

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

跨世纪知识城——

古代科技小集成



跨世纪知识城

祖冲之的世界纪录

圆周率是求圆周长、圆面积、球体积时经常用到的，在生产实践中用途非常广泛。因而，有关它的计算，一直是古今中外数学家们关注的课题。在国外，古希腊的阿基米德计算过圆周率，曾求得圆周率的两位小数的精确值；在我国，也有人很早便研究圆周率。成书于西汉初年的《周髀算经》，就有“周三径一”的说法，认为圆周率是3。到了西汉末年，数学家刘歆又得出3.1547的圆周率值；而时至东汉，张衡则用 $\sqrt{3} = 3.1622$ 和 $\frac{92}{29}$ 这两个数值作为圆周率。

三国时的数学家刘徽用割圆术的方法，求出圆周率的值是3.14，取得了我国古代关于圆周率研究的一个重大成果。

公元429年，祖冲之诞生在范阳郡道县（今河北省涞源县）的一个士大夫家庭。他的祖父、父亲都很喜欢数学。受家庭环境的影响，祖冲之从儿时起，就对数学着迷。每当父辈们用“算筹”来计算时，他就瞪着好奇的大眼睛，默默地瞅着那些“算筹”。渐渐地，他也能得心应手地摆弄这些用来计算的小竹棍了。随着年龄的增长，祖冲之已不满足于那些简单的运算，他开始研究前人的成果，希望在此基础上有更大的突破。

一天，祖冲之得到了一本刘徽作注的《九章算术》。他如获至宝，上朝归来，便躲在书斋里潜心阅读。

随后不久，祖冲之便开始了他的计算工作。当时，没有计算机等先进的计算工具，所有的只是一些作为算筹的小竹棍。祖冲之便利用这原始的计算工具，每天在公务之余不停地计算着。从12边形、24边形、48边形、96边形、192边形、768边形、1536边形、到12288边形，反复地运算。一根根小竹棍被摸得通红发亮，一双手被磨出了厚厚的老茧。经过多年不懈的努力，终于得出了比较精确的结论。

$3.1415926 < \pi < 3.1415927$ 这个数值在当时的世界上是最精确的，直到一千年之后，才有人打破这个纪录。

计算机的祖先——算筹和算盘

一次，一个中国代表团访问前西德某学校，主人请客人们参观完现代化的电子计算机之后，又指着一幅挂图说：“这是世界上第一个计算器。”代表团成员一看，原来竟是中国的算盘。

英国皇家学会会员、著名化学家李约瑟博士曾致力于《中国科学技术史》的研究，待他全面地考察了中国古代的发明创造之后，以赞美的口气说：现在流行于世的算盘，是中国人发明的，它可以跟中国的四大发明相提并论，完全可以称为中国的第五大发明。

那么，这中国的第五大发明，也就是咱们中国人的绝活——算盘，是怎样发明的？又是什么时候发明的呢？

算盘是由“算筹”脱胎而来。早在西周初年，为了计算，咱们中国人创造了一种简陋的计算工具——算筹。这算筹就是用竹片等制成的小圆棍。计算时，把它们或纵或横摆放在平坦的物体上，原理跟算盘相似。

所以，人们说，算筹是算盘的前身。那算盘是什么时候诞生的呢？这好像还没有谁能说出具体的时间。不过，在一千多年前汉人徐岳的《数术记遗》中，已有“珠算”一词。

算盘问世最早最确凿的“视觉证据”，是在北宋著名画家张择端所画的《清明上河图》中。据有关珠算专家考证，该图左端所画赵太丞药店的柜台上放着一样东西，就是一架算盘。据此可知，早在宋朝，算盘就已在社会中普遍使用。

元代以后，算盘更风靡于世。上至皇家显宦、豪商巨贾，下至平民百姓、市井小贩，无不家藏户有。

时至明代，算盘完全取代了算筹。随着算盘的普及应用，一些指导珠算的书籍也应运而生。如徐心鲁的《盘珠算法》（1573），柯尚迁的《数学通轨》（1578）等。尤其值得一提的是，程大位撰写的《直指算法统宗》（1592）一书，书内详细记载了珠算的口诀、技巧，被人们称为“商人的《四书五经》”。这本书后来还流传到了日本，成了日本珠算的必备教科书。

明代初年，中国的算盘流传到日本。现在，日本的山甲市还保留着一把古老的算盘。这把算盘的盖板反面有“文元子年”的标记。“文元子年”就是中国明英宗正统九年。俄国的算盘，也是由中国传入的。到了19世纪20年代，算盘又经俄国传播到欧洲。至此以后，算盘便开始走向了世界。

算盘的式样繁多，著名的收藏家陈宝定先生，共收集古今中外算盘450多种。中国乃至世界最大的算盘，收藏在天津历史博物馆内。它是清朝末年天津沽衣街算盘作坊制造的，距今已有一二百年的历史。它的长度是按天津达仁堂药店的柜台设计的，为306厘米，宽则为26厘米，共有117档。营业忙时，五六个店员可以同时在大算盘上算账。

化学先驱——炼丹术

《周易参同契》这部著作，对于大多数同学来说，是很陌生的。然而，要知道，它却是世界炼丹史上最古的著作。它的作者，便是被人称作神仙的魏伯阳。

我国的炼丹术有着悠久的历史，它的兴起缘由，是希望找到长生不死的神药。古人们曾经幻想，甚至相信人服了某种神丹妙药，不仅可以升仙化神，与天地齐寿，与日月同辉，而且还能够坐视天下，役使鬼神，举家升仙，无翼而飞，乘云驾龙，上天入地。因此，他们便开始了寻求仙药的活动。

早在战国，我国就有了关于神仙和长生不死奇药的传说。

秦始皇统一中国后，也效法前人，孜孜以求长生不死药。一些方士投其所好，纷纷编织谎言，说东海“三神山”有仙药，吃了能够长生不死。秦始皇信以为真，随即派人前去寻求。

海上寻仙求药不得，方士们又转而鼓吹食黄金，饮玉泉，辑云母，服丹砂（天然红色硫化汞）可以天年永驻，与神仙相会。方士们的话使一些人深信不疑，因而，进入西汉初年，一股求丹药、炼丹药的风气便在整个社会盛行起来，并随着汉武帝的推崇，方士的推波助澜，而越炼越炽。到东汉时，已掀起了一个不小规模的高潮。皇帝在金銮宝殿服“仙丹”，方士在深山密室炼“仙丹”，百姓在茅屋田野谈“仙丹”。魏伯阳便是这时期产生的一位炼丹士。他像其他炼丹士一样，在名山幽谷，摆设一些炉、鼎、罐、筛、坩埚、蒸馏器等炼丹工具，用汞、硫磺、铅、砒霜、硝石、云母等，以及一些植物性的药材，炼制红色的丹丸，称为灵丹妙药，来给那些希望长生不老的人们服用。

魏伯阳不仅善于炼丹，而且总结炼丹经验，《周易参同契》就是当时的一部集前人炼丹经验之大成的著作。在这部书中，魏伯阳不仅论述了炼丹术的理论基础，还提到了有关炼丹的化学知识。他说，氧化铅能被炭还原为铅；几种不同的金属可以炼成合金；采得汞矿石，可以炼制成红色的硫化汞；黄金不容易氧化，等等。

魏伯阳之后，到魏晋时期，炼丹术进入了成熟阶段。在这时，出现了《太清丹经》、《五灵丹经》、《岷山丹法》、《三皇内文天地人》等 200 多种丹法、道书。尤其值得一提的是，炼丹家葛洪所著的《抱朴子》一书。在这部书中，葛洪对炼丹术的指导思想、理论基础，以及当时炼丹术所取得的成果，都作了全面系统的阐述。

火药与火器

中国古代的炼丹家们，做梦也没有想到，他们炼丹的副产品“火药”，竟能成为中国古代的四大发明之一。

大家知道，火药的主要成分是硫磺、硝石和木炭。在很早的时候，炼丹家们便发现，这三种物质配制烧炼的“灵丹妙药”非常容易着火，尤其是硫磺，碰火就飞升，难以控制。为了改变这些易燃药物的特性，唐代的炼丹家在前人经验的基础上，发明了“伏火法”。

火药的发明，和这硫磺伏火实验有着密切的联系。它表明，当时的炼丹家已经掌握了硝、硫、碳混合点火会发生剧烈反应的特点，因而采取措施来控制反应速度，防止爆炸。其实，如果炼丹家能利用这种特点，火药就会在他们的手中生产出来了。然而，遗憾的是，炼丹家由于认识的局限和自然科学视野的不够开阔，他们仅把自己的炼丹经验，停留在对药料的伏火与配制上，因而对火药这一重大发明不但没有引起足够的重视，反倒在他们的著作中谆谆告诫人们，在炼丹中要防止硝、硫、碳合炼时所造成的爆炸火灾。伏火法便是预防爆炸起火的一项措施。

与炼丹家为炼制丹药而进行的“避害实验”相反，有识之士，尤其是军事家，他们从实际需要出发，大胆地利用硝、硫、炭3种物质合烧后产生的爆炸作用，于是，火药便产生了。

火药发明后不久，便被人们运用到武器上。

北宋庆历年间，由曾公亮主编的《武经总要》一书，在描述了多种火药武器的同时，使记下了当时的3种火药配方。它们是：火球火药方、蒺藜火球火药方、毒药烟球火药方。3种火药配方，都是以硝石、硫磺、木炭为主要原料，再配以其他物质而形成的。它们是我国古代劳动人民，尤其是炼丹家、军事家经过成百上千年的努力探索所取得的丰硕成果。这一成果的正式公布，标志着我国军用火药的研制，已走过了发明阶段，进入了成熟时期，这在兵器发展史上，具有划时代的意义。

13世纪，中国发明的火药传到了印度和阿拉伯，后来又传到欧洲，以至整个世界。从此，在世界兵器史和军事史上引发了一连串重大的变革。

造纸和蔡伦

你每天都在使用纸，读书、写字、看报、作画，但你知道它是什么时候、由谁发明出来的吗？

千百年来，人们都认为，纸是东汉的宦官蔡伦在公元 105 年发明的。其实，早在西汉时期，我国就有了用植物纤维制造的纸。只是当时的纸还很粗糙，质量较低，不便于书写，因而当蔡伦改进了造纸技术，制造了优良的纸张时，人们便把纸的发明权授予了他。而实际上，纸是我国西汉时的劳动人民发明的。

蔡伦改进了原有的造纸技术，创造性地扩大了造纸的原料来源，为大规模地生产和使用纸开辟了道路。

在纸发明以前，我国古人曾用过多种物质来作书写材料。先人把文字刻在陶器上，这陶器就是最早记载文字的材料。周代冶金技术发展，王室的一些重大活动常用文字刻铸在钟鼎之上，这青铜器便又成了刻写文字的材料。时值春秋，甲骨文记载文字的材料，逐渐被简牍、缣帛取代。

简牍与缣帛作为书写材料，显然比甲骨等适用，但它们也有不足之处。简牍仍然很笨重。据说，秦始皇每天批阅的简牍的文书，重达 120 斤。西汉时，文学家东方朔给汉武帝写了一篇奏章，竟用了 3000 多根竹简，由两个武士抬进宫中，汉武帝看了两个多月才看完。缣帛倒是轻便，可价格昂贵，一般人是用不起的。

经过千百年的探索、实践，先人终于从漂絮等活动中受到了启发，发明了这种便利的书写材料，这就是“纸”。

蔡伦，是东汉时期桂阳人，这桂阳就是现在的湖南耒阳。他从小就进宫当了太监，到汉和帝时被提升为中常侍，侍奉在皇帝身边，传达诏令，负责管理文书。后来，他又兼任尚方令，掌管皇宫里的手工作坊，专门为皇帝监造各种器具用品。应该说，当时的蔡伦接触诏令、文书的过程中发现，丝帛是书写的好材料，但造价太贵，只适合皇室富户使用，一般人难以问津；而前人造的纸又疙疙瘩瘩，让人无法下笔。于是，他广泛地研究了民间的造纸经验，用树皮、麻头、破布和旧鱼网作原料，监制出一批优良的纸张。公元 105 年，蔡伦把他监造的第一批纸献给了汉和帝。汉和帝一见，赞不绝口，从此，造纸术得到推广。公元 116 年，蔡伦被封为“龙亭侯”，他造出的纸，就被人们称为“蔡侯纸”。

指南车

在很古很古的时候，中国人的祖先还创造使用过“指南车”这一指示方向的工具呢。这项科技成果在世界上独一无二。

那还是在远古的时候，黄帝为行“仁道”的事跟主宰南方的炎帝打了起来，结果炎帝失败了。

炎帝的惨败，激怒了他的孙子蚩尤。蚩尤聚集好多人马神兽，假借炎帝的名号，自称“为帝”，扛着大旗，杀气腾腾地朝黄帝的部落扑去。

这是开天辟地以来从未有过的一场恶战。血流成河，尸首成堆，直打得天昏地暗，山呼海啸。酣战中，蚩尤不知道施了一条什么魔法，竟弄出漫天遍野的大雾来。一时间，白茫茫的大雾包围了黄帝的大军，他们只看见或隐或显、时出时没、逢人便砍、遇兵便杀的蚩尤，却辨不出东西南北方向。他们的高强武艺也无法施展，那雾好像白布幔子，罩在他们的四周，束缚着他们的手脚。黄帝站在高大的战车上，挥舞着宝剑，高声喊着：“拼命往外冲呀！拼命往外冲呀！冲出去就是胜利！”

可是，谁能冲出去呢？大雾死死地“锁”住了他们。

黄帝喊得实在是累了，他愁眉苦脸地坐到战车上。听着自己的士兵被砍杀的嚎叫声，黄帝心如刀绞。他镇定了一下自己的情绪，默默地对自己说：“得造个能辨别方向的东西，让它指引我们的人冲出去！”想着想着，他的头脑中竟出现了一幅清晰的图画：一个小人，站在一辆小车上，手指着南方。这车子不论怎样转圈，小人手的方向也不变。这时，黄帝的手不知怎么的开始动作起来，一辆精巧的“指南车”便做成了。在这辆“指南车”的引导下，黄帝率领着他的队伍，顺利地冲出了迷雾。

后来，黄帝又重振旗鼓，打败了蚩尤的军队，并把蚩尤的脑袋砍了下来。

这个神话故事不知道什么时候开始流传的，也不知道流传了几世几代，反正直到魏明帝青龙年间（233~236），人们还对这件事津津乐道。不过，谈论归谈论，却一直没有人动手去复制一个指南车。倒是魏朝的马钧，率先迈出了这一步，为中国古代科技史填补了一页空白。

京杭大运河

在我们赞颂我国古代宏伟壮观的水利工程的时候，不该忘记那静静流淌的京杭大运河。它虽然不如万里长城那样显赫，但它却是沟通南北经济文化的大动脉，它拖着时代的沉重脚步一直朝着走着……

京杭大运河北起北京，南至杭州，中间由南到北，流经浙江省、江苏省、山东省、河北省和天津市，全长 2794 公里。比苏伊士运河长 10 倍，比巴拿马运河长 20 倍，是世界上人工挖掘的一条最长的河流。有意思的是，人们常说“水有源，树有根”“百川东到海”，而京杭大运河却跟公路、铁路一样，不存在源头，是两端互为首尾，并且是我国为数不多的一条南北走向的长河。

万里长城和京杭大运河虽然都是中国人的骄傲，中华民族的丰碑，人类历史上由中国人设计并施工的两项最大的建筑工程，但筑长城和挖运河的用意却完全不是一回事。筑长城是为了设置难以逾越的障碍，而挖运河则是为了最大限度的沟通。

京杭大运河横穿海河、黄河、淮河、长江和钱塘江，使这五大水系联成了一个水道网。在铁路、公路没有出现之前，这一水道网，不仅担负着运送兵员粮草的职责，还承载着运送往来客商、柴米油盐的重任。如今从北京到杭州，不但有铁路、公路，而且还有航空线路，然而“不废江河万古流”，京杭大运河依然是那样的忙碌。

说起挖运河，人们自然会想起隋炀帝。其实，古运河的历史，远比隋炀帝修的运河要早得多。

开挖运河，并不是用人工去挖一条全新的大河，而是将天然的河道湖泊连通，或取直，或加宽，或挖深。这工程说起来轻巧，但实际干起来，却不是一件简单容易的事。在中国运河史上，第一个组织这项工程的人，是春秋时期吴国的大王夫差。他下令开凿的沟通长江和淮河的邗沟，则是中国最早挖掘的一条大型运河。

邗沟南起扬州，北至淮安的末口，是夫差为攻打齐国而开的一条水路。这条水路为京杭大运河奠定了基础，也为吴国的灭亡凿了一条“墓道”。

一千多年后的公元 605 年，隋炀帝在修建东都洛阳的同时，又在邗沟和隋文帝开凿的广通渠的基础上，发起了挖掘以洛阳为中心的大运河工程，为他乘龙舟去江南巡游享乐开辟道路。

挖运河取尽了民脂民膏，也加速了隋王朝的灭亡。运河开通后没几年，隋炀帝便在农民起义的烈火中化为了灰烬，与夫差走上了同一条道路。

然而，人类的文明史，总是蕴藏着深刻的历史辩证法。开挖运河，劳动者流血流汗，灾难无穷；运河挖掘通，后世的经济文化因此而走向繁荣。

如果隋炀帝开挖运河不是为了泛舟享乐，不是为了一己之贪欲，那就可以和治水的大禹论功了。尽管如此，我们仍然要说，开凿运河是害在一时，而利在后代，利在民族的事。

我国第一口井

你知道中国最早的一口水井在什么地方吗？

1973年，考古工作者在浙江省余姚县河姆渡新石器文化遗址中，发现了一口水井。这口水井是中国目前发现的最早的一口水井。最初的时候，那里是一个小水坑，遇上了干旱，水坑的水慢慢地变少了，不够用了。怎么办呢？有位聪明人对大家说：“我看这样吧，咱们往下挖，或许能挖出够用的水来。”挖了没多久，人们又发现了新的问题。这井壁上的泥老往下掉，挖井人坐在井边商量。最后，大家一致认同了一个不错的主意，就是先往坑的四边各打入一排木桩，形成一个方形的木桩墙，然后再把木桩墙里的泥土挖出来。这样，井就能很容易地挖出来了。可是，用着用着，那水井的木桩墙受后面泥土的压力，渐渐地朝水井里倾斜着，不久就要倒塌了。于是，大家又聚在一块，商量对策。结果，还真的商量出了个好方法：他们做了个方木框，把它套在方木墙顶端的里面。木排又站直了，而且再也不向里倾斜了。

这方法现在看来简单不过了，但简单并不一定不科学。尤其是在七千多年前，人们能想出这个主意，不能不说是一项重大的发明创造。直到现在，有些地区打井，还采用这种方法呢。

都江堰

你如果有机会，一定要到四川省灌县的都江堰去看看，你会被它的磅礴（pángbó）气势所震撼；你会为它的庞大工程所震惊；你会为它的科学设计所吸引。你想象不出，两千多年前的古人，怎么能有这样的胆量、这样的技术，建造出这样的大型水利工程。

都江堰位于岷江中游，它是公元前 250 年左右，由蜀郡守李冰率百姓修筑的。

公元前 250 年以前，四川成都灌县一带，几乎年年都要发大水，这可苦了岷江两岸的百姓。种下的庄稼年年歉收，他们只好背井离乡，四处逃荒要饭。李冰担任蜀郡太守后，决心治水除害，为岷江两岸的百姓造福。他同儿子二郎一道，沿江勘察。

在玉垒山，李冰发现，岷江水流到这里就被挡住了去路。山的东边，水流过不去，无水灌溉；山的西面，为山所阻，水流不畅，又造成洪涝灾害。李冰对二郎说：“应该将这玉垒山打开个缺口，让水流过去，这样，不仅山东面的田地可以得到灌溉，山西面的江水也可以顺畅地排出，从而避免旱灾的发生、洪涝的祸患。”

新凿开的玉垒山口，很像一个瓶口，人们为它取名“宝瓶口”，而被分开的玉垒山的末端，则像一个大石堆，人们便称它为“离堆”。

“宝瓶口”的开凿，使玉垒山西的江水，朝东南流泄了一部分。但由于流量有限，山东面的旱地还是得不到全面浇灌。而一遇洪峰到来之际，山西面的洪涝灾害还会不断发生。为了解决这一问题，李冰决定采取中流作堰的方法，来控制水势，排泄洪水。所谓中流作堰，就是在“宝瓶口”上游不远处的江心，筑一道分水堰，使江水在这里分为两股，以达到分洪的目的。

这分水堰的前端尖尖地伸进波涛汹涌的岷江中，远远望去，活像个大鱼嘴，因而，人们便称它为“鱼嘴分水堰”。

鱼嘴分水堰建成后，岷江的水一流到灌县附近，便一分为二：东边流入宝瓶口的水被称为“内江”，是灌溉渠道；西边的水流称“外江”，为岷江正流。

为了进一步控制宝瓶口的内江水量，防止江水横决，李冰又带领民工们在鱼嘴分水堰的尾部，修筑了一个溢洪排沙的低堰，名为“飞沙堰”。飞沙堰也用竹笼装卵石堆筑，堰顶做到适宜的高度。当枯水季节，它挡水进入宝瓶口，灌溉良田；当洪水期间，过量的江水会漫过它的顶部，流入外江，以保障内江灌区免遭水淹。同时，由于漫过飞沙堰流入外江的水流的旋涡作用，还有效地减少了泥沙在宝瓶口前后的积淀。

为了测知内江的进水流量，李冰还在内江引水口立了 3 个石人，作为观测水位的标尺，规定水位“竭不至足，盛不没肩”。意思是，水位最低时，不能低于脚面；水位最高时，不能没过肩头。

都江堰水利工程的建成，不仅解除了岷江的水患，还使成都平原数万亩良田得到了灌溉，成了“水旱从人，不知饥馑”的“天府之国”。

李冰父子为成都百姓做出了巨大的贡献，而成都的百姓也没有忘记他们的功绩。人们尊称李冰为“川祖”，并把他们父子奉之为神。

最早的轮船

轮船，是中国人发明的。它以轮带桨驱动船行。

我国最早制造轮船的，是唐朝的李皋（733~792）。他从车轮得到启发，造船时，不用风帆，也不使用桨橹，却在船舷两旁各装一个车轮。每个车轮有8个叶桨片，轮与轴连，轴上装脚踏板。航行时，水手像踏水车一样，用力踩踏。轴转轮动，“以轮拨水”，好像无数支桨在持续不断地划动。随着车轮的旋转，船便如离弦的箭，破浪而去。而在西方，直到15世纪，才有这种形式的船出现。很显然，比中国晚了700多年。

李皋之后，宋朝的大将李纲，也曾效法他，在湖南省长沙造了一些轮船。只是到了杨么时，轮船的建造技术和规模，才达到了鼎盛阶段。

公元1130年，钟相、杨么因为不堪忍受南宋封建王朝的残酷压迫，在洞庭湖畔率领农民举起了起义的大旗。杨么是一个具有战略眼光的起义军将领，一次战斗中，起义军俘虏了当时为朝廷效力的造船高手高宣，杨么把高宣当作贵宾看待，并请高宣帮起义军造一种新船。高宣设计的这种轮船不用篷帆和桨橹，只在船舷两旁安装对称的车轮，让水手用脚踏踏，用车轮来替代桨橹。

大的战船装有24个车轮，船长二三十丈，甲板上建有三层楼，底层是水手们踩踏车轮的工作间；中间一层是箭楼，为射手们的射击场所；最上一层则是战士们投掷石块、鱼叉、铙钩、木老鹅等战斗武器的岗位。

有了这先进的战船，杨么队伍的军事实力更强了。他率领着起义军，焚烧官府，镇压豪绅，扫荡恶势力，以不可阻挡的气势，直逼南宋王朝。

最早的海陆变迁理论

大家知道，北宋著名科学家沈括所撰写的《梦溪笔谈》，是一部集前人和他本人科学业绩之大成的辉煌巨著，被人誉为“中国科学史上的坐标”。在这个“坐标”上，沈括不仅标示着天文、历法、物理、化学、数学、生物等方方面面的科学成就，还镌刻有地理学领域的卓越贡献。

首先，他在世界上最早科学地论证了海陆变迁现象。关于海陆变迁，我国的先人对此早有认识，大家熟知的“沧海桑田”一语，便是对这种现象的生动概括。晋代的医学家、炼丹家葛洪，还在《神仙传》一书中，以神话故事的形式，表达了这种认识。

随着人类科学的进步，社会生产力的发展，人们对海陆变迁的认识，也有一定的深度。

白居易对沧海变桑田的过程作了合乎科学的解释：海浪对陆地泥沙的不断冲刷，是使大海淤填成陆地的主要原因。

沈括率先对这一现象作了科学的论证，从而把海陆变迁的认识推向了一个新的阶段。1074年，沈括奉命到河北西路，也就是现在的河北西部、河南北部等地区巡察。当他沿着太行山向北行走的时候，在山崖间，他常常看到含有螺蚌壳和鸟卵形的砾石，像一条长带，横贯在石壁中间。经过观察分析，沈括在他的《梦溪笔谈》中指出：

由此可见，这里过去曾经是海滨。然而现在东面距海已经近千里了。今天所称的大陆，都是淤泥沉积而成的。尧杀鲧的地方在羽山，按过去的说法，羽山在东海中，而如今的羽山却在陆地上了。黄河、漳河、滹沱河、涿水、桑干河等河流，都是含有大量泥沙的浑水。今天，函谷关、陕县以西的地带，河水都在地面以下流动，河道低于地面不少于一百余尺。这些河流携带的泥沙年年向东流，全都沉积为大陆的泥土，这是必然的道理。”

沈括的这段话，是我国古代重要的海陆变迁学说。他不仅非常正确地阐释了华北平原形成的原因，还很科学地论证了海陆变迁现象，把古老的沧海桑田说建立在更加科学的基础之上了。这比西方意大利人达·芬奇（1452～1519）最早理解亚平宁山中的螺蚌壳化石为海中古生物遗迹，要早400多年。

地震预测

有文字以来的最早地震记录，据查，是在《竹书纪年》中。该书记载了公元前 1831 年的一次地震。《吕氏春秋》、《诗经》、《左传》等先秦古籍中，也都保存了许多古老的地震记录。

张衡是东汉时期著名的科学家，在许多领域都有卓越的成就。他创造了世界上第一架用水力发动的天文仪器“水运浑象”；发明了机械日历；写出了著名的数学专著《算罔论》；制造出指南车、记里鼓车等机械。

张衡一生中就遇到过多次地震。据记载统计，从公元 92 年至 139 年间，京城洛阳和陇西就连续发生 20 次地震，其中有 6 次还是破坏性极强的地震。地震区有时大到几十郡，以致地裂山崩、江河泛滥、房倒屋塌、物毁人亡。面对这深重的灾难，张衡的心被强烈地震撼着，他决心制造出一架观察地震的地动仪，为抗震救灾服务。

经过无数次的试验，张衡终于造出了他日思梦想的地动仪。他为这架仪器取名为“候风地动仪”。

候风地动仪用青铜铸造而成。它的外形很像我们日常用的带盖凸肚茶杯，直径大约有 189.4 厘米，东、西、南、北、东南、东北、西南、西北 8 个方位等距离镶嵌着 8 条龙。龙垂直向下，翘着头，嘴里含着一颗小铜球，若吞欲吐的样子。每个龙头下的地上，都对准龙嘴蹲着一只仰头张口的铜蛤蟆，在那里等着接龙嘴里的小铜球。

那么，这地动仪是怎么测定地震的呢？原来，它的中央竖着一根上粗下细的大铜柱，铜柱的旁边通着 8 条道，每条道上都设有发动机关，连着龙头。一旦某个方向发生了地震，大铜柱就倒向那边，并触动发动机关，使发生地震方向的龙张开嘴巴，吐出铜球，落到铜蛤蟆口中，而其他的龙则不动。球落时，还能发出激扬的声响。观测人员根据铜球落入铜蛤蟆口中的响声，就知道了在什么时间什么方位发生了地震。

汉顺帝永和三年，也就是公元 138 年二月初三的这一天，地动仪的一个龙机关突然发动，一个小铜球落到了铜蛤蟆嘴里。按张衡的说法，落球的方向当有地震发生。3 天后，陇西（今甘肃省东南部）有人飞马来报，说是那儿发生了地震。这正是地动仪标示的方向。

张衡地动仪的制造成功，是世界地震科学技术史上的一件大事。它是利用物体的惯性来拾取大地震动波，进行远距离测量。这一原理直到现在仍为人们所使用。在国外，直到 1000 多年后的 13 世纪，古波斯才有类似的测震仪；而欧洲，就更晚了，在 18 世纪才出现利用水银溢流来记录地震的仪器。

张衡虽然很早就创造出了地动仪，但由于封建王朝的统治者对于科学技术上的发明创造不予重视，所以，他的研究得不到有力的支持。地动仪制造出来后。不仅没有推广使用，最后竟连这一科学硕果也因没能很好地保护而丧失了。这无疑是科技史上的巨大损失。近代的科学家复制了张衡创造的候风地动仪模型。现在这一模型陈列在中国历史博物馆内。

煤的开采

公元 1275 年的夏天，意大利著名旅行家马可·波罗来到中国。由于受到元世祖忽必烈的赏识，马可·波罗还在元朝廷里当了官员，并在中国整整住了 17 年。公元 1295 年底，马可·波罗返回了威尼斯。他的邻里乡亲除了欣赏他带回去的丝绸瓷器外，还请他讲他在中国遇到的新鲜事。马可·波罗对他们说：“在中国，有一种黑石头，能像木柴一样燃烧，但火力却比木柴强，从晚上烧到早上还不会熄灭。”马可·波罗把这件新鲜事写到了他的《马可·波罗游记》中。

其实，马可·波罗说的这种奇怪的“黑石头”，就是我们现在使用的煤。在马可·波罗见到煤时，我们中国人用煤作燃料已经有 1000 多年的历史了。大约在新石器时代晚期，也就是在马可·波罗之前 5000 多年前，就认识了煤。

煤，在我国古代文献中曾被称为石涅、石墨、石炭等。成书于战国时代的《山海经》，便有这样的记载：“女床之山，其阳多赤铜，其阴多石涅。”女床山就是“陕西凤翔的岐山”。这段话的意思是说：女床山的南面多产赤铜，山的北面多产石涅，也就是“煤”。这是古籍中有关“煤”的最早记载。

早期拿来作为雕刻材料使用的煤，都是取之于露天的。有资料记载和考古发现证明的我国开采煤矿和用煤作燃料，则是西汉的事。司马迁曾著有千古绝唱《史记·外戚世家》部分，司马迁在为窦皇后和她的胞弟窦少君作传时，选择了窦少君为人挖煤，又赶上旧煤坑崩塌，100 多人皆死于非命，而唯独他侥幸逃生的典型事例，来反映窦少君的不幸遭遇。然而，司马迁却没有想到，他的这段记载，竟是中国乃至世界采煤的最早记录。1958 年至 1959 年间，考古工作者在河南巩县铁生沟发掘了西汉中后期的冶铁遗址。结果发现，当时的人们炼铁是用木柴、原煤和煤饼作燃料的。唐宋以后，我国煤的开采和使用更为普遍，而且采煤技术也达到了很高的水平。从河南鹤壁市北宋晚期煤矿遗址中可以知道，当时是先由地面开凿圆形竖井，然后依地下自然煤层的变化开掘巷道。除考古发现外，记载最详的，要算明代宋应星的《天工开物》，书中写道：有采煤经验的人，根据地面上的土质颜色，就能判断出地下是否有煤，然后往下挖掘。挖掘到 5 丈左右的时候，才能得到煤。刚见煤层的露头，毒气冒出能伤人。但有一种方法能排除毒气，就是将大竹子的中节凿通，削尖竹筒的末端，然后把它插进煤层中，那毒气就能通过竹筒排出了。这样一来，人便可以在煤井下用大锄挖煤了。若井下发现煤层向四面延伸，可随着煤的分布，横打巷道挖取。但巷道要用木板支护，以防崩塌伤及挖煤人。凡是煤层挖采完以后，都要用土把煤井填实。

宋应星的这段话，不仅记载了怎样找矿、采矿，而且记述了排除毒气和防止塌陷的具体措施。这种措施是很科学的。

西方关于煤的最早文字记载始于公元 315 年，比我国晚了近 800 年；而英国则直到公元 13 世纪，才开始采煤，比我国晚了 1400 多年。

黑色金子——石油

石油在我国古代又称石漆、石液、石脂水、石脑油、猛火油。据有关资料记载，我国古代较早发现石油的地方有3处：陕西延安、甘肃酒泉和新疆库车附近。其中以延安地区为最早。东汉著名史学家班固，在他所撰的我国第一部纪传体的断代史《汉书·地理志》中说：“高奴，有洧水，可以燃烧。”高奴在今天的延安附近。洧水是延河的支流。这种可燃之物，就是石油。北宋著名科学家沈括，在他的《梦溪笔谈》中，便详细地说明过这“高奴石油”。更有意义的是，他还在文章中首先使用了“石油”这一名称。

西晋的张华在他所著的《博物志》中指出，在酒泉镇延寿县以南的山里，有一种会流出“泉水”的山岩。流出来的“水”用火一点，它就能燃烧。张华这里所说的“泉水”，就是从岩石缝中渗出来的石油。北宋时，都城汴京的兵工厂里，还设有“沥青作坊”和“猛火油作坊”，专门生产石油火器。曾公亮在《武经总要》中说这种武器，若是击中了人，没有不糜烂的；若是水战，还能烧浮桥、战舰。明朝著名医学家李时珍，在他的《本草纲目》里，还对石油进行了药理分析，提出了新的药用见解。

《元一统志》记载：“在延长县南迎河有凿开石油一井，其油可燃。……又延川县西北八十里永平村有一井……”《元一统志》是公元1303年的著作，这表明，至少在600多年前，我国就已经开始钻井采油了。而在国外，直到1859年，美国才打出了第一口石油井。而且，这也是西方国家的第一口石油井。不言而喻，我国不仅是世界上最早发现和使用的国家，还是世界上最早开凿石油井的国家。这足以让我们为我们的先人感到自豪。

先进的青铜冶铸技术——司母戊大方鼎

夏朝至春秋这 1600 多年的时间，称为“青铜时代”。青铜是相对红铜来说的。红铜是纯铜，而青铜则是铜、锡、铅等元素的合金。为什么把铜、锡、铅的合金称为“青铜”呢？这是由于它以铜为主，而且合金的颜色发青绿色，所以，人们就称这种合金为“青铜”。

成书于春秋战国的《考工记》，便对工匠们在长期的冶炼实践中，逐渐认识到的合金的成分、性能和用途之间的关系，做了全面的总结，并提出了著名的“六齐”规律。“六齐”就是“六剂”，也就是六种合金配方。这是世界上最早的合金配比的经验性科学总结。

名闻世界的司母戊大方鼎便代表了青铜时代的青铜冶铸技术水平。

司母戊大方鼎是在河南安阳发掘出来的。关于它的出土，还有一段插曲：1939 年 3 月的一天夜晚，位于河南安阳武官村的吴氏故园中，人影憧憧，还不时有灯光闪过。只听有人用很低但又很有力的声音说：“大家再加把劲，马上就要挖出来了！”这些人在干什么呢？原来，3 天前，有人说在这里发现了个大宝贝，于是，便找了几十个人来帮忙挖掘。因为当时正是中华民族灾难深重的年代，日本侵略军随时都有可能进村骚扰，所以，村民们不敢白天挖掘，只得晚上悄悄地干。这已经是第三天夜晚了。

铁锹声又响了一阵，人们终于看清了，他们挖的宝贝是一个青铜大方鼎。这么大的东西往哪里放呢？村民们都觉得很难办。一位年长的老者说：“我看这样吧，咱们先用柴草盖起来，谁也不要走漏风声，等找到合适的地方再把它转移走。”

事情就这样定了。谁知，消息还是传了出去。日本侵略军的头目听说武官村挖到了宝贝，便把村长叫了去，让他赶紧把宝贝给送去。村长一去日本军营，村民们便知大事不好，立即聚集到一块商量对策。最后大家一致决定，把大方鼎再埋入地下。并表示，即使脑袋掉了，也不能让大方鼎落到敌人手里。结果，敌人使尽了毒招，也没有找到大方鼎。

大方鼎一直在地下埋着，直到日本帝国主义投降后，人们才在 1946 年 6 月，把它重新挖了出来。因大方鼎的内壁上铸有“司母戊”3 个字，所以人们就称它为“司母戊大方鼎”。

学者们考证，“司母戊”的“司”字，意思是“祭祀”。“司母戊”连在一起，便是“祭祀名字叫做戊的母亲”的意思。长期以来，学术界一直认为，第二十八代商王武乙的妻子叫做“戊”，因此这大方鼎是武乙的儿子文丁为祭祀母亲“戊”铸造的。

司母戊大方鼎作为商代晚期的青铜器则是无疑的。它高 133 厘米，长 100 厘米，宽 79 厘米，重达 875 公斤，是我国现存的最大青铜器，也是世界罕见的青铜器精品。

青铜器的铸造过程本来就很难，铸造这么个大鼎，更是难上加难。铸青铜器，首先要制作泥范，这泥范就像现在的石膏模。泥范又分内范和外范，熔化的铜汁浇注在内范与外范之间的空隙中，待冷却后，拆毁内范、外范，经磨光修整，便铸造出了所需的青铜器。如果想要花纹，把花纹雕刻在外范上就行。这是铸造一般小件青铜器的方法，而要铸造司母戊大方鼎这一庞然大物，则必须采用多个泥范分别铸造的工艺。人们从大方鼎身上的铸痕中看到，铸大方鼎时，鼎身的每一边都用了八块外范，鼎足则用了三块外范，即

使是鼎耳，也是单独作范，铸成后另外焊接上去的。如此多的外范，竟铸得如此严丝合缝，不能不让人称奇。

另据推算，铸造司母戊大方鼎，至少要熔化一千公斤铜、锡、铅等各种金属原料，当时的坩埚，一般只能盛 12.5 公斤的溶液。因此，铸鼎时，要用七八十个坩埚同时熔铜。这样一来，就得有几百人密切协作才行。你可以想象得出，当时的场面会是多么的盛大。

卓越的冶铁技术——沧州铁狮

天然的纯铁在地球上几乎找不到，人类最早发现和利用的铁，便是天空中落下来的陨铁。我们的先人大约是在商王朝（公元前 1300 年左右）时，对陨铁有了认识，并加以利用的。我国对陨铁发现和利用虽然比埃及晚，但却是最早进行人工冶炼铁的国家。最迟在春秋时期，我国的劳动人民就掌握了冶铁技术。人们发明了高大的竖炉，以木炭为冶炼燃料，用皮口袋鼓风来使炉温升高，冶炼出世界上从未有过的生铁，使我国的冶炼技术后来居上。而在欧洲，直到公元 14 世纪，才炼出生铁，比中国晚了 1000 多年。我国的考古工作者曾在江苏六合程桥出土了春秋晚期的一种铁丸，经科学鉴定，这种铁丸就是用白口生铁铸造的。这是到目前为止我国出土并且经过分析的最早的生铁实物，也是世界上最早的生铁实物。

“生铁”是相对于“熟铁”而言的，它是人们根据铁含碳量的多少，而给铁划分出的两个类别，一般我们把含碳量小于 0.05% 的铁叫熟铁，把含碳量大于 2.0% 的铁叫做生铁。

在我国古代，生铁最早主要是用来铸造家具和手工业用器，但到后来，随着生铁应用范围的扩大，一些大型和特大型铁铸件便不断问世了。浙江北雁荡山能仁寺，曾铸有一口上口直径为 2.2 米，高为 1.55 米的大铁锅，这口大铁锅据锅上的铭文记载，重二万七千斤。五代后周时期，河北沧州还铸有一个铁狮子，这狮子重达五万余斤。那么，这么重的铁铸件，是怎样铸出来的呢？

沧州铁狮在河北沧县旧州城内，距沧州市 20 公里，沧州古城又名狮子城，就是因铁狮子而得名。铁狮铸于公元 953 年。相传是周世宗北征契丹时，罚罪人铸此，以镇守州城。铁狮身高 3.8 米，头部 1.5 米，通高 5.3 米；通长 6.5 米，身躯宽 3 米，总重量约 5 万余斤，是我国早期最大的铁铸件。

铁狮栩栩如生，历经千年，雄风犹存，即使是在眼下，要铸这么庞大的活灵活现的铁狮子，也不是一件容易的事。先人们采用的是中国传统的泥范铸造技术，按照分节叠铸方法而成的。狮腹内壁光滑，当是用整块泥模为芯；外观有明显的范块拼接痕迹，显然是分段接铸而成的。从拼接痕迹上看，范块的尺寸大小不同，像四肢和左、右肋的范块就有 13 种规格。狮身各段铸范共 300 余块，另加背上莲花盆 65 块，总共约有 400 多块外范。仅从这众多的外范块数来看，就可见铸造工艺之复杂，也足见我国铸造技术的水平。

古代最先进的制钢技术——灌钢

世界上，在 1740 年坩埚制钢法发明之前，最先进的制钢技术，是算中国古代创造的“灌钢”冶炼法。

“灌钢”，又称“团钢”。它是由生铁和熟铁合在一起冶炼得到的一种含碳量较高、且质地均匀的优质钢，(含碳量在 0.05%~2.0%的铁称为钢)。这种具有独创性的灌钢冶炼方法，至少在南北朝时期就已经发明了。除了那些无名英雄之外，从文献记载上，我们知道的这种先进技术的最初实践者，就是北朝东魏、北齐间(公元 550 年前后)的著名冶金家綦母怀文。

綦母怀文是个讲究“道术”的人，在北齐的信州做过刺史。他曾炼造出一种“宿铁刀”。这“宿铁”，就是后世所说的“灌钢”。《北史·艺术列传》里记录有他的这一发明创造。书中记载说：

“怀文造宿铁刀，其法烧生铁精，以重柔铤，数宿则成刚(钢)。以柔铁为刀脊，浴以五牲之溺，淬以五牲之脂，斩甲过三十札。”

这段话的意思是说：綦母怀文制造有宿铁刀。他的方法是，选用品位比较高的铁矿石，冶炼出优质生铁，然后把液态生铁灌注到熟铁上，这样几度熔炼，就成了钢。钢炼成之后，他便以熟铁做刀背，用钢做刀锋，并用动物的尿和油脂来淬火。用这种方法制造的宿铁刀，能一下子砍断 30 多块叠放在一起的胄甲片。

从这段记载中可以看出，綦母怀文不仅最早实践了“灌钢”冶炼法，还创造了畜尿和油脂两种淬火介质，这是綦母怀文在钢的热处理技术上的一大创新。在綦母怀文之前，人们一般都用水作为淬火的介质，而綦母怀文用牲畜尿和动物油脂作为冷却剂，一方面扩大了淬火介质的使用范围；另一方面，也是更重要的，是可以获得不同的冷却速度，从而得到不同性能的优质钢。

灌钢法是我国古代炼钢技术上的卓越成就。它的发明和推广，对于增加钢的产量，改善兵器、农具和手工工具的质量，都有着重大的意义。因此，隋唐时期，这种方法受到了冶炼家的垂青；而到宋朝，则流行于全国，并有所创新和完善，成为当时的主要炼钢方法。在沈括的《梦溪笔谈》中，除了记有当时的冶炼方法外，还首次提到“灌钢”一词。他说：“世间锻铁所谓钢铁者，用柔铁屈盘之，乃以生铁陷其间，封泥炼之，锻令相入，谓之团钢，亦谓之灌钢。”

这话的意思是说：社会上所说的炼钢，就是在炼钢炉中，把熟铁屈绕成盘，并将生铁片嵌在盘绕的熟铁条中间，然后用泥把炼钢炉密封起来烧炼。待炼成后取出来锻打。用这种方法炼出来的钢，就称为团钢，也叫灌钢。

时至明代，这种灌钢的冶炼技术又有了很大程度的发展。著名科学家宋应星在他所著的《天工开物》一书中，详细地记述了当时的灌钢工艺。他说：

“凡钢铁炼法，用熟铁打成薄片如指头阔，长寸半许，以铁片束包尖紧，生铁安置其上，又用破草覆盖其上，泥涂其底下。洪炉鼓鞴(bèi)，火力到时，生钢先化，渗淋熟铁之中，两情投合。取出加锤，再炼再锤，不一而足。俗名团钢，亦曰灌钢者是也。”

宋应星这段话的意思是说：炼钢的方法，是先把熟铁打成像手指头那样宽，一寸半左右长的薄片，然后用熟铁片束包扎紧，再将生铁放在扎紧的熟铁片上面。随后，盖上破草鞋(要用沾有泥土的，这样才不至于立即被烧毁)，另外，在铁片底下还要涂上泥浆。当这一切都做完之后，把它放进洪炉里，

用劲鼓风，达到需要的温度时，生铁便先熔化成铁液，渗淋到下面的熟铁中，两者便互相融合了。这时，就可取出锤打。经过再炼再锤，反复多次才行。这样锤炼出来的钢，俗称团钢，也叫灌钢。

我们不难发现，明代灌钢的冶炼方法已跟宋代大不相同：人们不再用泥封炉，而改用涂泥的草鞋遮盖；不把生铁片嵌在盘绕的熟铁条中，而把生铁片覆盖在捆紧的熟铁片上。这两种方法的改进是具有很大进步性的。正如杨宽先生在《中国古代冶铁技术发展史》一书中所分析的那样：“他们不用泥封而用涂泥草鞋来遮盖，一方面是使炼钢炉依然能够从空气中得到氧，使生铁在还原气氛下熔化；一方面是使大部分火焰反射入炉内，以提高冶炼温度。他们把熟铁打成薄片后夹紧捆住，无非使生铁的铁液能够灌到若干熟铁薄片的夹缝中，增加生铁和熟铁的接触面，使熟铁易于吸收生铁的铁液，能够使碳分均匀地渗入。”

明代，除了宋应星所记述的这一改进的灌钢技术外，还产生了一种新型的灌钢冶炼方法，这就是“苏钢”冶炼法。“苏钢”是灌钢发展的高级阶段，灌钢的优点在这里得到了最充分的表现。

相传，“苏钢”是由江苏人发明的，所以称为“苏钢”。它的冶炼方法，明朝的唐顺之在他所著的《武编·前编·铁》中有简略的记载，他说：“以生铁与熟铁并铸，待其极熟，生铁欲流，则以生铁于熟铁上，擦而入之。”也就是说，把生铁与熟铁放在一块冶炼，等到生铁熔化，铁汁欲流时，则将生铁水擦入熟铁中，灌钢就炼成了。

“苏钢”冶炼法创造出来以后，曾在明末、清代盛行一时，直到近现代，还有冶炼家用这种方法炼钢。但方法又大大地进了一步。它的具体操作要点是：

炼钢时，先把没有经过锻打的熟铁（料铁）放到炉内，鼓风加热。两分钟后，用火钳钳住生铁的一端斜放在炉口内，继续鼓风，使炉内温度不断升高。当炉温升到 1300 左右的时候，斜搁在炉口内的生铁的一端开始熔化，开始不断地滴铁水，这时，炼钢工人使用大铁钳钳住生铁在炉外的一端，左右移动，使铁水均匀地淋到熟铁上。同时，不停地翻动熟铁，使熟铁各部分都能均匀地吸收铁水。淋完两次后，便把熟铁夹到铁砧上锻打。去除杂质，就得到了需要的钢坯，俗称“钢团”。

以上我们介绍了“灌钢”的不同操作工艺，这些先进的科学技术成果，都是我国古代劳动人民的智慧结晶。正是由于他们的发明创造，使我国古代的炼钢技术自立于世界之林，为我们中华民族争得了荣誉。

世界钟王——永乐大钟

北京海淀区魏公村东，北三环路北侧的“大钟寺”，原本称为“觉生寺”，后来因为寺里悬挂了一口非常大非常大的铜钟，所以，人们就称这座寺院为“大钟寺”。大钟寺是清雍正十一年（公元1733年）修建的。它的规模可以用“宏大”两个字来形容。自南向北依次为山门、天王殿、正殿、后殿、藏经楼、大钟殿、配殿等。名为“华严钟”的大钟，便悬挂在大钟殿内。

大钟殿从外面看颇像天坛的祈年殿，下方上圆，高五丈，四面皆窗。大钟便悬挂在8根立柱支起来的钟架上。这8根立柱每根都有一合抱粗，上面绘着五彩金龙。这些金龙栩栩如生，把大钟更衬托得气势非凡。大钟通高6.75米，钟唇厚22厘米，钟口最大直径3.67米，总重量约为46.5吨。这口足有两层楼高的大钟，上上下下、里里外外都铸满了文字。每个字1~1.5厘米见方，字体恭楷端正，古朴遒劲，相传是明初著名书法家沈度的手笔。据考证，这口大钟铸有7部佛经，9项汉文咒语和100多项梵文咒语，总计23万余字。至今钟文清晰可辨。

大钟除“华严钟”这一名称外，又称“永乐大钟”。这是因为它铸于明朝永乐年间而得名。大钟自问世以来，一直是世界上公认的“钟王”。《大英百科全书》把它排在世界著名古钟的榜首。1733年，俄国沙皇为了超过中国的这口大钟，曾不惜花费巨大的人力、财力，用了5年时间，在莫斯科铸造了一口约193吨重的大钟。可是，还没等沙皇高兴上多一会儿，那口大钟浇铸冷却后便裂了一条大缝，成为敲不响的哑钟。而我国的大钟，至今完整无损，钟声远播，这不能不归功于我国先进的冶炼铸造工艺。

永乐大钟是冶炼工匠采用我国传统铸造技术“泥范法”一次铸造成功的。它的具体做法是：先在地上挖一个大坑，用草木和三合土做好内型，上面涂上极细极纯的泥，把写好字的宣纸反贴在细泥上，刻好阴字，再加热烧成陶范，然后再一圈圈地做好外范。最后，将熔好的铜汁一次灌入，大钟便铸成了。

这做法说起来简单，实际上是一种巧妙而又需要熟练技巧和很好组织协同的工艺措施，哪一环节出现偏差，都可导致铸件的失败。别说是在古代手工业生产技术的条件下，就是在今天，要成功地浇铸40多吨的大铸件，也不是一件容易的事。由此可见，当时我国工匠们的冶铸技术已经达到了炉火纯青的地步。

经专家们用现代科学方法测量，大钟的合金比率非常科学合理：其中铜80.54%，锡16.4%，铅1.12%，还有其他一些少量金属元素。专家们认为，正是由于这种合理的合金比率，才使得大钟质地坚固，硬度适中，虽经重击，音质也不受破坏。大钟的钟声声级可达120分贝，在声音传播条件好的情况下，声响可传百里之遥，而且能持续3分钟之久。更令人不可思议的是，大钟的振动频率与音乐的标准音频率相差无几。钟壁自上而下，还可依次分出高低不同的音阶。难怪日本著名声学家北村音一教授在聆听了大钟的钟声后，赞叹地说：“这是我听到的世界上最美妙的钟声。”

植物纤维的最早利用——葛布

葛布是用葛的韧皮作原料，经过一系列加工纺织而成的织物。葛是一种多年生的草本植物。它的叶子挺大，茎蔓生，开着紫红色的小花。喜欢生长在气候温暖湿润的山区。

我国利用葛的历史非常悠久。还是在旧石器时代的时候，我们的先人便知道挖取葛的根来作食物，并用葛的藤条来捆绑捕获的猎物。渐渐地，先人们发现，葛的用处并不仅仅限于这些，它还能派更大的用场。

那还是旧石器晚期的日子。有一天，先人们用葛藤提着捕获的猎物，回到了他们栖息的山洞。出去一天了，大家都饿。因此，他们顾不得解去葛条，就把猎物投进了瓦罐里，点火煮起来。

香味蒸腾在山洞里，饥饿的人们用树枝拨拉掉葛藤条，夹起香喷喷的肉，大口大口地吃起来。当他们吃了肉，喝了汤，正准备收拾瓦罐、存储火种休息时，即发现了一个奇怪的现象：经过沸水煮过的葛藤，变得是那么的柔软，并能分离出一缕缕发白的纤维来。这引起了有心人的注意。他们忘记了疲劳，议论起怎样利用这新东西来。有人说：“用它搓葛绳不错，肯定很耐用。”这人的话音刚落，又有人说：“可以用它编网捕鸟。”“这主意挺好。”许多人都表示赞同，说干就干。先人们把平日里扔掉的葛藤又捡了回来，放到瓦罐里煮。然后把分离出来的一缕缕葛纤维搓成了纤细的绳子，又编结成了大网。这创造性的发明让先人们大大地高兴。他们围着篝火，唱起了快乐的歌，跳起了欢快的舞。一直到天亮，还兴犹未尽。

后来，有人受这大网的启发，把葛纤维用最原始的工具加工成了粗纱线，并编织成片。这就是最初的葛布。葛布的发明，极大地改变了古人的生活条件。在葛布发明之前，古人冬天穿兽皮御寒，夏天用树叶遮体。因树叶极易破损，常给古人带来很多麻烦，所以，当原始的葛布被织造出来后，马上受到人们的青睐。大家纷纷上山采葛藤，回洞煮葛藤取纤维，然后织葛布，做葛衣。说来也怪，这葛衣也特别适宜夏季穿着，它不仅耐穿，还透气不粘身。就这样，葛纤维成了我们祖先最早利用来纺织的植物纤维，葛布走进了人们的生活。

第一块葛布我们恐怕永远也没有机会见到了。但我国的考古工作者却于1972年在江苏吴县草鞋山新石器遗址中，发掘出3块葛布残片。这是现在我们所能见到的最早的葛布。这3片葛布尽管还很粗糙，但价值却十分重大。它说明，我们的祖先至少在6000多年前，就已创造了纺织葛布的技术。

早期利用的葛都是野生的。商、周之后，人们便注意采集葛种，并不失时机地加以种植。周代还专门设立“掌葛”的官吏，来专门负责葛的种植和纺织。一部《诗经》，涉及到葛的种植和纺织的，就有40余处。

西汉以后，由于纺织技术的大幅度提高，葛布的质地更为精良，甚至可以跟丝织品相媲美。

葛布的优点毋庸多言，但因为葛藤生长较慢，加工困难，所以，到唐宋时，在中原地区，葛已被丝、麻所取代。只是在南方的一些山区，还有人采葛织布。明清时代，我国不论北方还是南方，都开始大面积种植棉花，葛布衣便退出了历史舞台，而仅有个别地区用葛布来制做工艺品。

谁发明了养蚕缫丝

传说黄帝战胜了凶恶的蚩尤，由小姑娘变成的蚕神便亲自手捧着两束洁白的丝，前来敬献给黄帝，向他表示祝贺。黄帝从来没有见过如此漂亮而稀罕的东西，现在一见，高兴得不行，忙吩咐皇后嫫祖，叫她用这丝来织绢。嫫祖是位心灵手巧的女人，没多久，她就织了一幅又轻又软的绢。随后，她又用绢给黄帝做了一套礼服和一顶礼帽；黄帝则把剩下的绢赐给了大臣伯余，伯余拿它做了一套衣裳。

后来，嫫祖亲自养育起蚕来，黄帝还下令让他的臣民种植桑树。就这样，蚕种不断地滋生繁衍，越来越多，遍及我们祖先居住的大地；它又一代一代地传下去，一直传到现代。

另有一则故事说：黄帝战胜了蚩尤，建立了部落联盟，大家一致推选黄帝为部落联盟的首领。

一天，黄帝把他的大臣，还有皇后嫫祖召集到一块儿，对他们说：“以前，战争不断，咱们无力发展生产，更谈不上制作生活用品了。如今，天下太平了，咱们要种植五谷，制造工具，缝做衣裳。这种五谷、造工具的事，由我负责。这缝制衣服的事，由嫫祖操持。胡曹、伯余、于则，你们三人也帮着嫫祖多做些事情。”

嫫祖是位既聪明又能干的皇后。她听了黄帝的话，马上应道：“请夫君放心，我一定要让大家都有衣服穿！”随后，她便吩咐那辅助她做事的大臣：“胡曹，你具体负责做帽子；伯余，你具体负责做衣服；于则，你具体负责做鞋。我带着人剥树皮，纺麻网，加工皮毛，为你们提供材料。”

在嫫祖的操持下，很快，部落里的人全都穿上了合体的衣裳，戴上了漂亮的帽子，脚上也有了舒服的鞋子。可是，由于过度劳累，嫫祖却病倒了，好几天什么东西也吃不下。守护在她身边的侍女，想尽各种办法，为她做了可口的饭菜，而她见了，总是摇摇头，不想吃。黄帝和大臣们见嫫祖日渐消瘦，很是着急，但也没有办法。

后来，侍女们悄悄商量说：“这里的饭菜也许是太没味道了，所以，皇后娘娘不愿意吃。咱们为什么不能上山去给她采摘点新鲜果子吃呢，也许她会喜欢吃的。”商量好了以后，第二天一早，她们留下一个在家看护嫫祖，其余的人都上了山。她们走遍了山山岭岭，跑遍了沟沟岔岔，但采摘到的野果不是苦，就是涩，没有一种觉得可口。天快黑了，侍女们很沮丧：咳，折腾了整整一天，什么果子也没找到，这可怎么是好呢？大家垂头丧气地准备往回走。忽然，一位到河沟里找水喝的侍女高声喊叫起来：“快来看哪，这小白果有多漂亮。”侍女们随着她的喊声跑了过去。她们惊异地发现，在河沟旁有一片桑树林，桑树上结满了雪白色的小果。她们以为找到了上等的果子，便欢呼着采摘起来。她们太高兴了，竟忘了品尝。等到拿回宫去用嘴一咬，才知道这小白果根本咬不动，而且什么滋味也没有。侍女们楞了，你看我，我看你，谁也不知如何是好。

这时，一位名叫共鼓的大臣恰巧从这几位侍女面前走过，见此情形，忙问发生了什么事。侍女便把事情的原委向他说了一遍。共鼓一听随口说道：“咬不动有什么关系，用水煮熟了，不就能咬动了吗！”侍女们一听，觉得很有道理，便忙拿来瓦罐，放上水，把白果倒进水里，烧着火煮起来。可是，煮了好一阵子，还是咬不动。有位侍女急了，拿起一根细木棍，便在罐里乱

搅起来。搅了一阵，搅累了，她想将木棍拽出来。谁知，木棍上缠绕着许许多多像头发那样粗细的白丝线。

这新奇事被嫫祖知道了，她强撑着让人把她扶到瓦罐旁。嫫祖仔细瞅着罐里连着罐外、罐外连着木棍的白丝线，笑了，说：“姑娘们，这果子虽然不能吃，却可以派上大用场。如果用这细丝织成布，那做出来的衣服准保又舒服又漂亮。”说来也怪，嫫祖见了白丝线，病竟然不治而愈了。

第二天，嫫祖便让侍女们领着来到了那片桑树林。经过观察发现，那白果子并不是树上结出来的。它是一条蠕蠕而动的虫子口中吐出的细丝绕织而成的。嫫祖给这虫子取名为“蚕”，给它织成的白果子取名为“茧”。自此以后，栽桑养蚕缫丝织绸做衣就在嫫祖的领导下开始了。后人为了纪念嫫祖的功绩，尊称她为“先蚕娘娘”。有的地方还建庙祭把她。

这些美丽而动听的传说，虽然不足以作为养蚕、缫丝、织绸、制衣起源的论据，但它却至少说明，我国最早是用野蚕丝织造丝绸的，后来才改用家蚕丝。丝绸的出现比棉布要早得多，大约在上古时代，就有了原始的蚕丝利用技术。

关于这一点，史书上也多有记载。《尚书·禹贡》中便说：在大禹统治中国时候，是按各地土地的出产，确定贡赋的。当时的兖州、青州、徐州、豫州，东至山东半岛，南到江淮流域，都种桑出丝。他们的贡赋，除了丝之外，还有用竹筐装着的彩绸。在商代的甲骨文中，则早有了“丝”、“桑”、“帛”等字样。这表明，丝绸的织造，在那时已具有十分重要的意义。

这些古代文献记载，已被出土的大量文物所证明。1926年春，考古工作者在山西夏县西阴村的新石器时代遗址中，曾发现一个用某种工具切割开来的蚕茧，它的样子很像半个花生壳。1958年，在远离西阴村几千里之遥的浙江吴兴钱三漾新石器时代遗址中，考古工作者竟发掘到一些丝织品，其中有绢片、丝带、丝线等。这些丝织品织制得还相当不错呢！1950年，在河南安阳殷墟遗址，考古工作者还发现，有的青铜器上还粘附着织造精美的细绢。由此可以断定，早在5000多年前，我国的蚕桑丝织事业便兴起了。

那么，是谁最早创造这一技术的呢？不用说，那是我国勤劳、智慧的人民，嫫祖不过是当时劳动人民的集中代表。

在5000多年前，人们都是靠打猎、采集野果和捡鸟蛋来维持生活。有一次采摘桑椹时，有人顺手把野蚕结的茧摘了回来。他把茧放在嘴里咀嚼着，茧里的蛹被他嚼碎了，蛹汁被他吸食了出来。“真是太香了，味道好极了。”嚼茧的人心里说。他实在舍不得扔掉这美味，就像现在的人们嚼口香糖一样，不停地一个劲地咀嚼。终于什么滋味也没有了，他才恋恋不舍地把它吐了出来。由于唾液的浸润和牙齿的研磨，他放在口中那坚韧的茧壳已经变得又松又软。因此，当他把茧壳从口中取出来，用手一撕扯，茧壳便成了一小团散乱的丝纤维。这奇怪的现象给了人们很大的启发，他们便上山摘来野蚕茧，放到锅里煮，然后用木棍搅和。于是，白白的细丝便被抽取了出来。再往后，他们又开始饲养家蚕，用家蚕结的茧来缫丝织绸，制作衣裳。

最初的丝线尽管非常粗糙，但却为后来利用蚕丝线开了一个大大的好头。当你现在身穿轻盈飘逸舒适的丝绸服装时，你该不会忘记我们祖先的开创之功吧？

17 世纪的工艺百科全书

《天工开物》是我国明代著名科学家宋应星撰写的一部科学巨著。它颇为详尽地记录了我国明朝中期到明朝末年农业和手工业生产技术的状况，其中有许多记载是当时居于世界领先地位的工艺措施和科学创见。因此，它被外国研究者誉为“中国 17 世纪的工艺百科全书”。

明万历十五年（公元 1587 年），宋应星出生在江西奉新一个名门望族家庭。他自幼聪慧过人，学习十分刻苦。因而，年纪很小时，宋应星就名闻乡里。中举之后，宋应星曾先后担任了江西分宜县教谕，福建汀州府推官，安徽亳州知府等官职。但他对做官兴趣不大，而醉心的是对农业、手工业生产技术的研究。《天工开物》就是他在分宜县做教谕时撰写的。所以，在明崇祯十七年（公元 1644 年），他干脆弃官还乡，专心从事于著书立说了。所著的著作，除《天工开物》外，还有《卮言十种》、《画音归正》、《杂色文》、《原耗》等，可惜，这些著作多已失传。值得庆幸的是，前些年，人们在他的家乡发现了他的 4 部佚著的明刻本：《野议》、《论气》、《谈天》和《思怜诗》。这是了解他思想的重要文献。

《天工开物》一书共 18 卷，依次为：乃粒（五谷）、乃服（纺织）、彰施（染色）、粹精（粮食加工）、作咸（制盐）、甘嗜（制糖）、陶埴（制陶）、冶铸（铸造）、舟车、锤锻、燔石（烧炼矿石）、膏液（制油）、杀青（造纸）、五金（冶金）、佳兵（兵器）、丹青（朱墨）、曲蘖（酿造）、珠玉。

从上列标题不难看出，《天工开物》一书几乎涉及到当时中国所有重要的产业部门，是一部百科全书。

《天工开物》内容广博，但最具重要价值的，还是它记述了工农业生产中许多先进的科学技术成果，并用技术数据给以定量的解说，用图画给以形象的说明。同时，它又提出了一系列的理论概念，从而成为一部完整的科学技术著作。

在水稻栽培技术上，它指出，水稻育秧后，30 天就可拔起分栽；1 亩秧田培育的秧苗，可以移栽 25 亩；早熟的水稻品种 70 天就能收获，晚熟的要 200 多天才能收获。这些技术数据对水稻生产有着重要的指导作用，这是以往农书所未曾记载过的。另外，它还首次记述了再生秧技术，以及冷浆田中用兽骨灰蘸秧根技术。这兽骨灰蘸秧根技术，是我国施用磷肥的最早记载。除此而外，还应特别指出的是，它又最先记述了早稻在干旱条件下变异为旱稻问题，这种物种发展变异观念的提出，在世界上也是首次。这是宋应星对世界生物学物种变异理论的最大贡献。

在养蚕技术上，它最早记述了利用一化性雄蚕蛾（一年孵化一次）与二化性雌蚕蛾（一年孵化二次）杂交来培育良种的方法，并指出了养蚕过程中要注意的问题。其中所说的烧残桑叶烟来抵挡臭气的“熏烟换气法”，也是以往的书藉从未记载过的。

在金属冶炼方面，它首次记述了今天俗称为“焖钢”的箱式渗碳制钢工艺，最早记述了火法炼锌的操作方法。

在造纸方面，它则详细地介绍了当时制造竹纸和皮纸的设备和方法。其中所记的用石灰浆处理竹穰，用柴灰处理纸浆和在纸浆中加纸药水汁的 3 项关键性工艺，直到今天仍有重要的参考价值。

《天工开物》不仅内容丰富，还图文并茂，书中附有 123 幅插图。这些插图能形象地帮助后人了解到当时的生产技术。其中有些珍贵的插图，如提花机、钻井设备、轧蔗机、大型浇铸锤锻千斤铁锚、阶梯式瓷窑、玉石加工磨床等，还是世界上较早的科技图录呢！

毫无疑问，《天工开物》是一部非常有价值的科学巨著。但你却想不到，这部科学巨著还差一点没能同世人见面呢！

原来，早年的时候，宋应星的家境还比较好，但慢慢地，他家的生活变得困难起来。尽管他身为官吏，可他从不捞取不义之财，仅靠一点微薄的俸禄养家糊口。因此，《天工开物》这部书写好之后，竟因为没有钱而迟迟不能出版。后来，幸亏他的朋友涂伯聚慷慨解囊，这部书才得以刊印。

最后，我们补充说明两点：

一是《天工开物》这一书名的含义。“天工开物”这 4 个字，是用“巧夺天工”和“开物成务”两句古成语合并而成的。前一成语的意思是说，人们用自己的聪明才智和精湛的技艺，可以生产出胜过天然形成的精美物品；后一成语的意思是说，如果掌握了事物的规律，就能办成事情。那么，这两句话合并后，总的精神又是什么呢？它就是：只要不断丰富提高自己的知识技能，遵循事物发展的规律，辛勤劳动，就能生产制造出生活所需的各种物品，其精美的程度胜过天然。

二是宋应星的去世年代。宋应星这颗科技之星到底是哪年哪月陨落，史书未见详细记载。后人推断，他大约逝世于清朝初年顺治年间，也就是 17 世纪的 40 或 50 年代。

别具一格的计时器——日晷·漏壶·孟漏

现在我们用钟表计时，古时候没有钟表，人们用什么计时呢？

请别为古人担心，他们也自有独特的计时仪器：

日晷（gu）。这是一种利用太阳的射影来测报时间的计时器。

那是在很久很久以前，老祖宗在和大自然的相处中，偶然发现，随着太阳的移动，树影的位置和长短也变化着，而且变化得很有规律：于是，他们找了些石块，把石块放在树旁，当树影移动到某块石头上时，就知道是什么时刻了。

他们砍了一根直木棍，把它直插在地上，用它来代替树木。这木棍真比树木好用，它的影子又细又长，投在地面的石头上，界线清楚极了，测的时间也比过去准确了许多。

这便是原始的日晷。这种日晷有一个底盘，底盘的边缘刻划着标志时间的线条，有的是钻的小孔，这划着线条或钻着小孔的底盘叫针盘；针盘中安放一条竖着的指针。在阳光下，指针便映出投影，而且会随着太阳的不同位置有规律地变化着。人们只要看指针的影子投落在针盘的哪个线条或小孔上，就能知道准确的时间了。

现在中国最早的日晷，是 1897 年在内蒙的托克托城出土的一个石制日晷，收藏在北京中国历史博物馆内。据专家考证，这石制日晷是西汉时期的制品。

日晷虽然使用方便，指示的时间也很精确，但它却受到阳光这一条件的限制。没有阳光的时候，例如，晚上或阴天，日晷就不能发挥它应有的作用了。

漏壶。是以漏壶滴水在刻箭上表示出时刻的记时器。

漏壶一般由铜制成，它的历史可以追溯到很远，至少在夏、商时期就已开始使用了。

早期的漏壶叫“沉箭壶”。它是这样制作的：在壶的底部钻一个小孔，壶的中间竖着一根标有刻度的箭杆。使用时，把壶里装满水。随着壶里的水慢慢地从小孔里往下滴漏，壶里的水平面也逐渐地下降，箭杆露出水面的部分则越来越长。古人就用箭杆露出水面的长度来计算时间，水面上箭杆上的刻度就表示时间数字。

沉箭壶的制作方法不难，但缺点却很明显。壶里的水位高时，压力大，水漏得快；水位低时，压力小，水漏得很慢。这漏速不均匀，记时便不准确了。

于是，聪明的古人又发明了“浮箭壳”。这浮箭壶的制作有些复杂：在不同高度上放置三个漏壶，然后在它们的下面再放一个接水壶，有刻度的箭杆便放在这个接水壶中。使用时，最上面的漏壶里的水先滴入中间壶里，中间壶里的水又滴入下面的壶里，而下面的壶里的水则滴入接水壶中。随着接水壶内水平面的升高，箭杆便逐渐上升，人们看箭杆上的刻度，就能知道具体的时间了。

漏壶的制造，根据有关资料的记载，我国在世界上是独一无二的。西方的水地钟和漏壶的功用一样，它是雅典法庭用来限制发言人的发言时间的。公元前 159 年传到罗马，现在雅典还存有这种遗制。但它的制造比我国的漏壶晚得多，据说，它是公元前 400 年柏拉图时代的产物。当然，它的使用也

不如我国的漏壶普遍。

我国最早的机械计时器，隶属于天文仪器。例如，唐朝梁令瓚等人发明的“开元水运浑天仪”，北宋苏颂等人制造的“水运仪象台”等，都包含着“机械计时器”。在这些机械计时器中，已采用了颇为复杂的齿轮系统。尤其是苏颂水运仪象台中报时装置里的机械擒纵器，与现代钟表里的关键机件——锚状擒纵器，作用非常相似。英国科技史专家李约瑟博士，便认为它“可能是欧洲中世纪天文钟的直接祖先”。

苏颂的报时装置虽然很是先进，但它仍是天文仪器的一部分。第一个把机械计时器从天文仪器中分离出来的，是元代科学家郭守敬。他制造的“七宝灯漏”，以水做动力，采用了齿轮系统和凸轮机构，能自动报时，还饰有可以按时自动跳跃的动物模型。其工艺水平大大超越了前人。这架“七宝灯漏”陈设在皇宫的大明殿内，颇受当朝皇上忽必烈的赏识。

郭守敬之后，到明代初年，能工巧匠詹希元又创造发明了“五轮沙漏”机械计时器。顾名思义，五轮沙漏风流沙为动力，来驱动齿轮运转。这种计时器不受气候影响，克服了水漏的不足，但由于沙粒本身很难均匀，因而不如流水那样能均匀地流动，准确性较水漏要差一点。

在我国古代漫长的历史岁月中，除了前面我们介绍的日晷、漏壶等计时仪器外，民间还流传着许多简单而实用的计时器。其中使用较多的是“孟漏”和“更香”。

孟漏，据说是唐朝的一个和尚发明的。制造使用原理很简单：在一个铜孟的底部穿一个小洞，把它放在水面上，水从洞中涌入孟里，孟里的水满到一定的程度，就会沉下去。于是，取出孟，倒掉水，再重复使用。铜孟的大小重量是有一定规格的，一般一个时辰（2小时）沉浮一次。

更香，其实就是在我们平常用的香上作出刻度，来计量时间。为了使更香的实用性更大，人们把香做得很长，并盘旋成各种形状，有的能连续燃烧十几天。有趣的是，有人还用更香做“闹钟”。他们在更香的某时某刻的地方悬挂一个小金属球，当香烧到这个地方的时候，金属球便会掉到接在下面的金属盘子里。那清脆的响声便提醒人们到了某时某刻了。

