，他们又逐步学会利用陶釜和曲蘖（niè）来酿造粮食酒，开始利用自然界微生物的发酵化学过程。在此基础上，冶炼铅、锡、汞、白银、生铁、钢、锌以及一些合金的冶金化学工艺陆续出现了；酿醋、制饴、造酱、作酪等等发酵食品化学工

艺也都取得了成功；而在制陶的基础上，我国的先民又扩大利用这种化学手段首创了制瓷工艺，那些幽雅、瑰丽的瓷品，很快蜚声中外，成为我国古代文明和民族艺术的象征。此外，他们在追求物质生活的同时，也在不断美化和丰富自己的精神生活。他们寻求到了许多颜料和染料，用来美化服饰、器物、建筑，于是发明了矿物颜料和植物染料的化学加工，并在色染和漂洗过程中逐步利用了化学手段，例如媒染和造胰。而为了更有效、更广泛地传播文化知识，我们的祖先又在世界上最早地发明了造纸术。

我国先民在广泛利用化学手段改造自然、创造新物质的同时，一些先哲也曾试探对自然界中千变万化的现象做出理论上的解释。他们曾提出：“五行学说”，认为水、火、木、金、土是构成万物的五种基本材料，或者说五种基本要素，而这五种要素相互之间又有循环相胜与循环相生的关系；他们还相信，可以把各种事物分为“阳”与“阴”两大类，而阴阳的相互依存与相互制约则是事物发生、发展、消长、转化和产生出新事物的动因。这种统摄一切的“阴阳五行学说”也可以说是中国古代朴素的化学观。

总之，我们的祖先在化学工艺上的广泛探索，极大地推动了生产的发展，而且使自己的生活日益丰富多彩。

当然，他们在试图广泛利用化学变化改造自然的时候，也难免走错了路，发生了偏差，例如他们中的一些人曾试图利用化学手段修炼出可令人长生不死的丹药，兴起过炼丹术活动，最后当然失败了，目标没能实现。但是这种

“误入歧途”也会得到某些有益的教训或意外的收获，例如长生仙丹没能合成，却制造出了许多化学制剂，有一些是祛病疗疾的良药，大大丰富了医药的宝库，并推动了医药化学的发展；由于他们在这项活动中，进行了大量的化学实验，观察到了很多化学变化，又发明了一些化学试验仪器和化学试验的操作方法，这些化学知识和化学制剂后来传到了阿拉伯，又从那里传向了欧洲，终于在 18 世纪被正确地运用，而发展成为近代的化学；特别是他们在付出了很大代价后，发明了火药，这项意外的收获及其以后的发展对人类社会的进步起了难以估量的巨大推动作用。

这就是我国古代化学成就的一个粗线条的轮廓。这本小册子将用史话的笔法，把这些化学成就中最主要的方面做个简要的描述，希望它将激励我们今人，振奋精神，立志图强，建设今天，并创造更壮丽的未来。

第一章

中国古代烧陶制瓷中的 化学成就

中国是世界闻名的陶器古国，瓷器则更是我们祖先的一项伟大发明，被视为中华民族古代文明的象征。其精湛的制作技艺、悠久的发展历史和独有的民族特色以及清幽淡雅、姹紫嫣红的彩釉和彩绘，在世界上都是罕见的。它们既是我国古代灿烂文化的重要组成部分，也是人类文明史上的一个重要研究对象。在陶瓷工艺中，陶土、瓷土的选取与精制、陶瓷的焙烧技艺、各种釉料的选配、釉质烧制的火候与气氛的掌握以及瑰丽色彩的成色机理等一系列问题都与化学有密切的关系。所以，古代陶瓷工艺是早期化学工艺的重要组成部分，其中蕴藏了丰富的原始化学知识，可以说是古代人类探讨化学的先声。

一 中国制陶工艺的演进和化学成就

大约在距今一万年 before，中华民族的各个文化发源地先后过渡到新石器时代。这时的经济生活已不仅是采集和渔猎，而且出现了原始的农业和畜牧业，人们开始过起较安稳的定居生活。生产的发展与生活的提高都需要更多更好的工具和器皿，如烹饪器、提水器、粮食贮存器以及像纺锤、纺轮之类用石料不便磨制的工具。陶器的发明正适应

了社会生活发展的需求，它的出现也正是新石器时代开始的重要标志之一。陶器是怎样发明的？有各种各样的推测，有人设想：可能是人类先发现了黏土的可塑性，把它捏制成型，做成可爱的动物或崇拜的神灵偶像，一经晒干或偶尔落入篝火中，发现它变硬，不再怕水，于是进一步联想到捏制适用的器皿。又有人认为：最古的生活器皿有用枝条编制的，古代的人为了使其耐火和致密无缝，往往在器皿内外抹上一层黏土，在使用中，这些器皿一旦被火烧着，木质部分被炭化了，但却发现黏土部分不仅保存了下来，而且变硬，仍可使用，从而得到了制陶的启示。当然，各地区的陶器，其产生的过程也不会完全遵从相同的模式。但无论如何，取得完整的制陶经验，在古代需要经过漫长的岁月。

制陶的原料是黏土矿物，它的主要成分是长石和石英，还有少量的云母和赭土。当人们把黏土坯放入烈火中焙烧，达到一定温度时，泥坯中的这些成分就会起化学反应，生成少量的玻璃相，这些玻璃再把其他成分黏结起来，于是形成一个烧结的整体，一种新的物质。烧结所需的温度与黏土的成分有关，对同一类黏土，焙烧温度越高，当然烧结程度也越大，也更加坚硬。所以原始陶器是人类利用火，通过化学过程改造自然，制造出的第一种自然界不存在的新物质，堪称人类史上的一项伟大创举。

在我国陶器的演进过程中，陆续出现了如下各类型的陶器。

（一）红陶与彩陶

我国最原始的陶器大约出现于新石器时代的初期。在江西万年县大源仙人洞发现过一个新石器时代早期的洞穴，



泥条盘塑法制陶器

（采自中国历史博物馆编《简明中国历史图册》）

从中发掘出了数十块陶片，质地粗糙，厚薄不均，凹凸不平，混杂着石英砂粒，松脆易碎，胎色以红褐为主，也有局部呈红、灰、黑三色相间杂的，这是火候不匀的体现。这些都说明它们是简单地用手工捏成、以篝火烧制的。河南新郑裴李岗和河北武安磁山也出土过类似的原始陶器。

在大约距今 6000 多年前，原始陶器进步成为红陶，因为这种陶器的基色是灰红色或红褐色的。它是仰韶文化的代表作。如果把它们与原始陶器对比，可以看出有以下一些进步与特点。其一，质地较细，说明选料时对黏土经过了淘洗和澄滤；其二，厚薄均匀，器皿造型端正，对称性好，



利用陶车制陶器

(采自中国历史博物馆编《简明中国历史图册》)

说明在制坯时大概已琢磨出泥条盘塑法和泥条圈塑法；其三，这种陶器上常常有彩绘装饰，那些图案是当时人们生活中某些方面的写照，是研究原始社会生活状况的重要依据，因此也很有历史价值。这种有彩绘的红陶又称为“彩陶”。



各种彩陶

(采自冯先铭等：《中国陶瓷史》，文物出版社)

其涂料经过科学检测，红褐色条纹是用赭石粉，即天然赤铁矿粉着色的；黑褐色是用铁锰矿石粉着色的；白色条纹是用白土（主要成分是硅酸铝）着色的，这是我国先民使用矿物颜料的开端；其四，器物质地均匀，硬度较大，表明焙烧火力均匀，温度达到了900℃以上，所以我国大约在新石器时代的中期已经有了烧制陶器的窑了。

在西安半坡遗址已发现了属于仰韶文化的窑场。当时的陶窑大体可分为横穴窑和竖穴窑两种，而以横穴窑较为



原始陶窑

（采自冯先铭等：《中国陶瓷史》，文物出版社）

普遍。横穴窑的火膛位于窑室的前方，是一个略呈穹形的筒状通道，后部有三条大火道倾斜而上，火焰由此通过火眼达到窑室。窑室平面呈圆形，直径约一米。火眼均匀分布于窑室的四周。竖窑的窑室则位于火膛之上，火膛为口小底大的袋状坑，亦以数股火道通于窑室。当时烧

窑的燃料是木柴。这两种窑相比，竖窑较为进步，因窑室内火力均匀。陶窑当然也是经过长时间的改进才逐步完善的。

（二）灰陶与黑陶

这种陶器的原料仍是细黏土，但色泽黑灰或乌黑。有

的坯体中含有细石英砂，则称为“夹砂灰陶”。那些石英砂很可能是人们有意掺加进去的，因为这样做可以使陶坯在晒干和焙烧过程中不易开裂。

灰陶内外通体呈黑灰色，这是由于陶坯中的铁质在还原气氛中生成了黑色 Fe_3O_4 所造成的。所以陶瓷史家们估计，在灰陶的加工过程中，大概在窑内焙烧完成时为了加快冷却，便封闭窑顶和窑门，并从窑顶徐徐喷水，水与红炭作用可生成水煤气，于是使窑内成为强还原性气氛，而导致了 Fe_3O_4 的生成。与此同时，在灰陶表面往往还被蒙上一层因烟熏而成的炭层，以至乌黑放亮，这种陶则叫“黑陶”。

个别黑陶出现于距今 6000 年前，但大量黑陶则出现于 4000 到 5000 年前，即新石器时代的后期。有的黑陶制作工艺相当精巧，端正秀雅，体型对称性极好，质地非常均匀，壁极薄而坚硬，所以又被誉为“蛋壳陶”、“薄壳黑陶”。1930 年在山东章丘县龙山镇城子崖就发掘出了这种黑陶，内壁有明显的圈纹，表明当时已采用了旋转盘式的陶车。所以黑陶被视为龙山文化的代表作，于是龙山文化又被称作“黑陶文化”。

（三）白陶

这种陶器呈白色，原料是白色黏土，主要成分是硅酸铝，含 Al_2O_3 量格外高，可达 30%，所以在 900°C 烧成时，烧结程度较红陶、黑陶要低，所以出土的白陶完整的极少。这种黏土中 Fe_2O_3 的含量明显地低于其他黏土，因此在焙烧