

古老的二进制与今天的电脑

“ $1+1=10$ ”。看了这个算式，同学们或许会大吃一惊：这作者准是糊涂了，“ $1+1=2$ ”是天经地义的，怎么会“ $1+1=10$ ”呢？这问题的确让人疑惑。不过，你要是了解二进制的话，那这问题就不成为问题了。

在人类采用的记数法中，不仅有十进制，还有八进制，十二进制，十六进制等等。其中，最低的进位制是二进制。

在二进制中，只有0和1两个基本符号，0仍代表“零”，1仍代表“一”，但“二”却没有对应的符号，只得向左邻位进一，用两个基本符号来表示，即“满二就应进位”。这样，在二进制中，“二”应写作“10”，“三”应写作“11”，其他以此类推。

不同进位制的数是相互联系的，也是可以互相转化的。下面是十进制数和二进制数的关系对照表，请同学们比较一下，看看你能从中悟到点什么：

自然数	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十
十进制	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
二进制	10	111	100	101	111	1000	1001	1010		

看了这个表，你便会明白，为什么“ $1+1=10$ ”了。你也许发现，在二进制中，用0和1两个数码就能表示出所有的自然数。这就是二进制的优点。正因为如此，被誉为“人类文明最辉煌的成就之一”的电子计算机，便采用了这二进制的数字线路。很显然，机器识别数字的能力低，10个数字要用10种表达方式实在复杂，而对付两个数字，就简单容易得多了。

那么，这作用非凡的二进制是谁最先发明的呢？西方数学史家认为，它是17世纪德国著名数学家莱布尼兹的首创。公正地讲，莱布尼兹是一位卓越的天才数学家，1671年，当他还只有25岁时，便发明了世界上第一台能进行加、减、乘、除运算的计算机；1684年，他又与牛顿几乎同时各自独立地完成了微积分的研究。应该承认，莱布尼兹是欧洲最早发现二进制的数学家；但就世界范围来看，二进制的发明权在中国，这便是那神秘的八卦。

八卦，是我国古代的一套有象征意义的符号，古人用它来模拟天地万物的生成。其符号结构的素材只有两种，即阳爻“——”。和阴爻“——”。这两种素材互相搭配，以三个为一组，便产生出八种符号结构：

☰、☷、☱、☶、☲、☴、☵、☴。这八种符号结构就叫作八卦。它们的具体名称是乾(☰)、坤(☷)、震(☳)、艮(☶)、离(☲)、坎(☵)、兑(☱)、巽(☴)。

我们可以看出，每个卦形都是上、中、下三部分，这三部分称为“三爻”。上面的叫“上爻”，中间的叫“中爻”，下面的叫“初爻”。如果我们用阳爻“——”表示数码“1”，用阴爻“——”表示数码“0”，并且由下而上，把初爻看作是第一位上的数字，中爻看作是第二位上的数字，上爻看作是第三位上的数字，那么，我们便会发现，八卦的八个符号，恰好与二进制吻合。

卦名	坤	震	坎	兑	艮	离	巽	乾
符号	☷	☳	☵	☱	☶	☲	☴	☰
二进制	000	001	010	011	100	101	110	111
十进制	0	1	2	3	4	5	6	7

因而，我们有足够的根据说，八卦是世界上最古老的二进制。其实，这一点连莱布尼兹本人也不否认。他曾和清朝的康熙皇帝通过信，就 64 卦问题交换过看法。莱布尼兹认为，64 卦的排列，就是把 64 个数字用二进制写出来。由此可见，莱布尼兹的二进制是从中国的八卦得到的启发。尽管他的研究更完备、更系统，但从创造的时间来看，莱布尼兹却落后于中国几千年。

八卦最早记载在《周易》一书中。据说，它最先由圣人伏羲所画，后经周文王、周公、孔子的探究推演，发展成了完备的体系。

如果从传说中的伏羲画八卦算起，八卦的产生将有 5000 年之久，几乎与我们中华民族的历史同步。即使不这样算，以《周易》所记载八卦为源头，八卦在我国产生也有近 3000 年的历史。这是任何国家任何个人所无法比拟的。这样看来，谁能说八卦中的“二进制”不是古代数学的“世界冠军”呢？

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 $\sqrt{10} = 3.1622$ 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远而生。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，铒云母，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》等二百多种丹法、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、炭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。

北京庆历年间，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，竟用了三千多根竹简，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，一般人是用个起的。

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前走着……

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，我们创然要说，开凿运河是害在一时，而利在后代，利在民族。

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，大家一致认为，有一个主意不错，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。

都江堰

你如果有机会，一定到四川省灌县的都江堰去看看，你会被它的磅礴（páng bó）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。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汉称为“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，让水手用脚踩踏，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、木老鹳等战斗武器的岗位。

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·波罗之前五千多年前，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。挖掘到五丈左右的时候，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石油的国家，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，人们终于看清楚了，他们挖的宝贝是一个青铜大方鼎。这么大的东西注哪里放呢？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，总重量约五万余斤，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，就成了钢了。钢炼成之后，他便以熟铁作刀背，用钢作刀锋，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，又用破草履盖其上，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，这样才不致于立即被烧毁），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准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，大家都很饿。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，就有四十余处。

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希罕的东西，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，这缝作衣服的事，由嫫祖操持，胡曹、伯余、于则，你们三人也帮着嫫祖多做一些事情。”

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。侍女们愣了，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。

这新奇事被螺祖知道了，她强撑着让人把她扶到瓦罐旁。螺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，螺祖见了白丝线，病竟然不治而愈了。

第二天，螺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。螺祖给这虫于取名为“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螺祖的领导下开始了。后人为了纪念螺祖的功绩，尊称她为“先蚕娘娘”。有的地方还建庙祭祀她。

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。

这些古代的文献记载，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、丝线筹。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，早在五千多年前，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，螺祖不过是当时劳动人民的集中代表。

在五千多年前，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？

首创的动植物分类图示法

提起《尔雅》，人们都说它是中国古代最早的一部解释同语的著作。其实，从某种意义上来说，它还是中国最早的一部动植物分类的工具书。全书 19 篇，其中有 7 篇是《释草》、《释木》、《释虫》、《释鱼》、《释鸟》、《释兽》、《释畜》。这 7 篇不仅著录了 590 余种动植物及其名称，而且还根据它们的形态特征，做了一定的分类。

《尔雅》是秦末汉初时的著作。因它保存了中国古代早期的丰富的生物学知识，所以，自它问世之后，人们研究动植物，都把它当作必读的教科书。

由于《尔雅》成书年代较早，在辗转相传的过程中，有许多文字脱落，甚至写了错字、别字，所以给后人的阅读，带来了很多困难。再加上文字古朴，后人就更难理解了。为此，一批为《尔雅》作解释的人便应运而生。其中最有名的注释家便是晋代的郭璞。

郭璞注解《尔雅》，并非简单的注释，而是广征博引，解释各种动物、植物的通名和别名，并根据自己从实践中获得的知识，对多种动物或植物的形态与生态特征，作了形象而生动的描绘，从而丰富了《尔雅》的内容，推进了生物学的研究。

例如，“鼯（wú）鼠”，《尔雅·释鸟》仅记其别名为“夷由”，但郭璞在注释它时，则描述道：“鼯鼠，形似蝙蝠，肉翅。翅、尾、项、肋部等处的毛为紫红色，背上的毛为青灰色，腹下的毛为黄色。它的嘴边颌下杂缀着白色。脚短爪长，尾巴长三尺左右。会飞而且还能喂养小鼯鼠。飞翔时，能从高处往下滑翔，但却不能从下往上起飞。”

又如，“柱夫”，《尔雅·释草》也是只记了它的别名“摇车”，并没有多加说明，而郭璞却解释说：“蔓生，细叶，紫花，可食用。现今俗称翘摇车。”

郭璞的这些描述，虽然还不够精细，但它却大大发展了《尔雅》的分类描述，并为后来的动植物分类研究，奠定了良好的基础，同时，也表明了当时的人们对动植物的认识水平。

郭璞不仅发展了《尔雅》的分类描述，还开创了动植物分类研究的图示法。这在生物学史上，是有重要意义的。

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，安徽毫（bó）州知府等官职，但他对做官兴趣不大，他醉心的是对农业、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》。这是了解他的思想的重要文献。

《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，从而使它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”，也是以往的书籍从未记载过的。

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。

李诫与《营造法式》

李诫，字明仲，北宋郑州人，生年不详，卒于宋徽宗大观四年（1110），大约只活了40多岁。

他出身于官吏家庭，在将作监（主管土木建筑工程的机构）供职，前后共13年，主持营建了不少有名的大型土木建筑工程。

绍圣四年（1097），李诫受命编《营造法式》，元符三年（1100）完成。《营造法式》的出现，标志着我国古代建筑技术已经发展到了一个新的水平。

李诫在主持工程的工作中，深深地认识到，作为一个工程主持者，如不懂建筑技术，怎能做好本职工作？于是，他经过多年努力，终于成为建筑工程的行家。

为了编好《营造法式》，李诫一方面广泛参阅前人的有关建筑方面的史书和专著，认真吸取前人的成果；一方面向有丰富经验的工匠们学习。经过辛勤的努力，终于完成了这部书的编修工作。

《营造法式》是我国古代建筑工程中的经典著作，也是当时世界上关于木构建筑的最先进的典籍。

全书正文34卷，加上编修说明、目录各1卷，共36卷。正文有357篇，3555条，其中除解释名词的2卷283条外，其余308篇3272条，都是根据工匠的实际经验总结提炼而成。

《营造法式》体系严谨，内容丰富，是当时建筑科学技术的一部百科全书。书中几乎包括了当时建筑工程以及和建筑有关的各个方面，是进行建筑工程不可缺少的手册。

《营造法式》在我国古代建筑史上，起了承前启后、继往开来的作用，虽然基本上是一部经验性的总结，但它具有很高的科学性和实用性。

在一些重大的建筑科学问题上，它远远地走在当时世界的前列。书中对于各种木构建筑部件的大小尺寸，都给出了具体而明确的数据。

这些数据，有许多与现代的建筑学、材料力学的原理相符，而在时间上则要早得多。例如，一根圆柱形的木头，如何从中截取矩形的梁，使其既坚固又不会浪费材料呢？

李诫把技术要求和艺术要求加以综合考虑，规定了梁的横断面高度与宽度的比为3/2。

对于这个问题，比李诫晚三四百年的文艺复兴时期的大师达·芬奇，比

李诫晚四五百年的近代力学的奠基者伽利略，都曾加以研究，但均未达到李诫的水平。

直到 19 世纪初，英国科学家汤姆士·杨才提出合乎科学的数据。即当截面高度与宽度为 3.46 : 2 时，梁的刚性最大；而当比值为 2.8 : 2 时，梁的强度最大，而它们相等时，弹性最大。

这个结论的提出，比李诫晚了六七百年。把这个结论与李诫的结论相对照，可以看出：3 : 2 正是 3.46 : 2 与 2.8 : 2 的中间值，说明李诫的结论，既考虑了梁的强度，又考虑了梁的刚度。

从这里，可以看出李诫在建筑方面的才能，是何等高超！

最后应该指出的是，《营造法式》的制定主要是为统治阶级服务的，但尽管如此，《营造法式》仍不愧为我国古代建筑方面的珍贵文献。

豪华的故宫

故宫始建于明朝的永乐年间（1406），明朝最初的都城在南京，到明成祖朱棣时移都北京，于是，北京开始建造豪华的帝王宫殿。

全部宫殿和庭院共占地 72 万多平方米，合 1087 亩。从总布局来看，分为前后两大部分，俗称外朝和内廷。

整个故宫的建筑布置上，用形体变化、起伏高低的手法组合成为一体。在功能和视觉上都符合封建社会的等级制度。而左右对称均衡和形体变化的艺术效果，像一幅千门万户的绘画长卷。

提起太和殿，就不能不提到我国清代工匠出身的杰出建筑师雷发达。

雷发达生于 1619 年，卒于 1693 年，江西建昌人。清都定都北京之后，康熙皇帝计划大规模地改建皇宫，从全国各地征调技术高超的工匠参加这项工程。

雷发达刚刚 40 岁出头，又是南京城最出色的工匠，年富力强，自然被调到北京，参加皇宫建设。由于他技术高超，又具有组织才能，所以很快就担任了工部样式房（似今天的设计院）的负责人。

皇宫的建设是当时最高级的建筑工程，在这里，雷发达的聪明才智得到了充分的发挥。他负责设计和建造皇宫里的太和殿、中和殿、保和殿等建筑物。

太和殿高 35.05 米，用 72 根大木柱支承梁架构成四大坡屋面。它南北纵深 37.20 米，东西横广 63.96 米。殿内支承梁架的柱子名为金柱，高 14.4 米，柱子直径 1.06 米，全部都是完整的巨大木材。

太和殿是 55 间组成的大殿堂。殿里的“天花”、“藻井”，殿外檐下的“斗拱”，都加以彩绘，富丽堂皇。

檐下斗拱在建筑上起着两重作用：主要在结构上起到支撑作用；另外，由于在檐下重叠挑出，并加以彩绘，远望如重峦叠翠，十分美丽。

太和殿是故宫中最大的木结构建筑，是皇帝举行重大典礼的地方，建筑形体庄严雄伟。太和殿是五脊四坡大殿，从东到西有一条长脊，前后各有斜行重脊两条，建筑上把这种屋面叫庑殿式。

垂檐庑殿是封建帝王宫殿等级最高的形式，故宫三大殿是故宫的主要建筑，高矮造型不同，屋顶形式也不同，显得丰富多彩。

就这样，在雷发达的设计和亲自主持下，故宫的三大殿——太和殿、中

和殿、保和殿都顺利建成了。

太和殿、中和殿、保和殿前后排列在一个 8 米高的二字形基台上。基台三层重叠，每层周围都用汉白玉雕刻的各种构件围砌，造型宏丽。

在 2500 平方米的台面上，有透雕栏板 1414 块，雕刻云龙翔凤的望柱 1460 个，龙头 1138 个。这座汉白玉装饰的台面，像白云砌成的山峦，在中国建筑史上具有独特的装饰艺术风格，令人叹为观止。

而这种独特的装饰风格还表现在排水管道上。在栏板地袱石下，刻有小洞口，在望柱下伸出的龙头唇间，也刻出小洞口。下雨时，水由龙头流出，大雨如白练，小雨如冰柱，千龙喷水，十分美丽。这是集科学与艺术为一身的设计。

而这种独特风格的设计者雷发达，一直负责皇宫的设计工作。为了把一生的宝贵经验留传后人，一方面培养子孙继承父业，一方面把它整理成资料，留传后人。

1693 年，雷发达病故后，他的儿子雷金玉继续担任宫廷建筑设计的负责人，这项职务连续传了六代，一直传到六世孙雷廷昌。

除了设计和修建皇宫之外，举世闻名的圆明园、颐和园、静明园、万寿山、玉泉山、香山、北海、中南海还有东陵和西陵等许多重要工程，都是他们参与设计和修建的。

由于雷氏和几代人都是搞建筑图样设计的，他们的图精确实用，得到人们的推崇，被视为标准图样，所以人们把雷发达一家尊称为“样子雷”、“样式雷”。

纵观故宫建筑可以发现，中国的古代建筑风格完全不同于西方古建筑。西方古建筑似石材为主，建筑造型曲线、曲面为多，追求高耸、崇高。

而中国古建筑以木材为主，建筑造型以方正、平直的直线为多，追求郑重、宽阔和博大为怀。

世界茶叶第一书——《茶经》

扬子江心第一泉，
南金来北铸文渊；
男儿斩却楼兰骨，
闲品茶经拜羽仙。

这是南宋著名民族英雄文天祥的一首《咏茶》诗。诗中除表达了他志在疆场卫国杀敌，不念儿女之情的铮铮誓言外，还描写了他戎马倥偬（kǒng zǒng）之余的活动：品味品味《茶经》，领略领略饮茶情趣，祭拜祭拜羽仙。

这《茶经》是一部什么样的书，这“羽仙”是一位什么样的神，值得文天祥对他（它）如此关注呢？

原来，这《茶经》是中国，也是世界第一部关于茶叶的专著，而这“羽仙”就是这部专著的作者陆羽，人称“茶仙”。

陆羽，字鸿渐，别号竟陵子。大约在唐朝开元二十一年（公元 733 年）出生在复州竟陵（今湖北天门县）。

关于陆羽幼年时的生活，有一段传奇故事。

在唐朝开元年间，竟陵西北的覆釜洲上，有一座名叫龙盖寺的寺院。寺院里住着智积禅师。

公元 733 年的一天，智积烧了香，诵完了经，便信步走出了寺院，准备到湖边转转。还没等他走多远，就听见湖边芦苇丛中群雁鸣叫，还不时传来婴儿的啼哭声。智积觉得奇怪，便顺着声音寻去。只见几只大雁用翅膀覆盖着一个婴儿。智积很是诧异，自言自语地说：“这孩子将来定非等闲之辈，要不大雁怎么会这样保护他呢？”于是，他轻轻拨开大雁的翅膀，把婴儿抱回了寺院。这婴儿就是后来的陆羽。

在这段传奇故事中，尽管某些情节是出于后人的虚构，但陆羽由智积禅师抚养成人却是事实。

陆羽是 3 岁的时候被人送到龙盖寺的。智积禅师见他聪明伶俐，便很高兴地收养了他。智积在收留他的当时，就有了打算，准备等他长大后，让他皈依（gu）依佛门，继承自己的衣钵。谁知，事与智积禅师愿违。在木鱼声中、香烟缭绕里长大的陆羽，却不喜欢剃度为僧，他一心只想着学习佛理以外的文化知识。这使智积禅师很是生气。智积禅师对他说：“我辛辛苦苦把你养大，就是希望你能修得正果。没料到你竟这样叫我失望。从今往后，你若是能潜心诵经，我便既往不咎；若是执迷不悟，就去清扫厕所，打扫庭院，放牧牛群吧！”

智积禅师本以为陆羽听了这话会回心转意，承认错误，跟他读经礼佛。没料到，陆羽只是默默地听完了他的这番话，并没有表示什么。第二天一早，陆羽竟很早起了床，清扫了厕所，打扫了院子，简单吃了点饭，赶着牛群出去放牧了。当时，陆羽只有 10 岁。

陆羽的态度激怒了智积禅师，他训斥陆羽说：“真是朽木不可雕也！假如不是看在佛主的份上，我早把你驱除出山门了！”说完，又命令陆羽伸出双手，狠狠打了两下。然而，训斥也好，体罚也好，陆羽仍不改初衷。放牧时，他在牛背上用竹签划字；清扫庭院时，他边清扫边默默地背着前人的诗赋。后来，终于因学习而迫使他离开了龙盖寺。

陆羽 12 岁那年的一天。他不知道从哪儿搞到了一篇汉代著名文学家、科学家张衡写的《南都赋》。那优美而势如贯珠的文字，深深地把他吸引住了。他看了两遍还觉得不过瘾，又学着私塾里学童的样子，正襟危坐地大声朗诵起来。引得庙里的和尚都停止了念经，听他朗诵：“……于是暮春之禊（xì），无已之辰，方轨齐轸，祓（fú）于阳濒。朱帷连网，曜野映云。男女姣服，骆驿缤纷。……”

陆羽正读得来劲儿，不曾想，智积禅师怒冲冲地来到了他的身旁。智积禅师一把夺下他手中的《南都赋》，厉声喝道：“我看你是得寸进尺，竟敢在这里高声朗诵，坏我僧心。快给我滚到菜地里拔草去，省得你闲着难受！”

此时正是夏季，陆羽含着眼泪顶着火辣辣的太阳，在菜园子里拔着草。他边拔边回想着近两年来发生的事，越想心里越痛苦：岁月一天天地过去，我却不能学习诗书，这如何是好呢？突然，一个大胆的念头在他的脑子里冒了出来：“逃！逃离寺院，不再在这里受罚挨打！”

陆羽拿定了主意，便趁这外出拔草的机会逃了出来。从此开始了他漫游、研究的生活。

唐朝时，各寺院饮茶成风。和尚们宁可食无粮，不可饮无茶。受这种环境的熏陶，陆羽从小就喜欢饮茶。但待他长大后，他已不仅仅满足于饮点好茶，而是把心思用在研究有关茶的各种问题上了。

为了考察各地茶叶的情况，他走川东，过鄂西，奔豫北，游越州（今浙

江绍兴），至无锡，搜集了大量的资料。他还亲自上山采茶，供自己品饮、研究之用。他的好朋友、诗人皇甫冉，曾作诗描写过他上山采茶的艰辛，并对他这种艰苦的劳动，予以深切的关怀。

在一首《送陆鸿渐山人采茶》诗中，皇甫冉写道：

千峰待逋客，香茗复丛生；
采摘知深处，烟霞羡独行。
幽期山寺远，野饭石泉清。
寂寂燃灯夜，相思一磬声。

这道诗让我们体验到陆羽采茶的个易：千峰万壑，香茶丛生。陆羽独自一人，来到深山中，不知疲倦地采着茶叶。那寂静幽深的山峦，离寺院很远很远。

然而，艰辛的耕耘，必有收获。陆羽经过多年的考察、研究，终于在漫漫长夜里、幽幽孤灯下，写出了《茶经》这部不朽的名著。

《茶经》是一部历史和实际考察相结合的关于茶的专著。全书共3卷，分为10篇，约7000余字。别看它的字数不过一万，但它的内容却极为丰富。言简意赅地论述了茶的起源、茶树的性状特征、茶树的生长环境、茶树的栽培利用、茶树的品种鉴定；煮茶工序和水质品位；饮茶器皿、饮茶风俗，以及茶叶的优劣等。

史书上称，由于《茶经》的出现，“天下饮茶之风更盛”。这话虽有夸张，但《茶经》在茶的发展和传播史上，的确起了重要的作用。《茶经》问世以后，便不胫而走，人们争相传诵。在日本，陆羽被称作“中国的茶祖”。日本人说，陆羽同日本茶道（日本一种传统的品茶仪式，一般在招待客人时举行，以示对客人的敬重）有着很深的渊源关系。

《茶经》一书嘉惠了后人，后人也没有忘记陆羽的功绩。公元804年，陆羽在浙江湖州逝世。从此，人们便奉他为神。据记，唐朝的茶馆都把陆羽的陶制塑像摆供在茶炉上，求他保佑茶水清香、茶馆生意兴隆。人们还传颂着他的轶事，对他进行怀念。

其中一则故事说，陆羽最会煮茶，他煮的茶有着独特的香味。他在龙盖寺的时候，除了干杂活，每天都要给智积禅师煮茶。而智积禅师则是非陆羽煮的茶不饮，说是别人煮的茶味道不纯。当陆羽离开龙盖寺后，智积禅师为没好茶饮烦恼了好多年，甚至拒绝饮茶。后来，代宗皇帝召智积禅师进宫宣讲佛法，宣讲前，代宗让人给智积禅师献上一杯茶。智积禅师顿觉清香袭人，端起茶杯一饮而尽。饮过这杯茶，智积禅师显出很感叹的样子对代宗说：“贫僧好久没有饮到这味道纯正的茶了，这茶水就像我儿鸿渐所煮的一样！”听了智积禅师的话，代宗哈哈大笑起来，对智积禅师说：“大师所言不差，这正是陆羽煮的茶。朕知道大师喜欢饮陆羽煮的茶，便专门派人宣他进宫，为大师煮上一杯。”代宗说完，就让陆羽出来拜见智积禅师。

这个故事不知是真是假，但它说明的是，陆羽有着精湛而独到的煮茶技艺，以至离别多年的智积禅师，仍能品出他煮的茶味。

还有一则故事说，陆羽对煮茶的水特别有研究。一天，湖州刺史李季卿因事到了维扬，住在扬子江畔的宾馆里。李季卿早就听说陆羽有一手煮茶的绝活，便派人把陆羽请了来，对他说：“陆羽先生对茶有研究，这早已是天下尽人皆知的事。我也是久闻先生大名，只缘没有机会相见。现在，扬子南零这天下煮茶第一好水又近在眼前。本是二妙千载难逢，而今天我却有幸相

遇，这是多么令人高兴的事呀！我马上就派人去南零取水，请先生为我煮茶，不知意下如何？”

陆羽笑着说：“既然大人如此看重我煮的茶，那我就不客气了。您派人去取水吧！”

李季卿见陆羽答应了为他煮茶，很高兴，忙吩咐手下军士带着水桶驾着小船到南零去取水。这边，陆羽准备好了煮茶工具，只等南零水一到，就开煮。

不久，水取回来了。陆羽低头往水桶里看了看，用勺子舀了点扬了扬，对取水的军士说：“你取的这水虽然是江水，但却不是正宗的南零水，它好像是岸边的江水。”

军士狡辩说：“我划着船去的南零，见到我的人，不下一百，我怎么敢弄虚作假？”

陆羽没说什么，把桶里的水倒去了一半，又用勺舀了些水扬了扬说：“从这往下才是南零水。”

军士听了这话，大吃一惊，忙磕头谢罪说：“先生说的没错，是我不对。我从南零取水回来，到岸边时，发现桶里的水晃荡出了一半。我怕刺史大人责备我取的水太少，就舀了点岸边的水来凑数。没想到先生一眼就看了出来。”

刺史李季卿在旁边听了陆羽和军士的对话，十分惊奇，赞叹陆羽说：“先生鉴别水的能力真神！”

唐朝诗人温庭筠在《采茶录》中记有这段故事，唐朝张又新的《煎茶水记》，也有类似的记载。

陆羽一生致力于茶的研究，并有着自己的做人准则。他对朋友非常真挚，因而，许多人都愿做他的朋友。像大书法家颜真卿、和尚诗人皎然等，都是他的莫逆之交。皎然为他写过很多首诗，《唐诗三百首》中的《寻陆鸿渐不遇》，就是其中著名的一首。诗云：

移家虽带郭，野径入桑麻。

近种篱边菊，秋来未著花。

扣门无犬吠，欲去问西家。

报道山中去，归时每日斜。

这首诗是陆羽迁居后不久，皎然前去拜访不遇所作。诗人用清淡的笔调写道，陆羽迁居后的新家虽然离城不远，但却很幽静，要沿着野外小路，直走进桑麻丛中才能见到。他的住宅外的篱笆旁种植着菊花。这些菊花大概是迁来后才种上的，所以，虽然到了秋天，它们还没有开花。我走过去敲他的院门不但无人应声，就连狗的叫声都没有。无奈，我只好去问他西边的邻居。邻居告诉我，陆羽进山里去了，每天回来都要到太阳西下。

陆羽才华横溢，但却淡泊名利。在他晚年，德宗皇帝曾拜他为“太子文学”，“太常寺太祝”，让他到朝廷为官，可他毫不动心。他谢过皇帝的恩德，继续在苕溪（今浙江西北部）过着隐居的生活。他经常独自在山林中漫步，拍打着树干诵吟着诗歌。有时触景生情，还会痛哭失声，或者仰天长啸，完全过着自由自在、无拘无束的日子。

陆羽对名利淡泊，而对情谊却十分看重。他小时候由智积禅师抚养长大。尽管后来的日子智积禅师对他很不好，但他逃离寺院后，仍没忘记智积禅师的养育之恩。当智积禅师圆寂（和尚逝世称圆寂）的消息传到他的耳中时，

他十分悲痛，并挥笔写了一首《六羡歌》来明志寄怀。

陆羽怀念故土，故土的人们也没有忘记陆羽。为了纪念他，竟陵人在他的故居建了一座陆公祠，并为他塑了像。竟陵县城内有一口三眼井，深近百尺，井水清纯甘甜。陆羽在竟陵的时候，曾常来打水煮茶，因此，竟陵人称这口井为“文学泉”。还在井旁竖立了一座“唐处士陆鸿渐小像碑”。

不独陆羽故土的人们怀念陆羽，中华民族的子孙，乃至一切喜欢中国共茶人们都怀念陆羽。人们是不会忘记这位为中国茶业做出过巨大贡献的有功之臣的。

陆羽故乡的人们把竟陵城里那口百尺深的井，称为“文学泉”，为什么这样称呼呢？我们在前面说过，在陆羽晚年，德宗皇帝曾任命他为“太子文学”，但陆羽没有就职。虽然如此，人们仍然用这官职来称呼他，叫他“陆文学”。因此，故乡人便称那口井是“文学泉”。

8 根柱子的圆顶凉亭——盖天说

我们知道，地球是茫茫宇宙空间中的一个球体。但这一科学常识，很早很早的古人却不知道。他们眼望浩瀚的大空，脚踏广阔的大地，构想着天地的关系，宇宙的结构。他们发现，头上的天，是圆穹形的；脚下的地，是平坦状的。凭着这种直观感觉，他们认为，蓝天像一个大圆盖，或者说像一个大帐篷，笼罩在棋盘般的大地上。他们甚至还臆测出，这“大棋盘”每边长81万里，天和地之间的距离为8万里。这种“天圆地方”的看法，便是古老的“盖天说”，也是我国最早的宇宙结构学说。它的产生年代，可追溯到奴隶制社会的周代，并一直影响着后世。

随着生产力的发展，古人的认识水平逐渐地提高了起来。他们慢慢地感觉到，这“天圆地方”有些不大切合实际。因为天若是一个大圆盖，地是一个正方形的大棋盘，那天盖地时，四角怎么合得拢呢？

于是，在公元前6世纪，人们修正了最初的“天圆地方”说法，改为：天和地不相交接，天像一把特大的伞，悬罩在大地的上空，周围有8根巨大的柱子，支撑着它。在柱子的顶端和伞的边缘，有无数条绳子，连接着它们的枢纽。这一修改，天地的样子便成了一个有8根柱子的圆顶凉亭。

这种修改后的宇宙图式，也难以让人信服。因此，又有人提出天像一顶头戴的斗笠，地像一个倒扣的盘子。北极是天的最高点，四面倾斜而下。天穹上的日月星辰交替出没，形成昼夜。

盖天说形成于周代，到西汉时还很流行。尽管后来的天文观测事实否定了这种看法，但它却反映了古人认识宇宙结构的一个阶段水平，在描述天体视运动方面具有一定的历史意义。

浑圆的大鸡蛋——浑天说

浑天说，是中国古代另一种宇宙理论。浑天，是指天是浑圆的，有人把它比作大鸟卵，有人把它比作大鸡蛋，还有人把它比作大弹丸。

这种宇宙理论是战国时萌芽的。公元前4世纪，思想家慎到便说：天，不是半球形的，而像弹丸一样，是整球形的。不过，他没有谈到地的形状。最早猜测大地为圆形的，是跟慎到差不多同时的惠施。惠施曾说：球形的大

地，体积虽然有限，但一直朝南走，可以周而复始，无穷无尽。惠施不仅认为地是球形的，天也是球形的。

受这种思想的影响，在汉武帝时，四川有位名叫洛下闳（hóng）的民间天文学家，制做了一个圆球形状的浑天仪，用来演示天象。洛下闳的浑天仪尽管还很简单，但它却是目前已知的最早的浑天仪。据说，浑天仪刚做好那会儿，许多人都不相信它能有什么用处，然而，当洛下闳把浑天仪放在地下室里演示的时候，人们都惊奇地发现，这浑天仪上标示的星宿，跟实际天象相吻合。于是，洛下闳名声大振，浑天仪也广为人知。

洛下闳之后，鲜于妄人、耿中丞、张衡等人，又发展了浑天说的理论。尤其是张衡，对浑天说作了全面的总结，从而使浑天说最终成为一种很有影响的宇宙结构体系。张衡在他所著的《浑天仪图注》中阐述他的观点说：“浑天如鸡子，天体圆如弹丸，地如鸡中黄，孤居于内，天大而地小。天表里有水。天之包地，犹壳之裹黄。天地各乘气而立，载水而浮。”

张衡不仅在理论上对浑天说作了系统的说明，还在前人经验的基础上，制作了“水运浑天仪”，来形象地表述他的浑天思想。

很显然，以张衡为代表的这种“浑天说”宇宙理论，较“盖天说”的宇宙理论，有了长足的进步。它认识到地球是圆球形的，而且根据这一理论，还可以解释日食、月食等现象，还能预知日食、月食的日期、时刻。正是由于浑天说这些进步性，自它萌芽以后，便很快地被天文学家们所接受，成为时中国传统文化影响最为深远的宇宙理论，从汉代到明代的一千多年中，它一直在天文学界占着统治地位。

应该说，浑天说远比盖天说更接近宇宙结构的真实，但它也有明显的不足之处。比如，它把地球看做是天地的中心，显然是有局限性的。另外，浑天说的一些说法，也解释不通。就拿“天地各乘气而立，载水而浮”这句话来说吧，那附着在天体内壁，随天球绕地球旋转的日月星辰，当它们运转到地平线以下之后，又怎样从水里通过呢？

天会塌吗——宣夜说

“宣夜说”的思想渊源，可以追溯到殷商时期，但直到东汉的郅（qiè）萌，才对它作了系统的总结和明确的表述。宣夜说认为，天是没有固定形质的，日月星辰都是自由自在地飘浮在无边无际的气之中，而日月星辰本身，也是一种气的积聚。

自古以来，无论是中国还是外国的天文学家们，无不认为天是一个带有硬壳的东西。中国的女娲补天神话，便是这种认识的反映。希腊亚里士多德—托勒密体系，也是以一个缀满恒星的“天球”作为宇宙的疆界。就连波兰著名的天文学家哥白尼，虽然否定了以地球为中心的宇宙体系，但也保留着一个缀满恒星的硬壳作为宇宙的范围。而宣夜说，却打破了这种关于天体有形质的观念，向人们展示了宇宙无限论的思想，这不能不说是有着划时代意义的理论。难怪英国著名的科技史专家李约瑟博士，在他所著的《中国科学技术史》一书中赞誉道：

“这种宇宙观的开明进步，同希腊的任何说法相比，的确都毫不逊色。亚里士多德和托勒密僵硬的同心水晶球概念，曾束缚欧洲天文思想一千多年。中国这种在无限的空间飘浮着稀疏的天体的看法，要比欧洲的水晶球概

念先进得多。”

然而，这种开明进步的宇宙观，在相当长的一段时间内，却一直没有引起人们的足够重视。如果不是郗萌，这种宇宙理论不知还要沉寂多少年，甚至还可能湮没于世。郗萌以后，“宣夜说”理论又得到了发展，并有了很大的突破。三国著名的宣夜说学者杨泉，在他的名著《物理论》中，便进一步阐述着：天，是由元气组成的，没有其他的物质。地有形状而天没有形状。这就像烟跟灰一样，灰在下有形，烟在上无形。

“宣夜说”在人类天文史上写下了浓重的一笔，但由于当时社会历史条件局限性，它也有许多缺憾，比如，宣夜说学者还不能认识到天体的运动是由万有引力及电磁力等因素所决定的，而把它归之于无形的“气”的作用。尽管如此，它仍然不失为一种具有科学价值的宇宙观。

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；针盘中安放着一根竖着的指针。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，五轮沙漏以流沙为动力，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刻了。

第一部系统的法医学专著——《洗冤集录》

世界上第一部系统的法医学专著，出在中国。这就是南宋著名的法医学

家宋慈撰写的《洗冤集录》。

宋慈曾做过多年的刑狱官，有着丰富的办案经验。不管什么样的疑难案子，只要一经他手，保管水落石出。他一生办过多少案子，为多少人伸了冤，使多少罪犯受到应得的惩罚，谁也说不清，但他巧破疑案的神奇故事，却在人们当中广为流传。

那是宋慈调任广东刑狱不久的一天，宋慈刚到衙门，一位衙役就匆匆来到他的面前，禀（bǐng）告说：“启禀大人，至仁巷仇善人的丫环兰香的住房昨夜突然起火，兰香被烧死。她的兄长说她死得不明，大清早便击鼓鸣冤。请大人前往勘验。”

宋慈一听，当即吩咐衙役：“传话下去，立刻前往至仁巷！”

一行人刚到至仁巷口，仇善人便迎了出来，满脸堆笑对宋慈说：“小的该死，有劳大人。其实，也没什么，都是兰香自己不小心，弄起了火，害了她自己，也害了我。我那好好的一间房了，就这么没了。”

在旁的兰香哥一听这话，气得浑身哆嗦，他大声驳斥道：“我妹妹做事从来小心谨慎，怎么会自己弄失了火，分明是你们害处了她！请大人给我们做主啊！”

“你别血口喷人！”仇善人恼羞成怒，吼道，“如果一会儿大人勘验的结果是兰香自己不小心烧死的，我还要告你诬陷罪呢！”

“别吵了！”宋慈厉声说，“若是有人蓄意谋害了兰香，我绝不会放过罪犯；假如兰香自己弄起了火烧死了，我也会给仇善人洗清冤枉。”

听了宋慈的话，兰香的哥哥狠狠地瞪了仇善人一眼，而仇善人的嘴角则露出一丝让人不易察觉的冷笑。

争吵的功夫，一行人便来到了起火的现场。兰香的尸体已被抬出废墟，停放在院子里。宋慈走到近旁，开始察验。尸体大部分已经烧焦，四肢蜷缩，颈部等没有烧焦的地方起着水疱，口腔、鼻腔干干净净。察看完尸体，宋慈又到火灾现场仔细检查起来。奇怪的是，屋里既无火炉、火盆，又没有堆放柴草的痕迹，这火是怎样着起来的呢？宋慈用一根木棍慢慢地拨弄着灰烬。突然，他的眼睛一亮，发现灰烬里有几颗散落的玉质串珠。宋慈悄悄地拾起玉珠，暗地里询问了仇善人的邻居，认定是仇善人常玩的玉串。至此，宋慈心里有了底，但却什么话也没说。

仇善人见宋慈检查了半天，还不言声，以为他没看出什么破绽，便很得意地对乡邻们说：“我仇善人的为人大家都知道，怎么会干这种伤天害理的勾当呢！兰香的哥哥肯定是误会了。”

仇善人刚说完，宋慈接着说：“兰香是不小心失火烧死的，还是被人谋害致死，我不先下结论，咱们不妨做个实验。”

宋慈的话音一落，观看的人群骚动了。“做实验？这怎么能做实验，难道死一个还嫌少？”有的人吓得赶紧朝门口退去。见此情形，宋慈笑了，他对众人说：大家不必紧张，我怎么会拿人做实验呢！”说完，便转过头来吩咐衙役说：“买两头活猪抬到这里，我有用。”

“噢！原来是用猪做实验！”在场的邻居们松了一口气。可是，他们又不明白：“这实验怎么个做法呢？”

猪抬来了。宋慈对衙役命令道：“把一头杀死，停放两个时辰；另一头捆绑住四脚，放那儿待用。”

人们瞪大眼睛，不知宋慈在搞什么名堂。待猪杀死、绑好后，就听宋慈

又告诉衙役：“再去找些干柴来！”

一切准备妥当了，宋慈高声对众人说：“大家都看好了，用不了多久，事情就会见分晓！”

接着，宋慈便命令衙役把柴堆点着，并将两口猪同时扔进火里。只见活猪吱吱乱叫，拼命挣扎，而死猪无声无息，任凭火烧火燎。不多一会儿，活猪被烧死了。宋慈让人熄了火，把两口猪抬了出来。

又稍待了一阵，宋慈对众人说：“现在让我们一起来看实验的结果。大家瞧，这头活活被烧死的猪，口腔、鼻腔都有炭灰，而那头死猪却没有；另外，两猪的腋部都有泡（疱），但活猪的泡为气泡，死猪的泡为水疱……”

有人不大相信，便走上前来查看，结果发现，宋大人说得一点不差。

宋慈接着说：“本官今日所做之事，绝非儿戏，实为区分活人烧死与死后焚尸之法。现在本官敢断言：兰香是先被人害死而后纵火焚尸以图灭迹的！”

宋慈的话像一颗炸弹，在众人中炸开了。人们议论纷纷：“是哪个禽兽害死了兰香！”“这个狗东西，真该千刀万剐！”仇善人呢，他也在假惺惺地说：“兰香是个老实孩子，有谁跟她过不去呢？我真不相信这是真的！”

“你不相信？”宋慈接过仇善人的话头，反问道。

听宋慈问他，仇善人心头一惊，忙点头哈腰地说：“哪里哪里！大人明鉴，小人佩服至极。只是小人和贱内天天吃斋念佛，不相信竟有人会来害我们！真是罪过啊，罪过！”

宋慈轻蔑地看了他一眼，冷笑道：“好一个仇善人，你可认得此物？”宋慈说着，把玉珠拿了出来。

仇善人一见玉珠，顿时瘫在了地上，磕头告饶说：“小的该死！小的该死！请大人饶命，小人再也不敢了！”

宋慈喝令衙役把仇善人捆绑起来，并对他说：“你真是个披着人皮的豺狼，还不快从实招来。”

仇善人自知抵赖也没什么用处，便当着众人交待了他的罪行。

原来，仇善人早就垂涎兰香的美貌，只是没有机会下手。这一天晚上，他见劳累了一天的兰香早早熄灯睡觉了，便闯进兰香的住室，想强暴兰香。谁料，兰香发觉了他的阴谋，挣扎着想大喊，他便掐死了兰香。为了防人察觉，他又放了一把火，企图焚尸灭迹。没想到，兰香反抗时抓散的念珠成了他的罪证，更没想到宋慈竟能分辨出是生人活活被烧死，还是人死后被焚尸。

众人见宋慈不慌不忙地就破了这个疑案，佩服得不行，都说：“这宋大人真神！”兰香的哥哥更是感激，他流着泪说：“虽然我的妹妹被仇善人这个狗东西害死了，但有您给她伸冤，她在九泉之下也会瞑目了！”

事后，宋慈巧破焚尸案的消息，迅速地在广东地界传开了。消息传到王家村少年王仁的耳中，王仁心里翻腾开了：祖父两年前不幸冤死，何不请宋大人来给自己报仇雪恨。主意打定，他便直奔宋慈的府上，状告村里的王财主害死了他的祖父。

王仁对宋慈哭诉道：“我父母早死，仅剩下我一人跟祖父相依为命。幸运的是，家中还有祖传良田 10 多亩。靠着这些田地，我们祖孙俩的生活还算过得下去。谁知，两年前的一天，灾祸却降临到了我们的头上。那一天，王财主提着一瓶酒，拿着一只鸡，来到了我们家，说我祖父人缘好，要来跟我祖父喝两杯。我祖父知道他是黄鼠狼给鸡拜年，没安好心，就婉言谢绝说：

‘近来我头不大舒服，不能喝酒，你的好意我领了，等改日再说吧！’我祖父的话刚说完，王财主就露出了凶相，他不阴不阳地说：‘我告诉你，老王头，你别敬酒不吃吃罚酒。实话实说吧！我今儿个来，并不是想跟你套近乎，我是想买你那十几亩地。’我祖父一听，忙回绝说：‘这怎么行？我们祖孙俩就靠它生活呢！’

“王财主见我祖父不想卖地，就又威胁说：‘老王头，你想好啊！你要是痛痛快快地卖，还能得点银子；你要是不卖，恐怕到头来是竹篮打水一场空！’我祖父没理他的那一套，把王财主轰了出去。

“转眼间开始麦收了。我们家那十几亩地的麦子长得特别好。我祖父着看那丰收在望的麦子，心里头甭提有多高兴了，夜里常常笑醒。哪知，还没等我们去收割，那王财主就带着家丁到我们的麦地里割起了麦子。我祖父闻讯赶去，王财主竟大言不惭地说他两个月前就买了我们的麦田。祖父据理反驳，王财主便和家丁把我祖父打倒在地。可怜他老人家这一躺倒，就再也没有爬起来。

“我见祖父惨死，便哭着跑到官府申冤。可是，当时的提刑李大人带着件（w）作（旧时官府中检验命案死尸的人）来验尸后却说，我祖父是天热中暑而死。王财主得了理，便说我诬陷了他，就把我赶出了王家村，我只好四处流浪！听说大人能为民昭冤，便斗胆跑来，请大人替我祖父报仇！”

宋慈听了王仁的申诉，拍案而起：“真是岂有此理！欺人太甚！如果真由此事，我断饶不了那个王财主！”

随后，宋慈又安慰了王仁几句，对他说：“今日天色已晚，明天一早，我就去王家村。你祖父果有冤仇，我定会替他报的！”

第二天，天刚亮不久，宋慈和仵作等人便来到了王家村。宋慈叫来几位村中老人，询问王仁所说的情况是真是假，老人们说：“回大人的话，王仁的话没错，他祖父死得冤呀！”

宋慈又将地保（村里管事的头儿）唤来，问他说：“王仁祖父的死，你是否知情？”

“启禀大人，王仁祖父被打，不久便死去，小人是知道的。但后来李大人带仵作来验尸，说是未见伤处，是中暑而亡。我不知谁真谁假！小人说的是实话，不敢有半点隐瞒！”地保作揖说。

王仁在旁听了这话，跪在地上哭道：“我祖父右胸有很大一块青肿的伤痕，怎么能说是没有伤？苍天作证，我祖父就是叫王财主他们给打死的。”

当王仁手指苍天，一抬头的功夫，他看见了站在宋慈身后的仵作，便大声喊道：“大人，那天就是他给我祖父验伤的。”

宋慈转头问仵作：“真是这样？”

“回大人的话，那天的确是小人跟着他大人来验尸的。不过，小人记得很清楚，死者胸部的青紫印痕，是死者活着时候拔火罐留下的痕迹。当时李大人也亲自察验过。小人不敢说谎。”仵作不慌不忙地说。

宋慈看了看仵作，没再问什么，便转头对捕快头目说：“跟地保去把那王财主叫来！”

过了一会儿，王财主拄着根文明棍大摇大摆地来了。他一脸媚笑地说：“不知宋大人驾到，有失远迎，请多包涵！”

宋慈没接他的茬，正色问道：“王仁状告你打死了他祖父，此事怎么讲？”

“冤枉啊，宋大人。小人哪里动过他祖父一手指头，分明是他中暑而死。”

王财主抵赖说，“当时李大人和仵作是验过尸的。”

宋慈环顾了一下在场的人，高声说道：“既然双方各执一词，我们只好让事实来说话了。我准备下午开棺验尸！”

“开棺验尸！”听了这话，人们惊讶得张大了嘴巴：“人都死了两年了，能验出什么结果？这不是开玩笑吗？”

仵作和王财主则暗地里发笑：“好你个宋慈，真是自找麻烦。这尸首早就烂了，你还能验出个啥来！”

宋慈没理会这些人的神情，一一吩咐道：“张捕快，你去准备些凉开水，还有2升酒、5升醋！吴捕快，你到时找片竹席、草垫子，再弄点柴炭来！地保，你给备几把镐锹，还有一把红油伞。”

在场的人听着宋慈的吩咐，感到莫名其妙，不知道除了镐头开棺外，其他的東西跟验尸有什么关系。

听说下午验尸，吃过午饭，王家村的男男女女、老老少少都来到了王仁祖父的墓地。王财主也来了。他心里想：我才不怕呢！都两年多了，你宋慈就是神仙也没有用！

坟墓挖开了，棺材盖也掀了起来，一具骸骨呈现在人们的眼前。人们瞪大了眼睛，瞅着宋慈，不知道他怎样验尸。

只见宋慈从容地命令一位捕快，用干净的凉开水把这具尸骨洗刷了一遍，然后，拿细麻线按次序穿好，再放到竹席上。同时，又让另外几名捕快用镐头、铁锹挖了一个长5尺、宽3尺、深2尺的地窖。地窖挖好后，便把许多柴炭堆放在地窖里，引火点燃。烧了大概有半个时辰，地窖四壁的泥土烧烤得发红了，宋慈便对身边的捕快命令道：“把炭火撤去，快将酒、醋泼到地窖里。”

炭火撤了，酒和醋泼了进去，地窖里腾起了热浪。人们还没闹清是怎么回事，两个捕快已把尸骨包放到了地窖中，并用草垫子盖好了。

大约又过了一个时辰，地窖里的热气渐渐散去。宋慈让人掀开草垫子，取出了尸骨。

打开竹席包，宋慈上前认真察看了一遍，然后把仵作和王财主叫到尸骨前，高声说道：“大家听着，王仁说，他的祖父是右胸受重伤而死。假如真的是这样，尸骨上一定能有所显现。”

宋慈说着，便从地保手中拿过一把新的红油伞，对着西斜的太阳撑开，遮住尸骨细验起来。当他察看到右胸部位的肋骨时，把捕快头目叫到了跟前，指着一块肋骨说：“你看看，发现了什么没有？”

捕快头目瞪着眼睛看了一会儿，吃惊地说：“哎呀！这条肋骨有裂缝，血都渗进去了。这不，暗红色的瘀血斑都显出来了！”

“对！你说的不错。”宋慈接过捕快的话头说，“很显然，王仁没有说谎，他祖父的右胸曾受过重伤，要不肋骨怎么会裂呢？”

宋慈说完，便对仵作厉声喝道：“还不从实招来，你收了王财主多少银子，干出这种昧良心的勾当？”

仵作一听，忙跪在地上，一边打着嘴巴子，一边求饶：“小人该死，求大人饶命，再也不敢做这昧良心的事了！”

这边，王财主早就瘫在了地上。

宋慈神奇的破案手段，让同道们佩服至极，但他们却想不明白，为什么一些无头案，到宋慈手里就会真相大白？于是，有人说：“宋慈办案时有神

灵相助！”

听了这话，宋慈笑了笑说：“如果真有神灵的话，也是前人经验的神灵！”

宋慈说的是实话。早在五代后晋时，和凝等人编过一部《疑狱集》，这部书实际上是一部疑难案例汇编。宋朝以来，又有无名氏的《内恕录》、赵逸斋的《平冤录》、郑克的《折狱龟鉴》、桂万荣的《棠阴比事》等狱案著作出现。宋慈把这些书当作自己的教科书，反复阅读，细心揣摩(chu imó)，并结合自己的理刑实践来加以验证，终于使自己成了一名渊博的法医专家，成了一位“神探”。

宋慈断案的本领虽然很大，但他却不以此为满足。他清楚地认识到，审案的失误，多是由于开始时的差错；检验鉴定的误差，则皆来自经验的不足。因而，他决心汇集前人法医学著作中的精华加以考核修正，并结合自己多年的检验工作经验，编撰一部新型的法医学专著——《洗冤集录》，为同行提供可借鉴的经验，给受冤屈者洗冤报仇，让害人者难逃法网。

经过几年不懈的努力，《洗冤集录》于公元 1247 年著成了。该书一问世，便引起了轰动。当朝皇帝理宗看后，备加推崇，立刻降旨颁行。一时间，几乎所有刑宫的案头之上，都有这部书。

《洗冤集录》分 5 卷，共 53 项，包括了现场检查、尸体现象，尸体检查以及各种死伤的鉴别等法医学的主要内容，同时，还涉及了广泛的生理、解剖、病因、病理、诊断、治疗、药物、内科、外科、妇科、儿科、骨伤急救等方面的医学知识。该书一出，便不胫而走，而且直到明清时代还盛行不衰。

后来，《洗冤集录》又传到朝鲜，日本，以及英、法等国，受到国外的法医学界人士的好评，他们盛赞该书为当时世界最古而且最好的法医学名著。这话是很公允的。因为在国外，直到 1602 年，才由意大利人佛图纳图·菲德利写出第一部法医学专著，这宋慈的《洗冤集录》晚了 350 多年。

