

KEXUE JISHU
JIANSHI

科学技术

简史

陈吉明 ◎ 主编



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

科学技术简史

主 编 陈吉明

副主编 王银玲 肖晓萍 刘满禄

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

科学技术简史 / 陈吉明主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2013.1

ISBN 978-7-5643-2097-3

I. ①科… II. ①陈… III. ①自然科学史—高等学校—教材 IV. ①N091

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 297706 号

科学技术简史

主编 陈吉明

责任编辑	孟苏成
封面设计	墨创文化
出版发行	西南交通大学出版社 (成都二环路北一段 111 号)
发行部电话	028-87600564 87600533
邮政编码	610031
网 址	http://press.swjtu.edu.cn
印 刷	成都中铁二局永经堂印务有限责任公司
成品尺寸	185 mm × 230 mm
印 张	19.75
字 数	427 千字
版 次	2013 年 1 月第 1 版
印 次	2013 年 1 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-2097-3
定 价	36.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

《科学技术简史》是为提高文科大学生的科学技术素养而编写的。本书力求向读者展示科学技术发展历程的概貌，同时，努力聚焦一些重大的科学发现或技术发明的过程，从而让读者较深入地理解科学发现或技术发明的精髓所在，是一本适合大学生素质拓展教学需要，并具有一定普适性的教材。

本书由西南科技大学工程训练中心组织编写，全书由陈吉明老师担任主编，并提出编写的指导思想和要求，撰写编写提纲，负责全书的审稿、统稿。刘满禄、王银玲、肖晓萍担任副主编，并分别负责第二篇、第三篇和第四篇的的审稿、统稿工作。参与编写的老师和分工为：陈吉明编写第一、二、三章；刘满禄编写第四章；王银玲编写第七、八和第十章；肖晓萍编写第十三、十四和十六章；闫世梁编写第九、十五和十九章；熊开封编写第五、六章；崔鹏编写第十一、十七章和十八章；王强编写第二十、二十一和二十二章；崔鹏与王强合作编写第十二章。

在编写过程中，作者查阅了大量的纸质和电子资料，在此，谨向这些文献的作者致以诚挚的谢意。限于篇幅，还有不少参考资料未在参考文献中一一列出，在此深表歉意。本书的编写出版得到了西南交通大学出版社、西南科技大学教务处和西南科技大学工程训练中心有关领导和老师的大力支持和帮助，谨在此致以诚挚的谢意！

由于编者水平有限，书中难免有不当和错误之处，恳请专家和读者不吝赐教。

编 者

2012 年 12 月

目 录

第一篇 科学技术的起源——古代的科学技术

第一章 科学与技术知识的起源	3
第一节 从猿到人——人类的起源与进化	3
第二节 技术的起源与早期发展	5
第三节 科学知识的起源与发展	12
思考题	15
第二章 永恒的东方——古老的科技文明	16
第一节 美索不达米亚——两河流域的古代文明	16
第二节 古埃及的科学与技术	23
第三节 古印度的科学与技术	30
第四节 中华科技文明	35
思考题	46
第三章 科学理性之光——古希腊、罗马的科学技术	47
第一节 爱琴海和希腊人	47
第二节 科学理论——自然哲学的发明	49
第三节 古希腊的科学	56
第四节 古希腊的技术与工程	70
第五节 罗马帝国时期的科学技术	73
第六节 古希腊科学的特点和产生的根源	81
思考题	84

第二篇 中世纪的科学技术

第四章 欧洲古典科学的衰落与学术的复兴	87
第一节 黑暗时代	87
第二节 学术的复兴	89
第三节 中世纪欧洲的科学和技术	96
思考题	110
第五章 阿拉伯人的科学技术	111
第一节 阿拉伯学术的兴起	111
第二节 阿拉伯数学	112
第三节 阿拉伯物理学	114

第四节	阿拉伯炼金术	115
第五节	阿拉伯医学	117
第六节	阿拉伯天文学	119
第七节	阿拉伯地学	122
	思考题	124
第六章	中国的科技文明	125
第一节	中国的数学	125
第二节	中国的物理学	129
第三节	中国的炼丹术	133
第四节	中国的医学	136
第五节	中国的天文学	140
第六节	中国的地学	144
第七节	中国的生产技术	147
	思考题	160
第三篇 近代科学的诞生		
第九章	科学在欧洲的复兴	163
第一节	文艺复兴	163
第二节	地理大发现	164
	思考题	167
第十章	科学革命	168
第一节	哥白尼和《天体运行论》	168
第二节	《人体构造》和血液循环理论	173
第三节	开普勒的行星运动规律	177
第四节	伽利略和新物理学	178
第五节	笛卡儿的机械主义方法论	181
第六节	牛顿开创的新时代	183
第七节	科学革命的意义	187
	思考题	187
第十一章	化学革命	188
第一节	燃素说	188
第二节	拉瓦锡的氧化学说	190
第三节	化学命名法的改革	192
第四节	化学革命的意义	193

思考题	193
第十二章 科学活动的组织与科研机构的建立	194
第一节 意大利西芒托学院	194
第二节 英国皇家学会	196
第三节 法国法兰西科学院	198
第四节 德国柏林学院	199
思考题	200

第四篇 现代科学技术的进展

第十三章 技术发明与产业革命	203
第一节 产业革命产生的背景	203
第二节 产业革命的兴起和发展	205
第三节 产业革命的意义和影响	209
思考题	210
第十四章 物理学革命	211
第一节 寻找以太	211
第二节 爱因斯坦与相对论	212
第三节 电子和 X 射线的发现	215
第四节 量子力学的建立	219
思考题	222
第十五章 进化论与达尔文	223
第一节 早期的进化论	223
第二节 达尔文	230
第三节 生物进化论的创立	231
第四节 达尔文主义的影响	234
思考题	236
第十六章 分子生物学与科学的新时代	237
第一节 孟德尔豌豆杂交试验	237
第二节 遗传生物 DNA	239
第三节 双螺旋结构 DNA 和 DNA 的复制	243
第四节 开创科学的新时代	245
思考题	246
第十七章 电磁学与通信技术的进步	247
第一节 早期的静电学研究	247

第二节	库仑定律与电磁学的建立	251
第三节	电磁理论的两大学派	253
第四节	麦克斯韦与电磁场理论的建立及其意义	255
第五节	赫兹实验及现代通信技术的发展	257
思考题		258
第十八章	热力学	259
第一节	热力学的建立和发展	259
第二节	热力学定律	263
思考题		264
第十九章	地质学的进展与职业化	265
第一节	科学地质学的进展	265
第二节	地质学的职业化	268
思考题		271
第二十章	追寻宇宙边界的天文学	272
第一节	近代天文学的发展	272
第二节	现代天文学的变革	273
思考题		279
第二十一章	现代数学的本性与前沿	280
第一节	19 世纪的世界数学	280
第二节	现代数学及其对人类文明的贡献	281
第三节	微积分的创立与发展	283
第四节	18 世纪微积分的发展	285
第五节	微积分的地位和作用	288
第六节	非欧几何及其影响	288
第七节	伽罗华的群论思想方法	292
第八节	集合论的创立与发展	294
第九节	21 世纪的 18 个数学问题	297
思考题		298
第二十二章	综合性科学的出现	299
第一节	系统论	300
第二节	控制论	302
第三节	信息论	303
思考题		305
参考文献		306

科学技术的起源

——古代的科学技术

KEXUE
JISHU DE
QIYUAN

KEXUE JISHU DE QIYUAN

科学技术发展的历史，就是人类认识和改造自然的历史，科学技术随着人类的产生而产生，随着人类的发展而发展。考古学的发现和古文明的遗迹已表明，远古人类依靠原始技术使自己从其他动物中分化出来，并依靠发展技术给自然界打上了越来越多的人的烙印，增强了人类在自然界的自主性，从而创造了一种特殊的文明；几乎同时，人类最初的科学知识也给这一文明增添了理性的成分，而这种理性又为文明的发展指出了一种方向。

学术界公认，当今世界主导文明发源于亚欧大陆和北非，古埃及、美索不达米亚、古印度、古中国、古希腊和古罗马等古代文明对后世产生了重要影响。大约公元前 4000 年以来，这些地域的主要古代文明在相对漫长的发展中交汇合流，相互影响，构成了近现代文明的主要基础；这些地域的古代科学技术，是当代科学技术的直接源头。本篇简要记述了人类早期世界各主要地区（古埃及、美索不达米亚、古印度、古中国、古希腊和古罗马）科学技术产生、发展的历史背景和主要成就，以时间为线索，就各个地区农业、手工业、冶金和建筑等技术活动，以及天文历法、医学、数学、物理学等科学知识产生的成就作分门别类的介绍，并力求揭示科学技术发展与社会发展诸因素的相互关系。

第一章 科学与技术知识的起源

第一节 从猿到人——人类的起源与进化

现代科学证明:地球的产生已有 45 亿年的历史,而人类的出现只是二三百万年前的事情,是由古猿进化而来的,考古学家在埃及开罗西南 60 英里的法尤姆地区已发现了迄今为止世界上最古老的猿类化石——埃及猿。

大约在 3 000 万年以前,从埃及猿开始分化出两支,一支是猿科,进化成现代的猿类;另一支是人科。在由埃及猿向人类进化的过程中大致经历了:西瓦古猿,距今 1 400 万年至 800 万年;南方古猿,距今 400 万年至 100 万年;直立人,距今 300 万年至 30 万年,又分为早期直立人(如中国云南的元谋人),晚期直立人(如北京周口店的北京人,印度尼西亚的莫佐克托人);智人,距今 30 万至 1 万年,又分为早期智人(如德国的尼安德特人),晚期智人(如法国的克罗马农人);现代人,距今 1 万年。

西瓦古猿的化石最早发现于巴基斯坦和印度交界的西瓦立克山区,以后又在希腊、土耳其、匈牙利、巴基斯坦和中国云南禄丰县石灰坝发现。研究表明,西瓦古猿已从树上下到了地面生活,但只是在森林的周边区域,大概已开始学会直立行走。

南方古猿是在 20 世纪初 20 年代由在南非的汤恩发现的,此后,在东非和南非出土了大量的化石和遗物。南方古猿虽说称猿,但与人十分相似,但还不是人科。1959 年,著名考古学家路易斯·利基夫妇在坦桑尼亚奥杜韦峡谷发现了一个头骨,史称“东非人”,年代大约为距今 175 万年,被认为是最早出现的人。考古发现表明,南方古猿手足已经分工,已经学会了使用天然石块和木棒等自然工具。

南方古猿之后出现的是直立人,直立人可分为早期直立人和晚期直立人。早期直立人也称能人,是石器工具的制造者,而且能够建造最简陋的住所。能够制造工具标志着从猿到人的伟大转变,也是人区别于猿或其他动物的显著标志,真正的人科就出现了。1965 年在我国云南元谋县发现的元谋人就属于早期直立人,年代约在 170 万年前。在含元谋人牙齿化石的地层中,发现了很多炭屑,表明元谋人已经知道用火,这大概是人类使用火的最早证据。

有关晚期直立人的化石和出土材料极为丰富。在我国境内发现的北京人、蓝田人和 1980 年在安徽和县发现的龙潭洞人便属于晚期直立人。1984 年,理查德·利基在肯尼亚西北部特卡纳湖西岸的纳里奥科托姆发现了一具几乎完整的直立人骨架,年代大约是 160 万年前,可能是目前已知的最早最完整的直立人化石。晚期直立人会制造各种各样很精致的石器,肯定会使

用火。在北京人的故居周口店山洞中，有厚达 6 m 的灰烬，表明北京人有持续的用火历史。

以北京人为代表的晚期直立人虽然已经学会了用火和保存火种，但他们还不会自己造火，只有到了智人才会人工取火。早期智人的典型是尼安德特人，故又通称智人为尼安德特人，他们是 1856 年在德国杜塞尔多夫城附近的尼安德特河谷中发现的，距今约 30 万年到 5 万年。晚期智人的典型代表是克罗马农人，其化石最早是 1868 年在法国多尔多涅区克罗马农村发现的，距今约 5 万年。晚期智人已经遍布全球，今天全世界各色人种在那时都已经分化。晚期智人在体质性状上与现代人基本一致，而且开始创造文化。他们发明了弓箭，学会了有组织的狩猎；他们制造了比较复杂精致的石器和骨器，发明了弓箭，而且在居住的山洞中绘画、雕刻。晚期智人出现的时候，真正现代人种也就形成了。人类进化过程见图 1.1 及表 1.1。

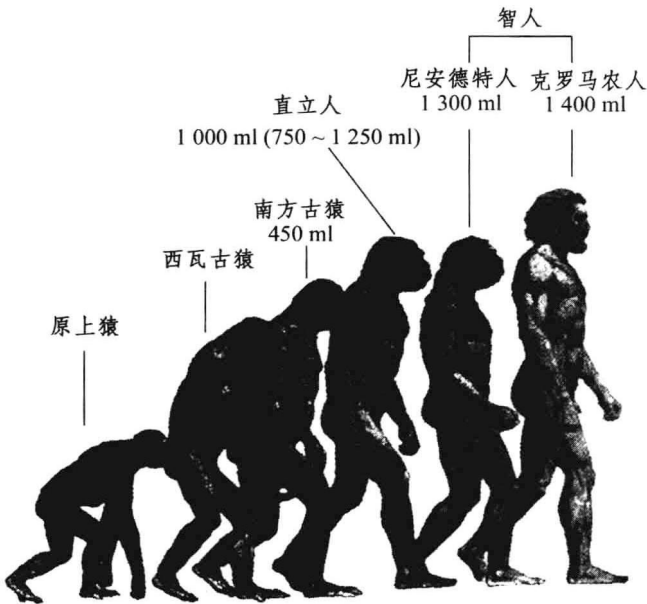


图 1.1 人类进化图（图中数字为大脑容积）

表 1.1

人类进化谱系	考古分期	地质时代	绝对年代
南方古猿		第三纪晚期	前 400 万 ~ 前 100 万年
直立人	旧石器时代早期	第四纪	前 300 万 ~ 前 30 万年
早期智人	旧石器时代中期		前 30 万 ~ 前 5 万年
晚期智人	旧石器时代晚期		公元前 5 万 ~ 前 1 万年
现代人	新石器时代		公元前 1 万 ~ 前 0.4 万年
	青铜时代		公元前 0.4 万 ~ 前 0.1 万年
	铁器时代		公元前 0.1 万 ~ 现在

大约公元前 10 000 年,人类进入新石器时代,这时发生了新石器革命,新石器革命最重要的标志就是农耕社会的出现,耕种代替了采摘,驯养代替了狩猎。饲养家畜、栽培植物成为生存活动的主要内容,人类开始定居生活。

新石器时代的标志是使用磨光的石器、定居生活以及与定居生活相伴随的陶器的使用、农业和畜牧业的产生。旧石器时代的直立人开始了打制石器,而新石器时代人们不但打制石器,还利用工具修整石器,磨光表面,石器打孔,使石器更精准、刃部更锋利。

大约到了公元前 4000 年,人类发明了文字,才有文字记载的人类文明史,此前上万年的人类文明发展情况,我们所知极为粗略,只有通过考古推测,称为史前期。

人类的出现是自然界长期演化的结果,而劳动在从古猿转变成人类的过程中起到了决定性作用。人类的劳动是一种自觉的、有目的的、能动的活动,人类必须以自己认识自然的一定知识和改造自然的一定技能作为进行这些活动的依据和手段,正是在这个意义上,我们可以说:自从有了人类劳动也就有了技术的萌芽,自从有了人类的历史也就有了技术发生和发展的历史。不过,技术的历史也和整个人类的历史一样,经过了漫长的幼年时期。技术成为一种系统化的知识,那是很久以后的事情了。

第二节 技术的起源与早期发展

一、技术的起源与早期发展

1. 石器的打制与发展

人类制造和使用工具经历了一个漫长的过程,首先是使用天然石块和木棒等,然后才进化到制造工具。人类祖先最初制造出来的劳动工具,就是石器。石器的制造也就成了古代技术发端的第一个标志,由此便揭开了人类征服自然的第一个时代——石器时代的序幕。石器时代又分为旧石器时代、中石器时代和新石器时代。

(1) 旧石器时代(约 260 万年前~15 000 年前)。

现已发现的最早的石器出土于东非肯尼亚的库彼弗拉,距今已有 260 万年,在我国云南元谋出土的石器也有 170 万年的历史了。

在旧石器时代早期,即直立人阶段,开始有人工打制石器的出现,有砍砸器、刮削器和手斧等,这些石器是用砾石经打制形成的,加工比较粗糙,没有什么标准的形状,也没有固定的用途。直立人晚期已经懂得对不同的石料采用不同的加工方法,主要有锤击、碰砧、砸击等直接打制法。智人阶段,石器的打制技术进一步发展,有了第二步的加工,并使用了间接打制法,类型固定,种类增多,分工明显。

在 200 多万年的旧石器时代，石器的制造技术进展缓慢，主要有砍砸器、刮削器和尖状器等几大类，这些石器可以用来切割、刮削，也可以用来戳刺、挖掘，在这时候制造的石器可以说还没有固定的用途，专用的特点还不很明显。

(2) 中石器时代（约 15000 年前 ~ 12000 年前）。

从旧石器时代到新石器时代中间一段过渡时期称为中石器时代，这一时期的标志就是复合石器工具的出现，最具代表性的是石斧和弓箭。复合石器工具就是把石刀、石斧、石矛、石镞镶嵌上木制或骨制把柄，这一方面标志着人类已经学会利用杠杆等最简单的力学原理，另一方面也说明石器本身已开始走向复合化了。弓箭的发明标志着人类第一次把以往的工具改革成了复合工具，并且利用了弹性物质的张力，是原始技术显著进步的一个标志。弓箭是在旧石器时代晚期投掷武器的基础上发展起来的最复杂的复合工具，它比旧式武器射程远、命中率高，而且携带方便。弓箭的制造和大量使用，使狩猎经济的生产效率大为提高。

(3) 新石器时代（约 12000 年前 ~ 6000 年前）。

大量磨光石器的出现标志着人类已进入了新石器时代。旧石器时代人们打制石器的技术虽然不断有所发展，但毕竟有很大的局限性，要得到效率更高的工具，必须在技术上来一次革命，这就是采用琢磨和打光的技术，这种技术在旧石器时代晚期已被用来加工装饰品，但是到新石器时代才被应用于制造石器工具。磨光石器是对打制后的粗坯进行精细加工而成的，其优点在于具有准确而适用的种类和锋利的石刃。

制造石器的新工艺带来“新石器革命”，使石器的种类有了极大的扩展，除了石刀、石斧、石矛、石镞等传统石制工具外，石镰、石铲、石锄、石槌、石杵和石臼等新型专用工具相继出现。

原始人通过制造工具，并利用这些工具从事农耕生产，提高了生产效率，从而获取了大量物质生活资料，促进了原始社会生产力不断地向前发展。

2. 火的利用与取火

火的使用在人类进化史上的重要意义不言而喻，在许多民族的神话传说中，火被赋予某种特殊的意义。“燧人氏”无疑是中国人祖先心目中的英雄，希腊神话中则有普罗米修斯背着天神宙斯为人类盗取天火的故事。没有火就不可能有文明世界的出现，所以恩格斯说：“尽管蒸汽机在社会领域中实现了巨大的解放性的变革……但是，毫无疑问，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分开。”

火的使用使原始人的生活发生了翻天覆地的变化，是人类进化史上的一场重大技术革命。用火，人类结束了“茹毛饮血”的时代，开始熟食。熟食缩短了消化过程，而且也使以前不宜食用的植物和动物，尤其是鱼类，可以食用了。食物的种类和范围扩大了，营养更为丰富，人类的体质得到了加强，大脑进一步发达。火可以照亮黑暗、驱除潮湿，使早期人类由野居

变成了洞居，改善了居住条件。火可以御寒，帮助人们在恶劣的气候环境中生存下来，使人类可以迁徙到比较寒冷的地带，大大扩展了人类的生存空间。火还可以用来保护自己，驱逐乘夜晚来袭击的猛兽，甚至还可以用来围捕野兽。火可以用来烘烤木料，烧裂石块以制作工具。有了火，陶器和冶金才能出现……

雷击电闪、火山、草木自燃等都可引起山林着火，野生动物普遍怕火，原始人类也是怕火的。但已经开始采集和狩猎的原始人，肯定会偶然发现被火烧过的某些植物种子和兽肉特别好吃。这一发现足以导致他们自觉地利用火。现有的材料还无法完全确定人类用火的确切时期。有的人类学家认为 380 万年前生活在东非肯尼亚的早期猿人已经开始用火。在发现早期直立人元谋猿人牙齿化石的地层中，也发现了很多灰烬，表明 170 万年前生活在中国境内的元谋人已经知道用火，这大概是人类使用火的最早证明。晚期直立人北京猿人使用火的遗迹，是现有明确用火的最早的遗迹之一。在北京猿人居住的洞穴里发现了灰烬层，最厚的地方达 6 米，表明篝火在这里连续燃烧的时间很长，说明北京猿人不但懂得用火，而且已有保存火种和管理火的能力。

以北京猿人为代表的直立人虽然懂得用火和具有保存火种的能力，但他们还不会人工取火。对于原始人来说，火是难以携带的。他们在举着火种向新的栖息地不断迁徙的路途中大概造成过火种的熄灭，而火又越来越成为关乎生死存亡的条件。这便使他们产生了人工取火的强烈需要和愿望。

直立人走过了一百多万年的利用天火的漫长路程，直到旧石器晚期直立人进化到智人阶段，智人终于发明了人工取火的方法。最早的人工取火方法是用燧石相击而引燃易燃物，或以木木相摩擦而生火，或因钻孔而生火的。这种方法对现代人来说是困难的，但对天天同石器、木器打交道，并长期使用和依赖火的原始人来说，反而能够比较容易地实现。

也许可以把能否用人工方法取火看成从晚期猿人到早期智人的一个历史分界碑。显然，能够用人工方法取火的古人比自己的先辈有着在更广阔的自由活动的空间。

3. 原始的农业和畜牧业

在旧石器时代的 200 多万年期间，能人、直立人和智人一直从事着采摘和狩猎的活动，动物和植物是人们食物和生活资料的主要来源，人类在很大程度上仰赖于自然的恩赐，过着随季节迁徙流浪的生活。随着用火和取火技术的进步、新型工具的发明，人类的生存条件得到改善，体质得到了加强，人口数量大幅增加，自然资源和环境压力凸显，原始人类不得不从向自然索取的食物采集转型到食物生产。在向食物生产转型过程中，一部分人选择了从植物采摘到植物种植，进而发展到农耕生产；一部分人从狩猎到饲养动物，进而发展到畜牧。种植和动物的驯化饲养开创了伟大的农业文明，人类由此进入定居时代。定居生活和农业、畜牧业是人类进入新石器时代的另一个重要标志。

考古发现，新石器时代人们过着“刀耕火种”的生活，人们把采集来的野生植物果实用

掘杖或石刀、石锄播种在先用火烧掉树木荆棘的土地上，到成熟后再来收获。晚一些时候还发明了石犁，随着畜牧业的发展，开始用牛、马、驴来耕种。由于自然条件的差异，世界各地所耕种的农作物是不同的。在西南亚最早开始种植小麦、大麦、黑麦、豌豆、扁豆和亚麻，中国有谷子和稻子、大豆等，在非洲有稷和高粱，在中美洲则有玉米，在南美洲有马铃薯和矮瓜的种植。

原始畜牧业是从狩猎发展而来的。将猎获的易于驯服的动物饲养起来，并且让其在驯养条件下生殖繁衍。人类最早驯养的家畜可能是猪，其后是狗、羊、驴、马、牛、骆驼、鸡、鸭等。在中国江西万年仙人洞考古发现有距今 10 000 年家猪的遗骸。

与采集和渔猎相比，原始的农业和畜牧业的出现是一场产业革命。因为它表明人类已由单纯依靠自然界现成的赐予跃向了通过自己的活动来增加天然物的生产。这一革命是在新石器时代发生的。它使人类有了比较稳定的食物来源，故而有相对固定的居住地点——原始村落。同时，由于畜牧业为农业提供了利用畜力的可能，就为农业的进一步发展创造了新的条件。

4. 陶器的制造

制作陶器是人类进入新石器时代的重要标志之一。在旧石器时期，直立人和智人在用火的过程中肯定观察到火烧黏土的变化，但那个时代迁徙流浪的生活没有发展陶器技术的需要。进入新石器时期，村落形成，人们开始定居生活，定居的人类产生了对盛装器皿的需要，这大概首先是从邻近小溪或河流中向居住点取水的需要，其次是积存、烹饪食物的需要，人们发明了陶器。虽然易碎，但比石器轻，可制成各种形状和不同规格，盛装水和食物无异味，它和木器同为家居生活的主要器皿。很明显。只有具有长期用火经验的人类才能发明制陶技术。陶器的发明不是某一个地区或某一个部落古代先民的专利，而是在世界多个地区独立发展起来的。大约在公元前 8000~9000 年之间，陶器生产技术已经普及，在印度、埃及、美索不达米亚、中国等地都造出了精良的陶器。主要是生活用具，如盆、钵、瓶、罐、瓮、碗、杯等。

制作陶器，早期是用手捏成坯，或搓泥条盘筑而成，经过长期实践逐步发展为采用轮盘制陶，它使各种陶坯加工得更加规矩匀称，并大大地提高了生产效率。随着制陶技术的进步，人们在陶坯上涂上不同颜料或刻画不同的花纹进行装饰，出现了精神方面的追求。陶器的烧制，早期是在露天下篝火烧制的，温度较低，质量较差。后来发明了陶窑，陶窑的出现不仅达到烧制所需要的高温，而且使陶坯在烧制中受热均匀，因此制成的陶器不易变形破裂，颜色也较一致。

中国陶器制造始于 6 000 多年前，以“仰韶文化”的彩陶和以“龙山文化”的黑陶为代表。西安半坡原始人村落发现的鱼尾纹彩陶和尖底取水罐，十分精美。特别是尖底取水罐，说明中国先民已知道平衡原理，是自然科学的主要萌芽。

制陶技术的发明，第一次使人类对材料的加工超出了仅仅是改变材料几何形状的范围，开始改变材料的物理、化学属性；第一次通过一套复杂的工艺过程，创造出一种自然界所没有的人工事物；第一次使材料加工不仅利用人的体力，而且利用火这种自然能源。制陶技术的意义还远不限于制陶本身，它为以后的冶金技术的发展奠定了基础，同时又具有新的经济意义：它使人们处理食物的方法除烧烤外，增添了煮蒸的方法，而陶制储存器则可以使谷物、水和液态食物便于存放。

5. 语言、图画与文字

正如劳动创造了手这个“人类工具”一样，劳动也使语言成为另一种人类工具，语言的产生标志着人类创造了区别于动物的发音器官。语言是何时如何产生的，目前古生物学家尚未取得一致认识。一些学者推测，早期猿人到了能人和直立人阶段，开始两足行走和使用天然石块时，已具备了说话的能力。那时他们的语言肯定是很贫乏的。

早期猿人为了适应恶劣的自然环境、抵御野兽或猛禽的捕食，它们必须以一定规模进行群体活动。人们在群内分工、协作及群间有了交流各种信息的需要，这种需要使猿人的发声器官越来越复杂，能够发出各种代表不同意义的声音，从而产生了最初的语言。语言是思维的工具，劳动和语言的发展进一步促进了人脑的进化和意识的形成，思维和语言是一同产生的，两者相辅相成，共同发展。

人类语言的产生和发展同劳动的关系最为密切。给工具和动植物的命名，组织狩猎，分配劳动果实，调解纠纷和表达个人感情等，都成了创造词汇和新的语言表达方式的机会。从发展来看，思维不断丰富着语言，语言表达并巩固思维的内容。一开始是简单和间断的声调，与手势或表情结合在一起来进行表达，以后逐步演化成具有确定涵义的音节，再后来是可以说出比较连贯的语句。总的趋势是：语言的发展，一般是从具体到抽象的过程，不断地增加其概括性，而语句则是逐渐增加连贯性和多样性。语言形式上的丰富，体现了人的认识能力上的进步。

语言是思维的工具，语言产生之后对人的思维能力发展产生了巨大的推动力，使人的抽象能力、分析和归纳推理能力、表达和理解能力得到提高。语言既推动了大脑的进化，又使人类的劳动和社会交往质量得到了提高。从现代脑科学的角度看，这是人类思维方式的第一次革命——左脑革命，它表明人类在原始的、简单的、形象化和直觉的纯右脑思维方式的基础上，发展了左脑语言逻辑思维方式。正是有了语言，人类的精神世界才越来越广阔。

绘画也是原始语言的一种重要的形式，同时是表象思维的最直观的形式。旧石器时代晚期到中石器时代，欧洲的晚期智人在西班牙阿尔太米拉石窟和法国南部拉科斯洞窟创作了漂亮的野牛、野马、野猪、鹿等洞穴壁画，说明他们对生活场景进行了长期细致的观察和思维加工。显然，绘画是人们将关于外部事物的观察以感性符号及其组合进行表示的形式，体现了从感性认识到表象思维，再到形象思维的发展过程。而形象思维既是艺术的起点，也是抽