百工竞技

阅读中国·科技史卷

【第一章】

漫漫岁月中的萌生与奠基

（先秦时期）

世界古地质学、古生物学、古人类学的考古成就表明：在地球史的第四纪更新世，猿类中的某些群落开始向人类进化。

我国古地质学、古生物学、古人类学的考古成就表明：中国是早期人类起源的发祥地之一。

从云南禄丰古猿、湖北郧县南猿、云南元谋猿人，直到蓝田猿人、北京猿人、和县猿人，构成了从800万年前至20万年前猿人发展进化的完整序列。此后的原始人类遗址更是星罗棋布，不计其数。

有了人类，也就必然会有人类的科学技术。科学技术是人类劳动的伴生物，是人类血汗与智慧的结晶，更是相助人类自身发展的动力。



从300～200万年前到约1万年前，是我国的旧石器时期。它是那么的漫长，漫长得使现代人简直无法想象。然而，就在这漫漫的岁月中，科学技术就从那第一堆篝火、第一件石器、第一架弓箭中悄然无声地萌芽了。

一、英雄治水·圣人造物

流传于传说中的科技理念

（一）自然观

在早期人类的神话与传说中，洪水是一个世界性的最普遍的话题。

古代中国也有许多洪水传说，如共工治水、朴父治水、鳖灵治水、大禹治水等等。最为著名的，自然要数大禹治水了。

相传在原始社会末期的舜帝时期，发生了一次特别巨大的洪水，滔滔的洪水横行于天下，淹没了平原大地，只有山陵还露出头。舜先是派共工氏去治水，再派鲧去治水，但都失败了，最后又派鲧的儿子大禹去治水。大禹废寝忘食、沐雨栉风，三过家门而不入，整整用了13年的时间才终于平息了这次特大的洪灾。

这个传说故事其实暗示与说明了一个中国人的自然观。



大禹陵

这是大禹陵，是我国古代的治水英雄——大禹的葬地，位于浙江省绍兴市东南郊的会稽山麓，现为浙江省重点文物保护单位。相传大禹奉命治水，“八年于外，三过家门而不入”，苦心劳身，历尽艰辛，终于治平洪水，继而大会诸侯于会稽，论功封赏；尔后，又死葬于会稽山。



大禹陵碑亭
这是绍兴大禹陵内碑亭。碑上所刻三字为明代绍兴知府南大吉所书。

大禹像
这是禹庙大殿内的大禹塑像，高六米，头戴冕旒，手捧玉圭，身披朱雀双龙华衮，雍容大度，令人肃然起敬。

人类生存在天地万物的大自然中，又以自然为生产、生活的对象，不断地有无数的“为什么”要问，最终汇成了对自然总的系统观念和看法，这就是自然观。

人类对于自然的具体看法可以有许许多多，但归结到立场与态度上，则不外乎是积极进取与消极顺从这样两类。

对于科学技术的发展来说，不同态度的自然观势必会产生截然不同的结果。只有不畏艰难、积极进取，科学技术才会不停顿地向前发展。

古代中国人对待自然的态度，在大禹治水的传说中得到了集中的展示。面临滔天的洪水，人们前赴后继，屡败而屡战，最终取得了抗洪的胜利。

在古代中国的传说中，类似大禹治水的事例还有许多，如女娲补天、夸父逐日、羿除百害、精卫填海等，连绵不绝。在这些传说中，无论是成功还是失败，都充满着激昂向上、积极进取、不屈不挠、奋斗不息的英雄主义精神，表现出了积极的自然观，而大禹治水则是一个典型的个案。

千百年来，这样的自然观始终占据着主导的地位，正因如此，我国的科学技术才取得了世界瞩目的成就！



（二）科学观

在世界的各国各地区中，有关自己民族早期的创造传说可说是非常的有意味。

在古希腊，一切创造都归于一位上天之神——赫拜思妥斯。古埃及、古罗马也都近同。

在古代中国，似乎有着特别强烈的历史记载习俗，许多创造发明都记录下了具体的发明人(详细看上古发明简表)。当时的人们非常尊敬、仰慕这些创造发明者，称他们为“圣人”、“智者”，后人评说当时的这种观念为“圣人(智者)发明论”。

“圣人发明论”并不全然正确，因为早期的发明大多出于普普通通的民众，他们没有名姓流传在青史上，他们的功绩往往被记在他们的部落头领或更高的盟主身上。

然而，与宗教的、神话的“上帝造物论”或“神灵发明论”相比，“圣人发明论”无疑有着质的进步。人们不会去等着上帝或神灵将发明物恩赐下来，而将发明的希望放在了人的身上。

正是因为有了这质的进步，古代中国人才有着更为强烈的发明创造欲望和激情，也就有了更为丰富的发明创造成果。

这是古代中国科学技术的幸运！

＞知识百科＜

发明图简表：

请特别注意“发明者”一栏。

很显然，表中所有的发明者都有一个共同的特点，即都是人而不是神。即使其中的少数人有一些神化的色彩，但其本质依然还是人。

从表中可以看到发明最多的是垂，他是帝俊的一位臣下，他的发明有农具、弓箭、舟船、乐器，范围广且数量多，可以说是上古时期的发明大王，所以《山海经·海内经》称他为“巧垂”，到《抱朴子·辨问》更冠以他“机械之圣”的称号。



上古发明简表

发明者	发明物	资料来源	发明者	发明物	资料来源
燧人氏	火	《世本》、《韩非子·五蠹》	垂	弓	《荀子·解蔽》
炎帝		《论衡·祭意》、《管子·轻重（戊）》	后羿		《墨子·非儒下》、《吕氏春秋·勿躬》
祝融		《国语·郑语》	夷牟	矢	《世本》
黄帝		《管子·轻重（戊）》	学游		
有巢氏	巢屋	《韩非子·五蠹》、《易·系辞下》	逢蒙	射	《世本》
舜	室	《淮南子·修务训》	抒	甲	《世本》
高元		《吕氏春秋·勿躬》	蚩尤	兵	《世本》、《吕氏春秋·荡兵》
禹	宫室	《世本》	辱收	铜	《山海经·西山经》
鲧	城	《吕氏春秋·君守》	番禺	舟	《山海经·海内经》
神农	农	《新语·道基》、《淮南子·修务训》	帝俊		《山海经·大荒北经》
后稷	业	《山海经·海内经》、《大荒西经》	化狐		《世本》张揖注
神农	药	《世本》、《淮南子·修务训》	虞姁		《吕氏春秋·勿躬》
神农	耒耜	《世本》、《易·系辞下》	垂		《墨子·非儒下》
后稷		《世本》、《尚书·吕刑》	共鼓		《世本》
垂	耒耜、铫、耨	《世本》	共鼓、货狄		《说文》
赤冀	杵	《吕氏春秋·勿躬》、《路史·后纪三》	奚仲	车	《世本》、《新语·道基》等
雍父	臼	《世本》、《说文》	吉光		《山海经·海内经》
伯益	井	《淮南子·本经训》	黄帝		《太平御览》卷七七三引《古史考》
胲	服牛	《世本》	风后	指南车	《太平御览》卷十五引《志林》
叔均	牛耕	《山海经·海内经》	腊	驾	《世本》
大费	驯鸟兽	《史记·秦本记》	韩哀	御	《世本》
伯益	知禽兽	《汉书·地理志》	隶首	数	《世本》
舜	驯象	《论衡·偶会》	竖亥	算	《山海经·海外东经》
芒	网	《世本》	垂	规矩	《世本》
蚩蝉	网罟	《吕氏春秋·异用》	禹	准绳	《史记·夏本纪》
嫘祖	蚕丝	《路史·后纪五》、《通鉴外纪》卷一	太挠	甲子	《世本》
胡曹	衣、冕、衮服	《世本》	容成	历	《世本》
伯余	衣、裳	《世本》、《淮南子·氾论训》	黄帝		《世本》
少康	箕帚	《世本》	后益	占岁	《吕氏春秋·勿躬》
纣	玉床	《世本》	垂	钟	《世本》、《吕氏春秋·古乐》
周武王	笙、翼	《世本》	伏羲	琴、瑟	《世本》
宿沙	盐	《世本》、《说文》	神农		
仪狄	酒	《世本》、《吕氏春秋·勿躬》	垂	鼙、鼓、钟、苓、管壎、篪、鞉	《吕氏春秋·古乐》
少（杜）康	秫酒	《世本》			
昆吾	陶、瓦	《世本》、《吕氏春秋·君守》	舜	箫	《世本》
重黥氏	铸石成器（原始玻璃）	《穆天子传》	尧	围棋	《世本》
			敖首	画	《世本》
祝融	市	《世本》	仓颉	文字	《荀子·解蔽》、《说文》
般	弓矢	《山海经·海内经》	仓颉		《世本》
挥	弓	《世本》、《说文》	沮诵		

二、石器·铜器·铁器

三器时代的交替是力的飞跃



石耘田器
这是新石器时代的石耘田器，原始的中耕农具，后来发展成锄。长18厘米、宽6.5厘米。浙江吴兴钱三漾出土，现藏于中国历史博物馆。

先秦时期，是一个漫长而神奇的时代。

它那独有的跨越石器时代、铜器时代、铁器时代的经历，铭刻着无尽的艰辛与血汗，飘逸着诱人的传奇与浪漫。

当人们越过先秦时期的二千多年之后，再回眸这石器、铜器、铁器的时候，已经不再局限于具体的器物，而是站在一个更高的视点，将它们视为不同生产力水平与科学技术水平的标志。

（一）石器时代

石器是力，是强大的力。

从猿类脱胎而来的人类，选择了石器来作为最强大的工具。这是因为，只有石器具有这个时期最强大的力。

石耘田器使用示意图
这是石耘田器的使用示意图。



人类是幸运的，当人类诞生的时候，已经有了一个万物俱备的大自然，人类能够在这个大自然中进行充分的选择。选择的结果，是那些具有强硬力量的木、竹、骨、石成为了最主要的工具。而在木、竹、骨、石之中，又以石的坚与硬为最，石的力量成为这个时代的象征。

从偶然到必然，人类使用石器的历史已经有二百多万年了！

作为工具的石器，早期的制作方法以打击为主，属于旧石器时期；晚期在打制的基础上增加了磨光的工序，从此进入了新石器时代。

石器时代的先人们给我们后人留下那么多姿态各异的石器制品，考古学家会告诉你什么呢？

器形大而重，有刃部的，是砍砸器。

器形较小，有刃部的，是刮削器。

顶端有尖刃的，是尖状器。

器形大而呈不规则球型的，是球状器(又称“石核”)。

器形小而像箭头的，是镞形器(又称“石镞”)。

还有石斧、石刀、石矛、石铲、石锛、石凿、石镰、石磨与石质装饰品等等，形制就较易于识别了。

一件成熟的石器，要经过选料、切割、打制、磨光这样一系列的工序，有的还要进行钻孔或雕刻，制成一件最简单的石器也是那么的不容易。

石器的钻孔是一件充分体现远古先民智慧的技术。在没有金属工具的条件下要在石头上钻一个孔，其难度可想而知。先民们发明了用木棒、竹棒或石制的钻头，蘸上湿的沙子，在石器上用手或弓弦不停地旋转，这样就钻出了大小各异的石孔。

然而，石器的力是有局限的：它很硬，却不够坚韧；它很容易得到，却不容易加工，更难以制作成精良的工具。这一切，都使得石器工具的工作效率很低。

漫漫的原始社会延绵了200～300万年之久，其根本的原因是生产力发展极其缓慢。制约生产力发展的因素有两个：一是早期人类的科学技术知识与技能极其低下；二是以石器为主的生产工具效率极其低下。

石器，历史注定了它只能是人类有限度的朋友与助手。当历史发展到一定阶段的时候，人类又以自己的智慧与才能找到了新的朋友与助手，那就是“铜”！



石镞

这是新石器时代的石镞。1957年河南陕县三里桥出土，现藏于中国历史博物馆。镞即箭头。中国在一万年前已经制作和使用弓箭，它延长了人的手臂，增强了人们战胜自然的能力。

＞知识百科＜

弓箭

旧石器时代里，人类最复杂的、科学技术含量最高的工具是弓箭。

弓箭的发明，是人类对弹性物质与弹性原理最初的认识与成功的运用。马克思更是盛赞弓箭中已经包含了现代机器的三个要素：动力，人拉弓弦做功，将力能转化为势能；传动，拉开的弓弦弹回，将势能又转化为动能，将箭弹射出去；工具，箭镞射中物体，所起到的作用与人直接用石器击中物体是一样的。



铜爵

这是夏代的青铜酒器——铜爵。1974年河南偃师二里头出土。通高12厘米，底长4.5厘米，底宽5.5厘米。现藏于中国社会科学院考古研究所。中国的青铜器最早出现于公元前三千年的马家窑文化。夏代已能制造较复杂的青铜器物。

（二）铜器时代

与石器相比，人们对铜器的感觉明显地要亲近多了。

在5000～6000年前以西北地区为主的北方地区新石器时代晚期，星星点点地出现了一些小型的铜合金制品。而此时的人们恐怕还未曾意识到，他们从此进入了一个新时代——铜器时代(或称“青铜时代”)。

铜器时代的萌始期很长，有1000～2000年之久。这时期里，铜器犹如一片大荒漠上开始萌生的绿苗一般，艰难而又顽强地拱出地面。

到了大约3500年以前，从夏代晚期(考古学上的二里头文化晚期)至商代早期(考古学上的二里岗时期)，是铜器时代的奠定期，中型的铜器开始出现，宣告人类正式进入了这个新时期，“荒漠”终于“绿苗”遍野了！

从商代盘庚迁殷至西周早期，迎来的是铜器的鼎盛期。在这个时期里，大型而精美绝伦的青铜器层出不穷，不愧是青铜时代最为辉煌的时期。

从西周中期至春秋早期，是铜器鼎盛的延展期，也有的人将之划入鼎盛期。这时期基本保持了鼎盛期的辉煌，但已经缺少了鼎盛期的灵气与生动，更多的是凝固与陈式。

从春秋中期至战国时期，是铜器的衰变期。这时期虽然在铸造技术上有许多的发明与创新，然而在整体上却衰落了，因为新的“主角”——铁器——已经登场了！

当人们面对那么多缤纷灿烂的青铜器物时，知道究竟有多少器物吗？



乳钉纹铜方鼎

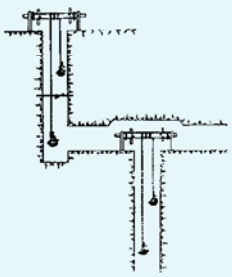
这是商代早期的乳钉纹铜方鼎。河南郑州张寨南街杜岭出土，通高100厘米，口长62.5厘米，现藏于中国历史博物馆。

以用途而言，大致有农具与工具、兵器、食器、酒器、水器、乐器、杂器(包括生活用具、车马器、货币、度量衡器、符印)等。

一件铜器的制作过程，如果要全面地考察的话，就包括了

采矿、冶炼、合金配制、制范、浇铸与后期处理这样一系列的工序。

采矿，这是极具工业意味的生产形态，现代考古为我们发现了近3000年前的辽宁林西古铜矿、湖南麻阳古铜矿、湖北大冶铜绿山古铜矿。特别是湖北大冶铜绿山古铜矿，从西周时期一直使用到了春秋晚期，矿区延绵整个铜绿山，竖井、斜井、斜巷、平巷遍布全山，最深的采区深入到了地下50米。在没有任何现代动力与机械的条件下，能深入到地下50米，简直是不可想象的。而当时的人们居然以极原始而又极巧妙的方法解决了通风、照明、排水、提升与巷道支护等等复杂而难度极高的技术问题，再一次向世界展示了中华民族的高超智慧与技能！



铜绿山古矿井分段提升示意图

这是湖北大冶铜绿山古矿井的分段提升示意图。

炼铜首先要有熔炉。古代中国的炼铜熔炉起初只用纯草泥土做成，商代晚期开始出现了用石英砂与粘土组成的耐火炉衬，能经受1300℃的高温。春秋时期的熔炉就更为进步，具备了现代鼓风炉的雏形。

最初的炼铜无法控制合金的比例，后来就演变为先炼出纯铜与锡、铅等，再配制冶炼出符合要求的合金铜(主要是铅、锡合金)。

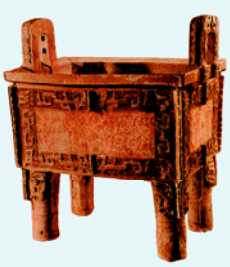
合金配制的比例是古代经过长期摸索才逐步掌握的。《周礼·考工记》记载了世界上最早的青铜合金配比表，这就是流芳千古的“六齐”。

制范是铸造的前奏。先民们在实践中创造出了泥范、石范、陶范、铜范，后来还出现了铁范、熔模。其中，泥范、铁范、熔模是古代中国先秦时期的“三绝”。

泥范由于很容易损坏，所以世界上使用者较少，而我国却大量地使用，是先秦时期铜器铸造的基本范型，并一直使用到近代的砂型之前。

铁范的出现虽然较晚，但一出现就显示出了特殊的优越性，所以后来就逐渐流行了起来，成为大量重复铸造的首选范型。

熔模铸造是一项更为先进的铸造技术。具体用作塑模的材



司母戊青铜鼎

这是商代的司母戊青铜鼎，是商王文丁为祭祀其母而铸造的。河南安阳武官村出土，重875公斤，通耳高132.8厘米，通身高105.7厘米，长106厘米，宽79厘米，是我国商周时代最大的和最重的青铜器，反映了当时冶铸技术的高度发展。



吴王夫差青铜剑
这是在山东临朐出土的吴王夫差青铜剑。

料较多，古代中国最先创造发明的是用蜡制成模具，称为“失蜡法”铸造。考古发掘在河南浙川春秋晚期的楚墓与湖北随县战国早期曾侯墓中都发现了精美的用“失蜡法”铸造的青铜器，研究表明，其技术已经相当成熟，可以断言，最初的尝试肯定还要早得多。

许多大型与复杂的器物，还要用多块的组合范来铸成，有的还要用焊接技术来完成。

在铸好的器物上，有的还要进行错磨抛光、刻镂、镶嵌、包金、鎏金等工艺，使器物更为精美华丽。

精美的铜器给人类带来了什么呢?是更美好的享受还是能更快地提高生产力的工具呢?

从根本上来说，人们当然更希望是后者。

与石器工具相比，铜器工具当然有较大的优越性。青铜工具的出现与使用，给农业生产与手工业生产以更强的力量，也为夏、商、西周时期的繁荣与发展注入了新的活力。



四羊尊
这是商代的青铜器四羊尊。它器型独特，精细复杂，铸造难度很大。湖南宁乡出土，现藏于中国历史博物馆。

然而，对这种新的强力不能给予过高的评估，青铜的工具仍然有着先天不足。它相比石器工具所增加的“力量”还不够大，其价格优势也不明显，所以在实际上铜器工具(特别是农具)的数量并不很多，远不如贵族们的礼乐用品。因此，在铜器时代，原始的石器工具并没有被完全淘汰出历史的舞台，而且仍占相当大的比例。有的学者主张将这个时期称为“铜石并用时期”，认为这样的提法可能更接近实际。

铜器对于当时社会生产力发展的作用，显然不能单从生产工具上去评价，这种作用更体现在铜器生产全过程所蕴含的科学技术知识与技能上，它对整个社会的影响恐怕更大于铜器工具的直接作用。

铜器的产生，开创了一个崭新的产业——冶金，这个意义



就更不能限于一个短时期内来考察。

如果没有铜器生产所带来的冶金事业，其他一切金属的冶炼几乎都不可能产生，也就没有了人类后来的铁器时代。

历史让铜器统率了一个过渡的时代，但铜器并没有成为历史的匆匆过客，它的辉煌永载青史，它的风采至今犹存。

铜器时代最高的历史使命，是将为人类迎来一个最具强力的时代——铁器时代！



嵌红铜狩猎纹铜壶

这是春秋时期的嵌红铜狩猎纹铜壶。中国的镶嵌技术起源于商代，至春秋时期已趋成熟。这件铜壶的制作工艺是：先在范内预制出狩猎纹，铸造后器身就留有狩猎纹凹槽，向槽内嵌入红铜丝，然后敲击打平，稍加磨错即制成此件精美器物。

＞知识百科＜

妇好墓与青铜器

从1928年到1937年，当时的学术机关曾做过15次发掘。发掘的较为大型（诸如鼎这样的）的青铜器加在一起只有170件。而在1976年，曾经发掘过一个墓，叫“妇好墓”。甲骨文里面有记载“妇好”。她是商朝的一个妃子，同时还是可以带兵打仗的武将。她的墓竟然出土了400多件青铜器。

（三）铁器时代

我们的先人认识铁，最早是从陨铁开始的。

1931年，河南浚县出土了商末周初的铁刃铜钺与铁援铜戈；1972年，河北藁城台西村出土了商代的铁刃铜钺。这些器物上的铁，都是由陨铁锻打而成的。这是我们的先人使用铁的开始。

最早的人工冶铁开始于什么时候，至今尚未明了。但在春秋晚期，似乎是从地下冒出来一般，一下子在全国的许多地方都出土了铁器，个别地方还有钢制品出土，使得今天的人们大为吃惊而又百思不得其解。

在世界古代时期，中国出现人工冶铁的时间不是最早的，甚至可以说是较迟的。然而，古代中国人工冶铁发展的势头却出奇迅猛，在极短的时间里就赶上、超过了当时世界的先进水平。

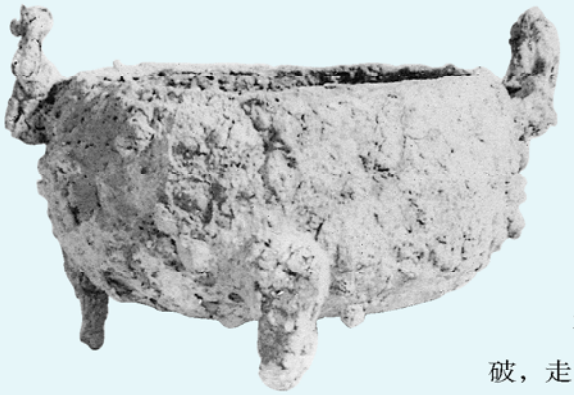
这是什么原因呢？

虽然这原因可能很复杂，在短时期里也几乎难以全部搞清，



铸铁范

这是战国时期的铸铁范。范由铁浇铸而成，能多次重复使用，用以生产统一规格的铁器。



战国时期的白口铁铸鼎
这是战国时期的白口铁铸鼎。当时已能掌握铸铁的成分，铸成了完全是白口铸铁的鼎，这在世界上也是少有的。



铁镬
这是战国时期的铁镬：其造型已接近现代使用的铁镬。

然而，与当时中国极其发达的冶铜技术有密切的关系，则是绝对可以肯定的。

从春秋晚期到战国时期终结，只不过短短的二三百年时间。就在这短短的二三百年中，我们的先人在冶铁技术上就取得了三项重大的突破，走到了世界的前列。

这三项技术就是：生铁、钢与铸铁柔化技术。

古代时期最初的人工冶铁产物，是海绵状的块炼铁(又称“块铁”)。块炼铁的纯度低，杂质多，强度低，硬度差，比青铜还不如。块炼铁只有经过锻打，去除杂质，改变质地，才能成为较高强度的铁。

我们的先人天才地发明了生铁的冶炼。生铁的熔点相对纯铁要低得多，因此，能够用来铸造形态各异的器物。生铁比块炼铁的实际用途更为广泛，可使铁的使用迅速地扩大到社会的各个领域。

但生铁的含碳量太高，特别是早期的白口铁，质地硬而脆，很容易折断，妨碍了它的实际运用。古罗马在公元初也曾偶然炼得了生铁，但因为没有能力克服生铁过脆的致命弱点，后来也就多废弃而不用了。一直到14世纪，欧洲才开始正式使用生铁铸造，比我国则落后了足足有1700年之久。

我们的先人则又继而发明了生铁的柔化技术，成功地解决了生铁过脆这一难题。生铁的柔化技术，就是对生铁进行长时间的加热，使原来的碳化三铁(Fe_3C)得以分解为铁和石墨，使原来的脆性铁变为了展性铁。

在铁的冶炼史上，生铁的柔化处理是一项具有划时代意义的创造发明。正是因为有了这项突破性的技术，古代中国能使生铁大量而广泛地付诸应用，特别是能够用来制作农具与手工业工具，从而真正彻底地告别了石器时代，使社会生产力得以

飞速地发展，一举跃居世界的前列。

战国时期的墓葬中有许多的生铁铸造的农具与工具，如铲、镢、锄、锛、削、凿、刀、锥等，可见当时用铁的热潮。

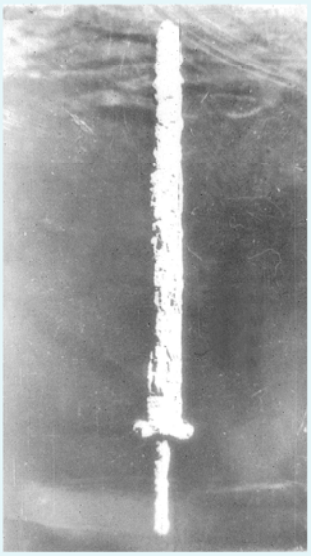
在对生铁进行柔化处理的同时，我们的先民又对块炼铁的处理技术进行了革新。

块炼铁的质地疏松而低劣，这是它的短处。但它的生产工艺较为简便，使得许多条件简陋的地方也能生产。而且，正因为它的质地疏松，进行煅打就十分容易。我们的先民将块炼铁在炉火中反复地煅打，结果却产生了意想不到的效果——诞生出了世界上最早的钢——渗碳钢。

这种技术，是将块炼铁放入炽热的木炭中长时间地加热，使得铁的表面渗入碳元素，再经过煅打，就形成为渗碳钢。再经过淬火处理，原先松软的烂铁成了坚韧的钢材，质地超过了柔化生铁，真可谓是丑小鸭变成了白天鹅！

我们的先人也深知钢比铁的优点所在，因此，就用它来制造成兵器。这样的兵器，在春秋晚期已经产生，在南方的楚国墓与北方的燕国墓中都有相当数量的器物出土，可见当时这项技术的普遍程度。

由于铁的优越性能远远超过了以往一切材质，冶铁业成为了当时发展最为迅速的一门产业。从春秋末年还只有寥寥几处冶铁遗址到战国晚期冶铁遗址的大量涌现，发展速度之快令人吃惊！



春秋末期的钢剑

这是1976年在长沙火车站附近出土的一把春秋末年的钢剑。经取样分析，它是含碳量0.5～0.6%的中碳钢。剑身断面有反复锻打的层次，它是由块炼铁经过反复退火、锻打而成，说明了我国古代生产钢的特殊工艺过程。中国在春秋时期就已有了钢，这比欧洲要早得多。公元一世纪罗马学者普林尼在他的《博物志》中谈到，在当时的欧洲市场上，虽然钢的种类很多，但没有一种能和中国来的钢相媲美。这说明中国的钢早已传入欧洲。

＞知识百科＜

美金？恶金？

古人对铜和铁的称呼很有意思，他们把铜称为“美金”，用来制作礼器；把铁称为“恶金”，用来制作工具。

铁为什么会被称为“恶金”呢?这是因为，最早的人工冶铁所得的是块炼铁，质地较为低劣。不过随着铁的质量迅速地提高以后，“恶金”的名称也就不再流行了，它成为冶铁史上一闪而过的短暂插曲。



铁锤
这是战国时期的铁锤，湖北大冶铜绿山古矿冶遗址出土的采矿工具。

到战国晚期，铁器农具已经明显成为农具的主流。在一些发达地区，铁制农具的比例占到了70%～80%以上。据《管子·轻重乙篇》的记载，一个农夫要有一耜、一铫、一镰、一镈、一椎、一铚；一个造车的工匠要有一斤(斧)、一锯、一钜、一钻、一凿、一锥、一轲；一个妇女要有一刀、一锥、一箴、一钵。由此可见，铁器工具在当时社会中的普及。

当铁器那强大的力为当时的中国带来了相对发达的生产力的时候，铁器便迅速地成为了这个时代的生产与科学技术的主角与标志。

这种新的、强劲的力也成为了奴隶制与封建制交替的最终推动者，为古代中国迎来了一个新的社会制度。

从石器到铜器再到铁器，每一次的变革都给人类社会注入了更为强大的力。

力的飞跃，赋予人类的是生产力与科学技术乃至整个社会的飞跃！

经历了石器、铜器、铁器时代的古代中国，风尘仆仆，历尽沧桑，从一个古老的民族演变成了一个强盛的封建大国。

古代中国终于成为了当时世界上的先进国家，她的整个科学技术的基础得以奠定！

三、神农和后稷开辟的事业

“天时、地宜、人力”与“精耕细作”的中国农业

古老的中国，有两位传说中的农业开辟者——神农与后稷。

传说中的神农生长在西北的姜水流域(今陕西岐山一带)，他第一个率领人民改变了茹毛饮血的生活习俗，开垦土地，播种



五谷，从此有了农殖这一事业，人们尊称他为“神农”。

后稷是周人的始祖，也是周人的农神。他开创了周人的部落，开创了周人的农业。由此，周人对农业有着格外的钟情。

当周武王成为天下之王时，这个农业古国对农业的重视达到了空前的程度，形成了以农业为国家之本的重农思想。这一思想此后就成为历朝历代根深蒂固的建国大纲之一，农业始终是国家最为重视的命脉产业。

在古代中国，农业是得天独厚的，它成为了古代中国的四大支柱科学之一。

古代中国农业科学最为显著的特点，就是“天时、地宜、人力”的系统理论与精耕细作的技术要领。而这都萌生于原始时期，奠基于战国中、晚期。

后稷教民稼穑图

后稷名弃，相传是远古时代有邰氏部落(今陕西武功县境内)人，也即是后来周族的祖先。因为他掌握了相地之宜、选取嘉种等先进的农业生产技术，所以被当时的尧帝和舜帝任命为农官，教民稼穑，指导百姓进行农业生产。死后被尊为“百谷之神”。图为后稷正在向百姓传授先进的农业生产技术。

(一)“天时、地宜、人力”的系统理论体系

古代中国在先秦时代就产生了一个很著名的“天、地、人”三才思想，它将整个世界视为一个紧密相关的有机体来看待，在古代中国有着极大的影响。这一思想渗透到各个具体的领域中，在军事上表现为“天时、地利、人和”，在农业上表现为“天时、地宜、人力”。



“天时、地宜、人力”的系统思想，将农业生产最主要的方面作为一个有机的整体统一起来，成为此后中国农业纲领性的指导思想。

所谓“天时”，因为农业是在开放性的自然环境中进行的生产活动，受天气的影响极大。人们常形容农业是“靠天吃饭”，即使在今天也还没有根本的改变。

而土地是万物之母，更是农业之母。古代



邮票上的炎帝陵

炎帝号神农氏，传说中的中国上古帝王，中华民族的始祖之一。他教民耕农，并尝百草，发明医药，用火治理百害，给人们带来福音。晚年因为民采药误食有剧毒的断肠草而去世。图为邮票上的炎帝陵，又名天子坟。在湖南省炎陵县城西。历代百姓都十分重视对炎帝的奉祀和陵墓的修葺。

中国的先民们，在先秦时期里，从对大地母亲的赞美、神化、礼祭到科学的认识、探索、研究，是人类进步的重要历程之一。

无论是什么时令，无论是在什么样的土地上，“人力”永远是农业生产的行为主体。勤劳、智慧的古代中国人民，将自己的力量发挥到了顶点，形成了独具特色的精耕细作的风格。

（二）精耕细作风格的奠定

什么是精耕细作？

以中国农民惯常的说法，那就是：要像养育自己的亲生孩子那样来培育、管理土地与庄稼，不厌其精，不厌其细。

如何保持土地的肥力，这是耕作的第一难题。最早的原始人类采取的是生荒耕作制，开一块的同时也就扔一块。大约在原始社会的晚期，进展到了熟荒耕作制，能较有计划地安排轮荒。在三代时期，又发展为休闲耕作制，把原来需要长期或较长期撩荒的土地，缩短为三年以内的短暂休闲。到春秋战国之际，治理出了可以无需休耕而连续种植的“不易之田”，连续耕作制就此诞生了。在一些地区，还出现了能在一年或几年之内增加种植次数的轮作制，如“四种而五获”(《管子·治国》)、二年三熟，直到“一年而再获之”(《荀子·富国》)的一年两熟制。当时最为典型的一年两熟制，就是以冬麦与春粟等相配。



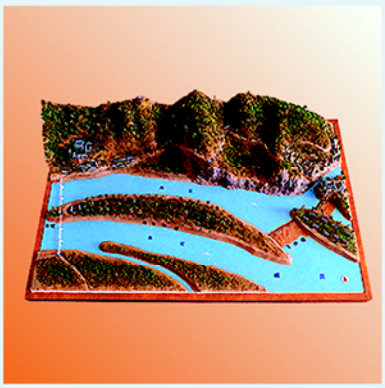
战国时期的铁犁铧

铁犁的使用为精耕创造了条件，是农业技术进步的体现。它不仅提高了生产效率，还有利于土地的开垦。图为战国时期的铁犁铧，河南辉县固围村出土。

耕作制度的不断提高，首先是与耕地技术的不断进步紧密相关的。生荒制能发展为熟荒制，与耒耜农具的发明、使用密不可分。而休闲制的产生，又得益于犁耕技术的发明。特别是铁制犁具的发明，促进了连续耕作制的诞生。

水是一切植物的命脉，更是农业的命脉。先秦时期的中国人民，天才地创造出了世界领先的、极为先进的农田灌溉系统。

这种灌溉系统起源于奴隶制时代的井田制，它以遂、沟、洫、浍、川的沟渠系统与田间道路径、畛、涂、道、路系统相配，大小有序，错落有致，构成一个完整的网络。它是那么的完善、先进，不仅在此后的两千多年中发挥了巨大的作用，就是在当代也依然是大田灌溉系统的基本形态。



都江堰（沙盘）

这是位于四川灌县岷江上的都江堰，是我国先秦时期修筑的大型水利工程。工程由当时秦国的蜀郡守李冰父子领导修筑，由分水工程“鱼嘴”、开凿工程“宝瓶口”和闸坝工程“飞沙堰”组成一个有机的整体。都江堰修成后，引岷江之水灌溉成都平原，直到今天仍然在农业水利方面发挥着重大的作用。

大田灌溉系统中的水又来自何方呢？

当然是从江河中来。

为了使江河中的水能源源不断地流入大田，从春秋、战国时期起，我们的先人们开始创造性地兴起了江河的灌溉工程热潮。有着长期治水经验的先人们，在南北的江河上摆开了“战场”。当时最为著名的，是芍陂、漳水十二渠、都江堰、郑国渠这四大灌溉工程。

四大灌溉工程中，又以都江堰为最。

都江堰，位于四川灌县的岷江上，由蜀郡守李冰父子在秦昭王(前 306 —前 251)时修筑。

李冰父子巧妙地利用天然的地形加以改造，把岷江分为内、外二江，既消除了水患，又提供了沿岸三百万亩土地的灌溉，一举两得。

整个工程的设计与施工都绝妙无比，显示出极其高超的水平。即使是今天，也依然不是一般的工程技术人员能办到的。在 2000 多年前能达到如此高的水平，简直不可想象。



李冰画像

这是二千五百年前秦国的蜀郡守李冰。他带领他的儿子二郎沿岷江两岸实地考察，做出了科学的治水规划，然后组织百姓修筑了闻名世界的大型水利工程——都江堰。

肥料是保持、提高土地肥力的又一个关键要素。大约在西周时期，人们开始懂得锄去田间的杂草并使之转化为肥料。到春秋、战国时期，又懂得了使用粪肥。这是一个极大的进步！正是由于它的出现，才使得连续耕作制真正地确立并普及起来。

精耕细作不仅体现在土地治理上，也体现在作物的栽培上。



富庶的成都平原

这是富庶的成都平原。由于都江堰不但设计先进，而且有一套合理的岁修管理办法，因此都江堰建成后，使成都平原大约三百万亩良田得到灌溉，使四川自此成为“天府之国”。

一切作物的栽培，都从种子开始。早在3000多年前，我们的先人就懂得了不同品种的区分与良种的选择。在《诗经·大雅·生民》中明确有了“嘉种”的名称，还说明嘉种的外观特征是色泽澄黄、籽粒饱满。在《诗经·七月》与《闷宫》中都讲到了“重”和“穉”（《周礼·内宰》作“童”和“逵”）这两个品种，前人的注解都说“重（童）”是先种后熟的品种，“穉（逵）”是后种先熟的品种。类似的还有“直”与“犀”。这都比单纯的“嘉种”更为细致、更为进了一步。

在种子破土出苗以后直到收获，是作物的生长期，时间跨度长，田间管理的内容最为丰富。有锄地、中耕、除草、灭虫、浇水、施肥等等，有的还要进行剪枝、打杈、去果等特殊的技术处理。

锄地是我国古代先民的一个独特的创造，它看似简单，功用却并不简单。它不仅能起到松土与除草的作用，还能有利于土层的蓄水与排水，促进植物根系的生长。

类似锄地这样的田间管理，充分展示了古代中国农业技术的精细与高超。先秦时期所奠定的这一基础，一直延续了二三千年之久，成为古代中国农业最显著的技术特点，为古代中国的农业作出了巨大的贡献！

中国是世界农业的中心之一，也是世界农业的诞生地之一。这个泱泱的农业古国、农业大国，创造了诸多的农业科技发展史上的辉煌成就，培育了诸多农作物与家畜。如水稻、高粱、粟、菽等粮食作物，瓜、瓠、韭、葵、芹、薇等多种蔬菜，同时古代中国在世界公认的水果原生地中占有一半的席位，也是世界三大饮料之一茶的原产地，桑、蚕养殖贡献的丝绸制品为世人所喜爱，还是最早家庭驯养猪、鸡的国家。



从汉代开始，古代中国的这些农产品与家畜开始陆陆续续地向外传播，逐渐地传遍了全世界。像水稻、粟、高粱、菽、茶等产品，现在许多国家的读音还保持着中国的原始读音。能够为世界农业作出如此卓越的贡献，是我们的先祖们血汗与智慧的结晶，也是我们现代中国人的荣耀！

农业科技发展的辉煌

作物	发源
水稻	1995 年 11 月，在湖南省道县玉蟾洞发现了世界上最早的人工栽培水稻谷粒，距今已经有18000年至22000年，将人类栽培水稻的历史足足提前了 10000 多年。
粟	俗名谷子，它最早产生于我国北方的黄河流域。最早的粟粒实物化石，是在山西省夏县西荫村的旧石器遗址中发现的，距今已有 50000 年之久。
菽	在河南古城村的仰韶文化遗址中见到了大豆的实物，距今年代有 5000 多年。
高粱	最早的高粱实物发现在我国山西省万泉县荆村 6000～7000 年前的新石器时代遗址中。
蔬菜	在 3000 多年前的《诗经》中，就有瓜、瓠、韭、葵、芹、薇等十多种蔬菜名称；在更早的陕西省西安市半坡仰韶文化遗址中曾出土了白菜(或芥菜)的种子，时代距今有 6000 年左右。
水果	中国是世界三大果树原生地之一，也是最大的。华北为中心的地区以温带落叶果树为主，如桃、李、梨、杏、柿、枣、栗等；华南为中心地区的以温带与亚热带的常绿果树为主，如柑、橘、橙、柚、龙眼、荔枝、枇杷等。
茶	作为世界三大饮料之一的茶故乡就是我国云南思茅地区。占人饮茶有5000年的历史，而种茶成为农业生产是在3000 年前的西周时期。
桑、蚕	1926年在山西夏县西阴村一个距今5000年的原始遗址中发现了半个被切下的蚕茧，它是人们所能见到的最早的人工饲养蚕茧。
猪、鸡	考古发现的骨骸与陶塑证实，早在8000年前的南方河姆渡文化与7000年前的北方裴李岗文化中，就已经有了家养的猪和鸡，这表明开始驯养的时间更早。



“日食”甲骨
商代刻在龟甲或牛骨上的占卜文字，被称为甲骨文。在甲骨文和其他中国古代文献中，保存着世界最早的日食记录。这块刻有“癸酉贞日夕又食”文字的甲骨，提到在商王武乙某年某月癸酉日的一次日食，是较早的日食记录之一。

四、王者之法：仰观天象，俯察地理

天文学与地理学的奠定

《周易·系辞下》说到上古的伏羲氏“王(称王)天下”的时候，“仰则观象于天，俯则观法于地”，最终创制出了八卦。这一段话把天文、地理以至神权都纳入了王者之法中，成为了统治者的御用工具。这也是从三代时期开始的中国天文、地理学的一个显著的特点。特别是天文学，因为被认为是惟一能知“天命”的学科，国家的控制也就格外严密。

先秦时期的天文学与地理学，从无到有，是一个漫长而艰难的历程，是无数的先民们以辛勤与智慧建立、奠定了这两个学科。

（一）知“天命”的天文学



“月又食”牛骨
这块牛骨上刻有“壬寅贞月又食”文字，是商代实际观测有关月食的记录。据天文学家推算，此次月食出现在商王武乙时期，时间为公元前1173年7月2日，是月全食。

苍茫的天空、闪亮的日月星辰、来去不可捉摸的风雨雷电，这一切似乎就在人们的身边，却又离人们那么远，充盈着无限的神秘。

要穿透这无限的神秘，人类只有从长期的观测起步，才能有望取得突破。

古代中国的先民们，在天象的观测与记录上表现出了超群出众的才能与毅力。

早在原始时期还没有文字的时候，先民们就在陶器、崖壁上画下了他们所见到的太阳、月亮、星辰、银河、云彩等等。

到了文字产生以后，也就积累起了拥有一系列世界之最的天象记录——最早、最丰富、最为连续、最具准确性，成为世

界天文学史上独一无二的珍贵宝库。

在先秦时期，先民们就记录下了最早的日食、月食、太阳黑子、五大行星运行轨道与会合周期、彗星、流星(及流星雨)、陨星、极光等等现象，遥遥领先于世界各国。

天象观测与记录，是整个天文科学的基石，是打开天文科学大门的钥匙。我国从先秦时期开创的天象观测与记录的优良传统，为整个天文科学的建立与发展打下了扎实的基础，从而使我国的天文学能在很长的时间里高居于世界的最前列。





马王堆出土的彗星图

这是1973年在湖南长沙马王堆汉墓中出土的彗星图(部分摹绘)。原图的《星占》部分在天蝎星座和北斗之间绘有二十九幅彗星图。所绘彗星有三种不同的彗头，四种不同的彗尾，说明当时对彗星形态的观察已很精确，分类也很科学，反映了中国古代天文学的突出成就。

天象观测的丰富与持续，是凭着观测者的勤奋与辛劳获得的。而天象观测乃至整个天文科学的准确性，则只有依靠天文仪器与设备才能达到。

先秦时期，先民们使用的早期天文仪器与设备主要有这样三种：圭表、漏刻与原始浑仪。

圭表的结构极其简单：表是直立的柱状物(无论竹、木、石、砖做成的都一样)，圭是平放的标尺。圭表是从表发展而成的，是用来测定日影的。它的结构虽然简单，但效用却不少，可以用来定方向，定节气，定时刻，定地域。在我国的天文科学成熟以后，它的功用主要是两个方面：一是用于测定太阳的运行轨道与周期，从而确定回归年的长度与季节时令的划分；二是用于测定具体的时刻(这一类又称日晷)，是古代主要的计时器具之一。

圭表是最早的天文仪器，表的产生可以推至很远很远的远古时代，圭表相结合为一体也应该很早，至迟在西周时期已经产生了。

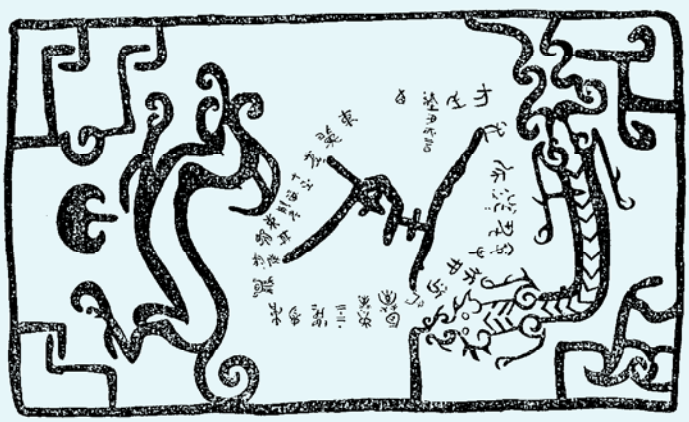


土圭(模型)

这是西周时期的土圭模型。土圭包括圭和表两大部分：表是直立的标杆，圭是平卧的尺或盘。古代的人们用土圭来测量日影的长度，以此来确定冬至、夏至和一年四季。

大约在西周或者稍晚一些的时候，还发明了另一件计时器具——漏刻。

漏刻的漏是指漏壶，装满水以后能一滴一滴地漏水；刻则是指放在漏壶中刻有度数的标尺(古又称“刻箭”、“箭”等)，能够根据漏去的水量读出具体的时刻。



二十八星宿图
这是在湖北随县出土的战国时期的二十八星宿图。

与圭表(日晷)相比，漏刻能够在没有日影的阴天与黑夜中使用，这是它比圭表优越的地方。但它携带不便。

在天文学上，用途更为重要且使用频繁的是观测天体准确方位的浑仪。

最早的浑仪，可以肯定至迟在战国时期已经产生。在战国时期的石氏星经与甘氏星经中，对诸多恒星的准确方位数值有了明确的记载，而这是只有用浑仪观测才能得到的，这是当时已经有了浑仪的证明。

浑仪所观测的对象，除了日月五星(五大行星)以外，主要就是恒星。恒星满天布列，量多而无序，怎么来辨认呢?东西方的人走了一条共同的道路：给恒星以固定的名称。不仅每一颗星有具体的名称，相邻近的一些恒星还被组合起来赋予一个大的冠名。这些组合先民们称之为星官，西方人称之为星座。



石日晷
这是一个在内蒙古呼和浩特出土的古代石日晷。其形制为正方形，表面平整，中央有一圆孔。圆孔之外有一半径近四寸的大圆，大圆上刻有六十九个浅孔，孔间距离相等，约占圆周的三分之二强。小孔外按顺时针方向刻有从一到六十九的数码，这些小孔和数码即是用来计时的刻度。

西方人的星座主要有 12 个，统称为“黄道十二宫”，这也就是他们的恒星体系。

我国先民组合的星官有 28 个，统称为“二十八宿”，后来又发展为“三垣二十八宿”，这也就是我国古代的恒星体系。

二十八宿的恒星体系至迟在我国的春秋战国之际已经形成，1978 年湖北随县擂鼓墩曾侯大墓出土的公元前 433 年以前的漆箱盖上所绘的彩色二十八宿全图，是最为强硬的证明。

天文科学归根结底是以为实际服务为根本目标的，在古代就集中体现为编制历法。

古代中国最早的历法出现在夏代，收入汉代《大戴礼记》的《夏小正》相传就是夏代的一部历法。现在我们所能见到的《夏小正》实际上只能算是物候历，与后来的历法有着很大的不同。

从夏代起的以后各代都有历法，但可惜的是没有能流传下来。后世相传的所谓“古六历”(黄帝历、颛顼历、夏历、殷历、周历、鲁历)，实际上都是战国时期的历法，差不多都失传了，只有在《开元占经》中还能见到少量的有关数据。

根据《开元占经》保存的数据，可以知道“古六历”都是用$365\frac{1}{4}$日为一个回归年的长度，所以都是“四分历”(取尾数$\frac{1}{4}$相称)。汉代产生的历法也都采用这一数值，甚至东汉时的一部历法就直接命名为四分历。

由上可见，战国时期的这些历法确实奠定了后世历法的基础，有着不可磨灭的功绩。

先秦时期的天文学，除了上述具体的科技内容外，在宇宙起源与结构的理论上也有重要的建树。特别是在宇宙起源理论上，从《老子》的“道生论”到宋钘、尹文学派的“气生论”，完成了一个具有质变意义的飞跃。此后，“气生论”能够在实际上成为古代中国宇宙起源理论的主流理论，是唯物主义的一大胜利，也是古代中国宇宙理论先进性的重要体现。



沉箭式铜漏壶

这是在河北满城汉墓中出土的沉箭式铜漏壶。漏壶的提梁与壶盖正中有相对的长方形孔洞，用来安插刻有时辰线的沉箭。壶外近底处有一小流管。壶中贮水，从流管慢慢滴出，壶中水位下降，观测沉箭上的水位刻度即可确定时间。

(二) 环绕“九州”的地理学

地理学的萌生，就肇始于人类自己的脚下。

原始的人类从自己的脚下开始，逐渐地认识了各种地形，学会了辨别方向，尽管缓慢，却终究是在进展着，而且越来越临近于奠基成型。

在二三千年前的《诗经》中，人们不仅可以看到对各种地形大类上的认识(如江、河、山、土、田等)，而且在同一大类下有了更细的区分。以山为例，除了山、岗、丘这样一些次一类的分辨，还有再细一些的屺(有草木的山)、岵(无草木的山)、宛丘(四周高、中间低的山丘)、顿丘(孤立的山丘)、阿丘(偏高的山丘)等等。足见这时的地形知识已经相当丰富。

随着人们活动范围的扩大，逐渐地又有了区域的地理观念。

这种区域观念逐渐地扩大，到国家建立以后，就形成为政区地理与疆域地理。

第一次全面阐述古代中国政区地理的是《尚书·夏书》中的《禹贡》，但这一篇实际上是战国时期的作品。它把中国分为九个州，然后就逐个州地介绍有关的地理与经济情况。“九州”的区划虽然是虚构的，是当时希望全国统一的理想设计，但它所记载的全国地理、经济状况确是当时的真实记录。

由于当时人们活动范围的限制，在绝大多数人们的心目中，天下就是这“九州”大小。所以，当一部《山海经》呈现在人们眼前的时候，对于它所记载的那些并不明确可稽的域外风情，人们大多只视为荒诞不经的虚幻想象。

然而，敢于突破这“九州”地域观念的勇士并不乏其人。在东南沿海，向苍茫大海挑战者有之；在西北面，向大漠高山挑战者也有之。

现代考古以大量的实物证据，证明了早在先秦时期就有了中西交通的事实，使得现代的人们对《山海经》与《穆天子传》的记载必须重新刮目相看。

战国时期齐国的著名学者邹衍，第一次提出了令当时的人们目瞪口呆的“大九州”说：世界是由大块的九州构成的，而中国只是位居中间的一州。这是一个了不起的思想学说！虽然它并不完全正确，但它相对《禹贡》小“九州”的地域观念是一个重大的突破，是古代地理学的一个杰出的贡献！

先秦时期的中国地理学，有着世界上最早的地震记录与地变记录。特别是《诗经·小雅·十月之交》与《国语·周语上》记载的周幽王二年(公元前780年)陕西周原地区发生的地震，同时还记载到了岐山崩塌与地裂现象所造成的“高岸为谷，深谷为陵”的地变现象。这对于我国后世形成系统的地变观念有着重大的作用。

地图是地理学的另半片天，有图有文才能构成完整的地理学。

战国时期齐国的著名学者邹衍，第一次提出了“大九州”说：世界是由大块的九州构成的，而中国只是位居中间的一州。

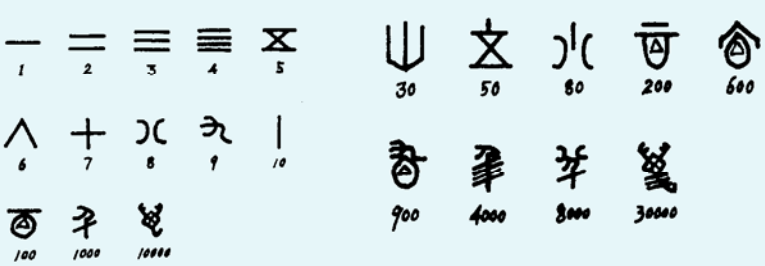
古代中国的地图起源很早，相传大禹治水后所造的九鼎上就铸有山峦百物。西周王朝建有专门的国家图室，收藏着各种地图，军队出征时也有专门的地图，这在文献与金文中都有明确的记载。1986年，在甘肃天水放马滩的秦墓中出土了七幅画在木板上的秦国邽县地图(公元前239年以前)，这是现存世界上最早的地图。在这七幅地图中，虽然还保持着早期地图尚有的图画遗迹，但基本上已经是抽象示意性质，在比例、方位、距离、线条、地势以及房屋、桥梁的图例等等，大多具备了后世地图的标准，反映出当时已经有统一的、较为规范的制图法则，充分显示出了领先于世界的风采。

五、神奇与平凡

数字诞生，数学发展

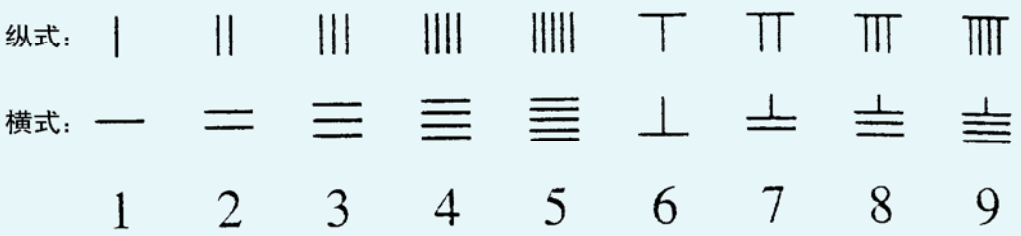
1、2、3、4……这些在今天看来是再平凡、再普通不过的数字，在远古时代却决不平凡，而且还带着些神秘的色彩。

从具体的若干事物到抽象的数字，这需要人类具有归纳、抽象思维的能力，有些民族到了现代时期也还没有数字，而我国的先民一开始就展现出了特有的灵敏感觉。他们不仅确立起了



左图为甲骨文中的数字(一)
这是甲骨文中一、二、三、四、五、六、七、八、九、十、百、千、万这13个数字。有了这13个数字，就可以记10万以内的任何自然数了。

右图为甲骨文中的数字(二)
这是甲骨文中十、百、千、万的倍数，通常用合书的方式。有了十、百、千、万这几个数字，而它们的倍数又用合书的方式表示，则表明商代的记数系统已经有了十进位值制的萌芽。



算筹记数示意图
这是中国古代算筹记数的示意图。算筹记数包括纵式和横式两种不同的摆法：个位数用纵式表示，十位数用横式表示，百位再用纵式，千位再用横式，万位再用纵式……这样从右到左，纵横相间，以此类推，就可以用算筹表示出任意大的自然数了。遇到数目中某一位为零时，就在这一位上空着，不放算筹。显然，这种算筹记数法和现代通行的十进位制记数法是完全一致的。

十进位制，而且有了完整的数字与位值文字，使得记数与计算都十分清晰、便捷。这在殷代的甲骨文中就有充分的展示。（配原书的甲骨文图）

大约在西周晚期与春秋之交(也有的说要再早些，也有的说要再晚些)，我国的先民们又发明了算筹。这是一些用竹、木、骨等材料制成的长短粗细都一致的小棍，它以竖式或横式排列进行演算，称为筹算。用算筹排出一个多位数，不需要有什么位值的文字，数字本身所在的位置就能直接表示出它的位值。这是个非常重大的突破，它与现代通用的印度—阿拉伯记数法完全一致，而我国是在两千多年前就已经使用了，成为了遥遥领先于世界的记数方式。

算筹的主要功用是进行筹算，筹算比手写计算更为便捷、高效，古代中国在计算上能取得遥遥领先于世界的成就，与筹算的发明与使用是密不可分的。

到西周时期，四则运算已经完全具备。到战国时期，分数的运算也已经完备。在天文历算与实际的田亩计算中，两种运算方式都发挥了重要的作用。

在代数学发展的同时，几何学也有所发展。相传在大禹治水时，所用的测量工具已经有了“规矩”与“准绳”。三代时期大量的城市、宫殿、车辆、铜器，都证明了当时确实有了几何作图的工具，否则无法制作出规整的方、圆体。在《左传》中，还记载了春秋时期楚国与晋国筑城时要进行材料与人工的计算，这其中就包含了代数与几何知识的综合运用。



中国古代的象牙算筹
这是中国古代用象牙制成的算筹。



汉武梁祠石室上雕刻的规矩图

这是汉代武梁祠石室上雕刻的规矩图。图上左边的人手中拿着画圆的工具——规，右边的人拿着画直线和直角的工具——矩。

我国现存最早的一部数学著作——《周髀算经》，最终的成书时间大约在汉代初年(公元前1世纪左右)，而其中的许多内容都是先秦时期的。特别像著名的勾股定理，就很可能是先秦时期的成果。在我国早期最重要的数学著作《九章算术》中，也有许多内容是先秦时期的产物。

从西周时期起，数学被国家定为“士”所必须学习的“六艺”(六大技艺)之一，在政策上保证了数学教育的稳定性，而且在整个先秦时期都基本延续了这一做法。数学能够在我国成为四大支柱科学之一，与先秦时期扎实的数学教育密不可分。

＞知识百科＜

世界古文明记数系统的进制法

不是所有的民族都懂得采用十进制。在那些文明诞生较早的民族中：古代巴比伦人用的是六十进位制，南美玛雅人用的是二十进位制，古罗马人虽然有十进位制，却同时又有五进位制，无疑，他们的计算都十分不便。在古埃及与古希腊，虽然用的是十进位制，但却没有专用的数字文字或表示位值的文字。古埃及人是用一个弓形、绳索、莲花米分别表示十、百、千的位值，古希腊人则用24个希腊字母与3个腓尼基字母来表示数字。毫无疑问，他们的实际运用也十分不便。

六、分道扬镳的医与巫

古代中医体系的基础建立

医学是人类惟一以自身健康为主要研究对象的科学。

人类在与自然界相斗的同时，也免不了要与自身的伤病死亡相斗。考古发掘表明，原始人类的寿命很短，大多在年轻时就夭折了。人类要为消除伤病、延长生命而奋斗，也就是很自然的事了。

我们的先民在用火、熟食、穿衣之后，又学会了挑选自然物(植物、矿物、动物)制为药品，并逐渐发明了针砭技术，最终形成了古代中国独特的医药科学。

然而，古代时期的医学总是与巫术相交融，两者往往是合而为一的，医师与巫师往往是同一个人。这在原始时期是很自然的现象。但是，科学与宗教在本质上终究是冰炭不同炉的，医学与巫术的分道扬镳也必然是要发生的事。

古代中国的巫、医分离，大约启始于原始社会与奴隶社会交替之际。到西周时期，我们看到这种分离已经相当成功。在西周的王室御医中，已经没有“巫”的位子了。战国时期成书的《周礼·天官》部分，列有医师(最高医官)、疾医(内科医师)、疡医(外科医师)、食医(营养师)及兽医，不仅没有了巫师，而且医师们已经有了初步的分工。由此可以看到，到战国时期，医与巫的分离已经大致完成。当然，要彻底地分离，那路还遥远得很。

从原始时期到战国时期，古代中国的医药科学从无到有，从微到著，最终奠定了整个古代中医体系的基础。

（一）中医药学技术

医药学技术，是从对疾病的认识起步的。

在甲骨文中，人们所认识的疾病已经遍及现代的各科，但还未出现具体的病名。而到战国时期成书的《山海经》中，许多冷癖的疾病都有了名称，如瘕疾、瘿、瘅、疟、疫疾等等。

在治疗手段上，逐渐形成了两个大类：

一类是药物治疗，这是产生最早、运用最多的治疗方式。相传我国的药物是神农尝百草而发现的，虽然这只是传说，却如实地反映出了药物的发现与食物尝试之间的关系。

中药以草本植物为主，也有少量的木本植物果实与枝叶、动物的某些部分、某些矿物等构成。



扁鹊像

这是春秋战国时期的名医扁鹊。他精通医术，对妇科、小儿科、五官科、内科都很擅长。在诊断方面，他采用了望色、闻声、问病、切脉的四诊法，尤其在切脉上有重大贡献。在治疗方面，他常采用砭石、针灸、按摩、汤液、熨贴、手术、吹耳、导引等方法为百姓治病，疗效甚好。他曾采用综合治疗方法治好了虢国太子的假死症，名闻天下。

早期中药的使用，是以汤剂为主，少数外敷。商代的一篇文献《说命》(收于《尚书》)中，曾记载了“若药弗瞑眩，厥疾弗瘳”，表明当时对服药后的病人反应与疾病治疗效果的关系也开始有了认识。

长沙马王堆三号汉墓中曾出土一份《五十二病方》帛书，共记有52类疾病的103种疾病的治疗药方约300个，所有药物达247种，近100种见于汉代的《神农本草经》。这部著作，专家们都公认可能是战国时期的著作。

另一类是针灸与外科治疗，这里特别值得一提的是针灸，这是我国所独有的。后世成熟的针灸，起源于原始的砭石。1963年在内蒙古多伦县道洼新石器遗址中曾出土一枚石制砭针，一端为刃，一端为针，既可以切肤，又可以针刺。1978年在内蒙古达拉特旗又发现一枚青铜砭针，形制与上述的石针相同。这是从砭石向针过渡的中间形态。至战国时期，针刺技术与理论都已走向成熟。春秋时期的名医扁鹊，就是针砭技术的高手。在汉代的画像石中，扁鹊针砭是一个十分流行的画题。


補注黃帝內經素問卷第四
啟玄子次注林億孫奇高保衡等奉敕校正孫兆重改誤
異法方宜論　移精變氣論
湯液醪醴論　玉板論要篇
診要經終論
異法方宜論篇第十二　新校正云按全元起本在第九卷
黃帝問曰醫之治病也一病而治各不同皆愈何也（不同）岐伯對曰地勢使然也（渭法天地生長收藏及高下燥濕之勢）故東方之域天地之所始生也（法春氣也）魚鹽之地海

《黄帝内经》书影

这是我国古代医学理论的奠基性巨著——《黄帝内经》。它以论述人体、生理、病因、诊断等基础理论为重点，兼论针灸、经络、卫生保健等多方面的内容。其中的一些基本观点，如阴阳平衡、整体联系等辩证思想，直到今天仍在中医临床方面具有重大的指导意义。

长沙马王堆三号汉墓出土的《足臂十一脉灸经》、《阴阳十一脉灸经》，就是战国时期针灸所专用的经脉著作。针灸技术只有在经脉理论上得到配合以后，才算真正走上了成熟的道路。

（二）中医药学理论

古代中国任何一门自然科学的理论，都是整体哲学理论的分支和具体化，中医药学也不例外。

古代中国的哲学以气为宇宙万物的本原，医学上也以人为“气之聚”，“聚则为生，散则为死”（《庄子·知北游》）。气亦称精气或精，用在人身上较多。

气分阴、阳，阴、阳既是一对矛盾体，又是一对统一体；它们之间的消长变化是事物变化的动力，决定了事物特性的变化。阴阳的平衡协调，是中医学上健康的标志；而任何疾病，都是阴阳失衡不调。

五行，原本是“六府”与“五材”说，指世界万物中最基本的物质。战国时期的子思、孟子学派与邹衍却把五行的内涵推衍到了人类生活以及自身的所有领域，同时又在五行的相生相克上大做文章。医学上也大受影响，不仅有众所周知的五脏，还有五体、五志、五液、五色、五味等等，都是具体的推衍。

天人对应，是古代人们的又一个重要的思想，对中医学的影响较大。汉代以后，天人对应发展为天人合一，对中医学的影响就更大了。这种影响，虽然有少许的合理成份，但更多的是消极的作用。

上述种种的思想影响与具体的医学相结合，在战国晚期结晶出了一部杰出的中医理论著作——《黄帝内经》。

《黄帝内经》（简称《内经》）的最终成书可能是在汉代，但它的绝大部分内容是战国时期的作品，是汉代人将它们汇合成一



书的。这就像《大戴礼记》和《小戴礼记》，虽然最终成书是在汉代，但内容基本上都是先秦的。

《内经》包括《素问》与《灵枢》两部分，共18卷162篇。《内经》的内容极其丰富，从基本理论到具体的生理解剖、结构、病理、病因、诊断、治疗、针灸、经络、保健等等，都有精辟的论述。而最为精髓的，就是基本理论部分。

《内经》对古代医学的基本理论作了总结性的归纳，对于生命与气(及精、神)，对脏腑，对经络，对阴阳学说与生理，对诸病的机理等等，都有精辟的理论阐述。

所有这些理论阐述，开辟并奠定了中医学的基本理论，从而成为两千多年来中医学的“经典”理论。后世的中医学理论，虽然有许多的发展，但基本的仍然是《内经》所阐述的那一套。所以，《内经》就成为了中国古代中医学理论的开山鼻祖、万世之典。古代中医学的整个体系框架，自此正式诞生了！

七、“材美、器利、工巧”的《考工记》

技术史的标志与旗帜

古代时期的手工业，虽然在整个社会所占的比重并不大，但产生的效益极大。

手工业是一门需要生产者特别心灵手巧的产业，它要求科学技术含量特别高。勤劳智慧的中华民族，尤其适宜于这一产业。从原始时期到战国时期，呕心沥血，向世界展示出了高超精湛的技艺，创造出了辉煌业绩，终于奠定了这一不凡的产业，而《考工记》就是标志与旗帜！

《考工记》原是战国时期一部独立的手工艺技术专著，汉代

因为《周礼》缺了《冬官》部分，就把《考工记》顶作了《冬官》。

《考工记》是对整个先秦时期手工业生产技术的汇集、提炼、总结，又是对未来手工业生产的指导、规范、推进！

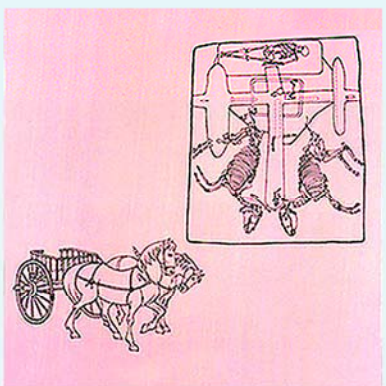
《考工记》对以往生产技术的总结，并不是简单的记述，它融入了科学理论的成份，进行了科学的分析与提高，使许多经验上升到了理论的高度。这也正是《考工记》的价值宝贵之处，标志着手工业生产在这一时期走向了成熟。

《考工记》全书虽然仅七千余字，但记载的范围很广，涉及当时的冶金、量器、兵器、工具、皮革、乐器、染织、玉器、陶瓷、车辆、建筑等技术领域。从工种来看，有“攻木之工七，攻金之工六，攻皮之工五，设色之五，刮摩之工五，抟埴之工二”，由此可见，当时分工已经相当精细。

本书前面对铜、铁的冶铸已经作了介绍，以下就其他的手工业生产略作介绍。

（一）车辆

古代中国的车辆相传是黄帝时代创制的，现在能见到的考古发掘车辆遗迹最早是商代的，但商代的车辆已经较为成熟，可以推测其产生的时间大概更早些。《考工记》记载的车辆制造技术，正是这许久以来车辆制造技术的总结。



车马坑（摹绘）
这是商代贵族大墓旁的车马坑（摹绘）。商代的车为单辕、双轮，当时对轮和轴的认识、应用及制作技术已较成熟。

《考工记》将一辆车分为四个主要部分，车轮、车盖、车舆（箱）、车辕（及车轴），由四部分工匠分别制作，反映出当时分工的精细与生产的成熟性。在这四部分中，车轮与车辕（及车轴）是最主要的两部分。《考工记》对这两部分的制造技术记载得十分详细，特别是一些技术的要点阐述得十分明确，体现出了当时制造技术的高超精良。

（二）建筑



我们的先人从森林、山洞中走出后，为了自己的生活安宁，开始建造栖身之处，这就是房屋的出现。现在所能知道的最早的房屋，是北方仰韶文化遗址中的半地下式房屋与南方河姆渡文化中的干栏式房屋。大约在夏代，开始出现较大型的宫殿建筑。西周时期的宫殿建筑，不仅规模更大(如陕西扶风召陈村西周晚期大型建筑群遗址)，而且出现了瓦的使用。到春秋战国时期，已经具备了后世宫殿建筑的基本格局与要素。



邮票上的干栏建筑
这是在浙江余姚河姆渡遗址出土的用来建造干栏式房屋的带榫卯的木构件，距今已有6500年～7000年左右的时间。

城市的出现，是在我国原始社会晚期的龙山文化时期。奴隶制国家出现以后，城市开始大量出现。到春秋战国时期，更是如同星罗棋布一般。

由于战争的原因，一些诸侯国开始修筑长城，这为后来秦王朝修筑万里长城作了创造性的示范。

《考工记》诞生离不开这些建筑所取得的成就，虽然书中没有详细记载具体的建筑技术(至多只有一些勘测定位技术)，但它所记载的城市与宫室布局，仍是后世的标范。特别是有关王城的布局——棋盘式与中轴式的格局从此成为历代王城的千古准则。



铜弩机
这是战国时期的铜弩机。弩机和强有力的小型弓组成弓弩。弩机分为郭、牙、望山和悬刀四部分。其中牙钩住弓弦，望山用来瞄准，悬刀则是板机。弩机依靠弓的弹力，有力而准确地发射箭支，是当时战争中的一种重要兵器。

(三) 兵器

在传说中，兵器是那位斗胆与黄帝争夺天下的蚩尤发明的。其实，战争与兵器都远要早得多就已经产生了，弓箭的产生当然更早。

《考工记》记载的兵器有两类：一类是近距离格斗兵器，如戈、剑；一类是较远距离的射杀兵器，即弓箭。这两者，实则



陶纺轮

这是新石器时代的陶纺轮，陕西西安半坡村出土。纺轮是纺坠的主要部件。纺坠是利用其本身的自重和惯性，作连续旋转而工作的纺线工具，可以加捻麻、丝、毛各种原料，又可以纺粗细不同的纱。

都是车战所用的兵器。相比之下，弓箭(主要是弓)的制造技术较为复杂一些。《考工记》对弓的制造记载得极为详细，从弓干到弓弦的材料、制作工艺、技术要点、具体尺寸、髹漆、使用等，极为详备。如果没有《考工记》的记载，后人是怎么也想不到会复杂到这样的程度。

(四) 染织

古代中国的纺织技术卓有名声，早在七千年前的河姆渡文化中，就有了原始的踞织机。到商代时期，又出现了多综片的提花机，能够织出复杂而高级的织物。西方的提花技术，是汉代以后由中国传入的。

纺织的发展，促进了印染的发展。当时的染料有两大类：一类是矿物染料；一类是植物染料。

矿物染料的染法有两种：一种是浸染；另一种是画缋(即《考工记》所记载的)。

植物染料的染法以浸染为主，但有些植物必须用媒染剂才能有效。媒染剂的发现与使用，是化工技术与印染技术的一大突破，是古代中国又一项重要的成就。

《考工记》所载染织的内容较少，但像湅丝、画缋、染羽的技术，依然极有价值，是不见于它处的独家文献。



陶纺轮使用示意图

(五) 陶瓷



涡纹彩陶罐

这是新石器时代的涡纹彩陶罐，泥质红陶，图案为黑褐色水波纹与流水涡纹。

陶器是原始时期人类的一大发明创造，有着万年以上的悠久历史。

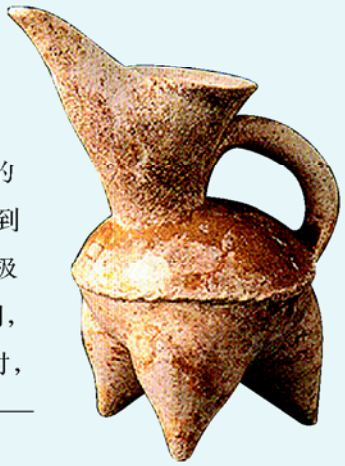
陶器的革命性变化出现在原始社会的晚期与夏代时期，这时出现了一种以高岭土为原料的陶器，它的烧成温度已经达到1000℃以上，烧成后的陶器呈白色，质地细密坚硬，明显地超过了

一般的陶器。白陶的出现，表明了瓷器的产生只是时间问题了！

这时期还产生了釉陶，即在陶器表面施釉技术。

在这两个技术突破以后，商周之际终于产生了最早的原始瓷器——青釉器。它以高岭土为胎，烧成温度达到1100℃～1200℃以上，表面施以釉质，器体的吸水性极小，各项数据已经与瓷器基本近同。到了春秋战国时期，青釉器质量有了提高，与成熟的瓷器更为接近。与此同时，在西周中期的一些墓葬中，还出土了最早的原始玻璃——铅钡玻璃。

《考工记》记载了陶瓬与陶簋的具体形制、尺寸，但没有记载具体的制作技术，是至为遗憾的。



绳纹白陶鬶

这是新石器时代晚期的绳纹白陶鬶。白陶是指表里和胎质都呈白色的一种陶器，其胎质的化学成分接近瓷土及高岭土的成份。中国是世界上最早使用高岭土烧制陶器的国家。



转轮法制陶示意图

转轮法是新石器时代的制陶方法之一。将泥料放在陶轮上，凭借陶轮快速旋转的特点，用提拉的方式使泥料成形。用这种方法制造出来的产品器形规整，厚薄均匀。



鱼鸟纹细颈壶

这是新石器时代的鱼鸟纹细颈壶，泥质红陶，图案为一水鸟叼着一条鱼。1958年陕西宝鸡北首岭出土。

（六）乐器

《考工记》记载的乐器有磬、钟、鼓三件，磬是玉质或石质的，钟是青铜的，鼓是木质蒙以兽皮的，很有代表性。

乐器的制造离不开制作工艺，更重要的是必须符合声学上的固定要求。就古代的技术而言，要一次达到要求的音准是不可能的，于是就有一个修正的技术(主要是磬与钟)。

《考工记》正确地阐述了乐器的形制、厚薄与音律高低舒疾的关系。明了这一点，就能得心应手地修正已制成乐器的音准。这样的技术水平，不由人不为之赞叹！

（七）酿酒

《考工记》虽然没有记载酿酒的技术，但战国时期的《礼记·月令》中曾总结了我国制酒的六大要诀，即“秫稻必齐，曲蘖必时，湛炽必洁，水泉必香，陶器必良，火齐必得”，可谓是奠定了古代中国制酒技术的基础。

在人类的历史上，酒只是一种饮物，但从科学的角度来看，却有其独特的价值。

酒的酿造，是人类首次成功地运用微生物的范例。

人类最悠久的造酒方法有两种：一种是起源于埃及与欧洲的啤酒法；另一种就是创始于我国的制曲酿酒法。

我国独创的制曲酿酒法，先要用谷物制成曲种，再以曲种酿酒。制曲酿酒，能够使谷类的糖化与酒化同时完成，使用范围广(啤酒法酿酒只能用大麦为原料，而我国的制曲酿酒几乎可以用所有的谷物)。

最早的制曲酿酒出现在原始社会晚期，商周时期已经相当发达。考古发掘曾多次发现这种数千年以前所制的酒，而大多至今仍没有变质，可见当时酒的质量是相当高的。

八、士的冲击波

科学思想的百家争鸣

风云激荡的春秋时期，崛起了一支了不起的政治力量——士。

士，在今天就是知识分子。

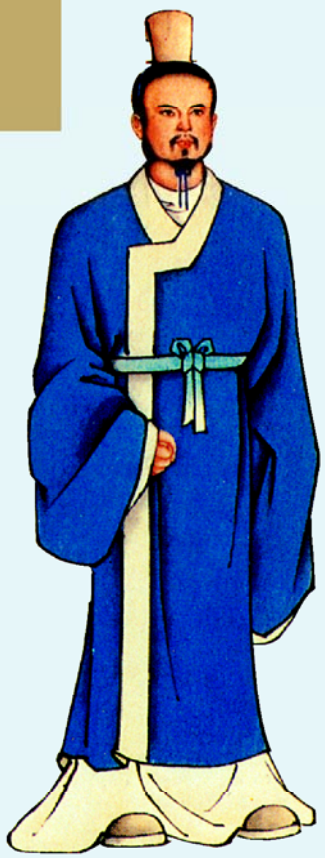
整个春秋战国的 500 年间，士的冲击波形成了一道特别壮观的风景线。百家争鸣，成为中国历史上空前的文化浪潮。

从本质上看，春秋战国时期的百家争鸣，完全可以与欧洲的文艺复兴运动相媲美。

这时期的百家争鸣，同样波及到了科学技术领域。

作为知识阶层的士，虽然直接从事科技事业的极少，但他们有着广博的学识，有着深邃的洞察力与思辨力，因此他们往往能入木三分地深入到科学技术的本质上，建立起独特的理论思想。

正是这科学思想的理论大潮，不仅丰富了先秦时期整个科学技术的宝库，更是我国早期科学技术体系奠定的标志！



孔子像

孔子（公元前 551 —前 479），名丘，字仲尼，春秋末期的思想家、政治家、教育家、儒家学派的创始人。他推崇“知之为知之，不知为不知”的实事求是的科学态度，倡导举一反三、闻一知十的科学思想方法，这些都对后世科学家的科学研究活动产生了积极的影响。

（一）儒家科学思想

在大多数人的眼中，儒家从他们的老祖宗孔子开始，就是一群四体不勤、五谷不分的愚夫子，他们与科学技术不仅毫不相关，而且还是一群顽固的反对者。

但事实并不完全如此。



孔子晚而喜易图

《周易》一书是我国上古时期的一部百科全书，其中包含有许多古代人民在生产和生活中总结出来的科学技术知识。孔子晚年对《周易》非常喜欢，图为他正在刻苦研读。

儒家确实鄙视大多的科学技术，把许多发明创造视为“奇器淫巧”，但他们并不反对天文、地理、数学、农学、医学等，早期儒家还将天文、数学等列入自己的教学内容中。

对科学技术的一些基本理论，儒家不仅予以重视，而且也有精辟的论述传世。

荀子是战国时期儒家的一位杰出人物，他有许多不同于其他儒家人物的独到见解。例如，他截然否定了天的宗教意味，认为天地万物只是“气”的演化产物，天也同样是有规律可寻的，可制而用之的。在荀子看来，科学的力量是远胜于一切的。

另外，像曾子对“盖天说”缺陷的质疑(见《大戴礼记·天圆》)、孟子对环境保护的论述(见《孟子·梁惠王上》、《离娄上》等)，都在科学史上留下了光辉的足迹。即使是孔老夫子，也曾总结过“工欲善其事，必先利其器”这样的科学生产规律。可见对于儒家的科学技术观必须作仔细的甄别，不能笼统而言。

(二) 道家科学思想

道家是先秦时期的“显学”(著名学派)，在当时与后世都有着很大的影响。在与科学技术相关方面，道家的一些理论颇具特色。

一、 有无相生，终始无穷的理论。道家认为：道是无生无死、永恒不变的，除此以外，其他一切事物都处于生死的演变

之中，没有终结。《庄子·至乐》中曾阐述了几微之物衍生为鲧、蛙蜕之衣、陵舄、陵舄又生为乌足，乌足之根为蛴螬，叶为胡蝶，胡蝶又化为鸲掇，鸲掇千日后出虫变为鸟，它的沫为斯弥，变为食醯。食醯生颐辂，九猷生黄轵，腐灌生瞀芮，不𥑮生羊奚，久竹生青宁，青宁生程，程生马，马生人，人又反入几微。整段的论述虽然几乎没有什么是合于实际的，但它的思想却十分令人注目，李约瑟曾称赞为“非常接近进化论的论述”。

二、顺乎自然，清静寡欲的思想。道家“无为”的思想人所共知，这种思想在大多的情况下被认为是过于消极了，但在养生学方面别有一番天地。道教认为，生命的保全十分的不易，只有顺乎自然的无为清静，才能实现。这种无为，还必须不贪不侈，清心去欲。在这样的思想指导下，形成了道家独特的功法，主要有抱一、玄同、坐忘、心斋等等，以坐忘的影响最大。

三、“道生论”的宇宙起源学说。这一学说出于《老子》，原文极其简略：“道生一，一生二，二生三，三生万物。”根据前人的研究，一是指气，二是指阴阳，三是指阴阳两气相冲(交)所产生的“和”气(也有人认为是阴阳两气相交而产生的天、地、人三者)。这一学说在学术界(包括天文学界)与整个社会上的影响极大，直到后来被“气生论”所替代，但“气生论”也是受此说的启迪而产生的。



老子像

老子姓李名耳，字伯阳，春秋末期的思想家，道家学派的创始人。道家思想的核心是“道”，主张“道法自然”，回归自然，探索自然，在宇宙观、辩证法、医药学、植物学、动物学、养生学以及炼丹化学等方面都有重要的贡献。英国科学史家李约瑟曾在他的《中国科学技术史》第二卷中赞誉说：“道家思想乃是中国的科学和技术的根本。”

(三) 墨家科学思想

在科学史上，墨家是建树最多、影响最大的学派。

墨家常年与平民、工匠为伍，并亲操其业，学派中本身就有许多人兼为精工良匠，因此，他们能够取得诸多的科学理论成就。



墨子像

墨子(约公元前468—前376)，名翟，战国时期的思想家、政治家，墨家学派的创始人。墨家学派对科学技术多有创新，在力学、光学、数学等方面都作出了许多重要的贡献。现存《墨子》一书，是中国科技史上的一部重要典籍。

墨家在科学理论上的建树极其丰富，涉及范围广，开掘度深，立论创见多，是我国科学史上罕见的能取得重要成果的哲学派别。

墨家主张观察、实践的研究方法，然后再进行理性的思考。

在宇宙观上，主张统一性与多样性、同一性与差别性融合的整体观念。

在时空观上，提出了时空无限的惊人之说，建立起了时空的四维观念。

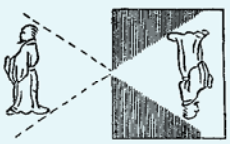
在数学上，对于“量”的概念，对于各种几何要素，都有精深的理论探索。

在光学上，对于光影的变化、小孔成像、凸面镜、凹面镜、平面镜这三镜的成像，都有精辟而独到的分析。

在力学上，对力的概念、力的平衡、静力、压力、弹力、拉力、引力以及杠杆、滑轮、斜面、轮子、劈等简单机械都有初步的理论阐述。

在物质结构上，提出了“端”这一近似于原子的观念。

所有这些，墨家在理论上所体现出来的建树，都足以使现代的科学家们为之喝彩、赞叹。这是整个中华民族的骄傲和自豪，更是中华民族高度智慧与思辨能力的突出显示。



“小孔成像”示意图

这是墨家关于“小孔成像”的示意图。直线行进的光线在小孔处交叉，穿过小孔上者为下，下者为上，结果在屏幕上形成一个倒置的物像。墨家通过这一实验，明确地表达了光的直线传播的思想。

(四) 名家科学思想

战国时期的名家是一个很小的学派，但却十分的有声望，这是因为他们惯于推出一些常人所难以想象的命题。

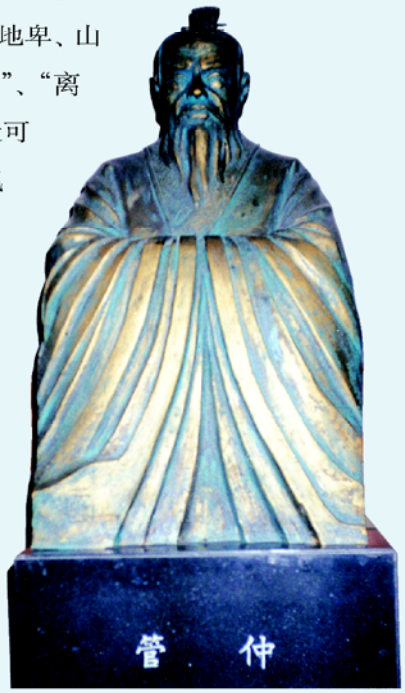
现在尚存的这些命题，有惠施的“历物十事”(载《庄子·天下篇》)、公孙龙子所著的《公孙龙子》，以及其他名家学者的命题33条(收于《庄子·天下篇》、《荀子·不苟篇》、《孔丛子·公孙龙篇》等)。

在这些命题中，大多与科学技术有着直接或间接的关系，如

惠施“历物十事”中提出的“至大无外，谓之大一；至小无内，谓之小一”、“无厚不可积也，其大千里”、“天与地卑、山与泽平”、“南方无穷而有穷”、公孙龙的“白马非马”、“离坚白”、其他名家学者的“卵有毛”、“鸡三足”、“犬可以为羊”、“火不热”、“矩不方，规不可以为圆”、“飞鸟之景未尝动也”、“一尺之捶，日取其半，万世不竭”等等。

名家的这些命题，表面上匪夷所思，在深层中却隐藏着某种合理的内核。名家实际上是一群逻辑思辨家，虽然他们也玩弄一些逻辑上的把戏，但他们对于事物的共性与个性、统一性与多样性、普遍规律与特殊规律等等的区分与感觉分析，对科学技术的认识有着重要的意义，是我国古代科学思想史上的一朵奇葩！

名家与他们的这些命题，再次显示出了古代中华民族的高度智慧与思辨能力是何等的超群出众。特别是在两千多年以前，足以使整个世界为之惊叹不已！



管子像
这是山东临淄博物馆内的管子塑像。管子名夷吾，字仲，春秋初期的政治家、思想家，法家学派的先驱者。现存的《管子》一书保存了管仲的许多思想材料，是战国时期法家的代表著作之一。其中对天文历法、地理地图以及生物、生态、声学和数学等科学领域均有广泛的涉及。

（五）法家科学思想

法家有着特别强烈的实用感，他们重视科学技术也是如此。

法家中的管子学派对科学技术格外青睐，在《管子》一书中，上至天文，下至地理，广至宇宙，微至万物，都有涉猎。

《管子·幼官》中记载了一种全年三十个节气的历法，在现代学者中引起了特别的注目；《管子》对土地似乎有一种特别的情缘，它的《地图》、《水地》、《度地》、《地员》、《地数》提出了一系列精辟的见解，同时还延伸到了农业、生物学领域，甚至在声学、数学等方面也有建树。

管子学派对中国古代科学技术理论的贡献是极其出色的，这既是法家学派的荣耀，更是古代中国的荣耀。



（六）兵家科学思想

兵家为战争的实际需要而对气候、地形、地物、地图、各种兵器与信息手段予以格外的重视，与科学技术关系相当密切。只是兵家更重视实际的运用，在理论的研究上略为逊色，因此创见无多。兵家对实际运用的重视，毕竟有益于科学技术的发展，是科学技术发展的促进因素之一。

（七）阴阳家科学思想

阴阳家在战国时期的各家各派中是一个独具特色的学派，这个特色就是以气、阴阳、五行学说与宗教相融合，成为一个少有的宗教学术派别。

这个学派的创始人是著名学者邹衍，内部又有方仙、月令、五运、兵阴阳、数术等分支派系，除了五运派以外，其他各支系都与科学技术关系密切。

方仙道就是后世道教的前身，他们以长生不死为最高宗旨，因此在不死药的寻访与研制上下了极大的功夫。虽然这只是一种虚幻的追求，却在有意无意之间发展了医药学、养生学。

月令派专主时令节气的变化与五行、禁忌等关系，是后世皇历制作的先祖。虽然他们的重点是在宗教内容上，但对于时令节气毕竟还是有所研究的，特别是对农业生产“不违农时”还是有作用的。

兵阴阳家将战争的胜负系于宗教的因素之上，固然只是一种迷信，但他们因此而对天象气候的观察，对地形、地况的探索，同样有着科学的价值。马王堆汉墓中出土的帛书《天文气象杂占》有彗星图 29 帧，成为世界上最早的彗星图。

数术派就更为庞杂，对天文、历谱、五行、形法都有分派，天文上的成果更多些，而且学术水平相当高。马王堆汉墓出土

韩非子像

韩非(约公元前 280 —前 233)是战国末期法家的集大成者。他曾提出，一个科学的理论的确立，必须“揆之以地，谋之以天，验之以物，参之以人。四征者符，乃可以观矣”。即要求广泛地从天、地、人、物等各个方面去获取事实材料，然后对其进行比较、参考、分析与综合，使理论与实际相符合。这个思想，是对早期科学方法的一个精炼的概括。



的帛书《五星占》，所给出的木、金、土三星的会合周期与恒星周期甚至在精确度上有超过此后所出的《淮南子》、《史记》等书的地方。

邹衍本人提出的宇宙观、五行终始说、“大九州”说，在古代中国影响巨大，而在科学技术领域也同样如此。

有趣的是，阴阳家虽然宗教意味浓厚，但他们的学说传入科学技术领域后，并没有给科学技术领域输入多少宗教的内容，没有造成多大的宗教影响。这其中的缘由很值得后人去细细地品味！

（八）杂家科学思想

杂家又是一个奇特的派别，他们不以独家之言而行世，而是以综合各家各派来形成一个企图包罗万象的庞大体系。

杂家在战国时代的代表性著作是《吕氏春秋》，也可以说是《吕氏春秋》开创了杂家这个派别。

杂家在学术界(包括科学技术界)的最大贡献，在于他们保存了诸多学派的成就。特别是许多学派的成果在历史的风云变迁中逐渐佚失之后，杂家保存文献的功绩更是居功至伟、德行无量。

后人见到的《吕氏春秋》，果然是记载丰富，内容广博，而其中的许多部分也确实原著早已失传(有的可能连原著也没有)，这就是他们的功绩。

《吕氏春秋》所涉及的科学技术，几乎是无所不至，绝大多数可说是独家记载，因此，它的价值也就格外的不菲。

春秋战国时期的百家争鸣，使古代中国的科学技术在理论上得到了系统的、全面的升华，使得一般的、具体的技术上升为科学形态。

在古代中国科学技术体系的奠定上，作为知识阶层的士作出了特殊的重大贡献，后世的人们将永远铭记他们的功绩！

百工竞技

阅读中国·科技史卷

【第二章】

帝国一统下的体系形成

（秦汉时期）

公元前221年，古代中国翻开了历史新的一页。

经历了500年诸侯割据、战争分裂的中国，终于统一了起来，第一个中央集权的封建帝国——秦朝——诞生了。

秦朝是一个极端强权酷政的国家，这样的王朝注定命短。果然，仅仅只有15年，秦王朝就被汹涌的农民起义浪潮淹没了。

在随后西汉到东汉这四百多年中，科学技术以西汉武帝、昭帝、宣帝时期与东汉以张衡为核心的两次高潮性发展，全面地完成了古代中国科学技术体系的形成。这是中国科技史上举足轻重的大事！中国的科学技术已经显露出超越世界之最的强劲势头，东方的科学巨人开始傲视群雄。



一、铁器时代的奠定

大展宏图的新大地

蕴含着巨大之力的铁器，在春秋战国时期初露锋芒，显示出了不可阻挡的发展趋势。

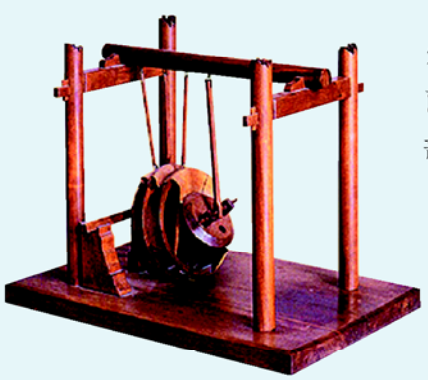
这个趋势在新来临的秦汉时期显得更为强劲，最终迎来了一个全新的时代——铁器时代。

这个时代的奠定，首先有赖于冶炼设备与工艺的进步。

战国时期出现的竖式炼铁炉，在这时有了大量的增加。特别是国家专管的冶铁作坊、竖式炉已经成了最主要的冶炼设备。

这时期的竖式炉，容积不断地增大。河南郑州古荥镇的汉代1号高炉，有效容积达到了50立方米左右，高度达到5～6米，是名副其实的“高炉”。

随着体积的增大，为保证中心温度，必须改革炉内构造。炉体大多改为椭圆形，风口开于长轴的两侧；炉膛也作了加粗、加高；炉腹作喇叭形，下部向外倾斜；风口管斜向插入朝上。



排橐（模型）
这是汉代排橐模型。排橐是用皮革和木骨架制成的鼓风工具，有入风口和排风口，使用人力为炼炉鼓风。后来又发展为利用水排作动力推动皮橐鼓风。

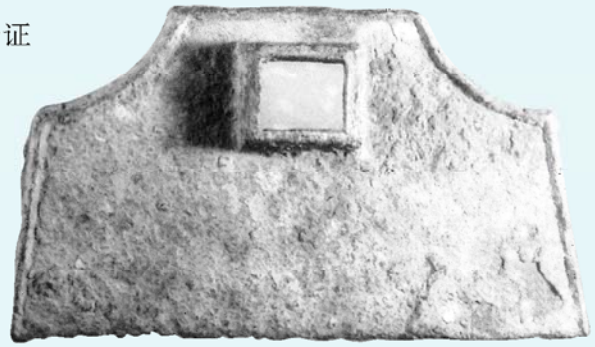
最早的鼓风设备是“橐”，这是一种皮制的鼓风器。这种鼓风器，在汉代作了进一步的改进。王振铎先生曾对山东滕县宏道院汉画像石冶铁图上的皮橐进行过复制，绘出了复原图(参见《文物》1959年5期王振铎《汉代冶铁鼓风机的复原》)。

汉代称这种鼓风器为“排囊”或“排”，有人力的，也有畜力的(如“马排”、“牛排”)，还有水力的“水排”。

既然称为“排”，就会使人不由自主地想到当时很可能已经用多架风器同时鼓风，或是一个冶炉有一排鼓风管。这种种的

设想当然都有可能，只是还有待于证实。

汉代的高炉，不少炉体是用二氧化硅含量较高的耐火砖砌成的，炉衬与炉底则用耐火泥涂敷而成。耐火泥与耐火砖的原料相同，但耐火泥中掺入了大量的石英石颗粒。耐火泥与耐火砖的耐火温度最高可达到1460℃左右，低的也在1200℃左右。



春秋铁锄
这是吉林奈曼旗出土的秦代铁锄。

炉体高大之后，对原料的要求随之提高。汉代的冶铁作坊，已经有了原料的加工场，主要是将矿石进行粉碎，使原料的颗粒更为均匀。

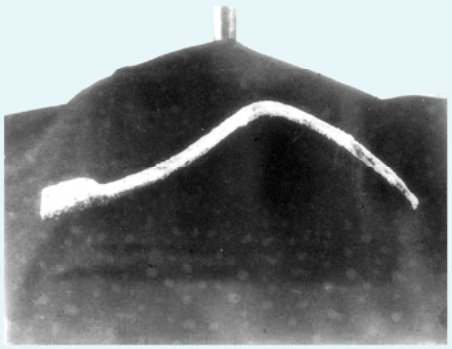
在一些考古发现的汉代冶铁炉渣中，发现含有氧化钙与氧化镁的成分，表明了在冶炼时曾加入过碱性熔剂，使矿石原料的熔化性更为良好，还能同时降低硫的含量。

炼铁设备改进、提高的同时，钢铁的新品种产生了出来。

首先是灰口铁的产生。灰口铁也是生铁，但比白口铁的质地要高多了，更耐磨，有润滑性。因此，用来制作农具尤为适宜。

汉代又生产出了球墨铸铁。球墨铸铁是生铁中的精品，它以内部的石墨呈球状而得名。它的性能比灰口铁更佳。世界上的球墨铸铁是在20世纪的40年代才发展起来的，而我国在两千年前的汉代已经能生产了。据对河南巩县铁生沟出土的一件汉代铁镯的测定表明，其球墨结构基本上达到了现行国家标准的一类A级品。即使在现代也属于优质品，要炼成也是很不容易的。在古代冶炼球墨铸铁，很可能是用灰口铁加入镁、钇或稀土金属才能使石墨形成球状的。

炒钢是汉代的一项重要发明。将生铁在空气中加热到1200℃左右，使铁半熔化，再进行翻炒搅拌，使其中的部分碳得到氧化。如果适时停止，就可以得到中碳钢或高碳钢；如果一炒到底，就可以得到低碳的熟铁。这是一个重大的技术革命，从此，人们能



东汉大镰刀
这是四川牧马场出土的东汉大镰刀。秦汉之际，冶铁业已相当发达，农具广泛采用铁器，它提高了我国农业的生产力，奠定了封建社会的基础。

够较大量地生产出钢材来。

在战国时期渗炭钢的基础上，汉代发明了百炼钢。百炼钢不仅能将铁“炼”成钢，而且能将炒钢“炼”成精钢。出土的“三十湅”、“五十湅”的精钢刀剑，都是由炒钢“炼”成的。

从战国到西汉初年，炼铁业是自由发展的。汉武帝开始实行盐铁官营，在全国的郡、国(诸侯国)设立49处铁官。当然，实际远不止这49处，但这49处无疑是较为主要的。

铁器生产的大规模发展，使得铁的价格大幅度下降。西汉初年，铁的价格只有铜价的1/4，大约是8文可购1斤铁。

优良的品质与低廉的价格，刺激了铁器的迅速推广。从考古发掘的实际情况来看，在汉武帝以前，兵器是铜、铁兼有的，铜兵器还没有被摈弃。而在汉武帝以后，中原地区基本上不见铜兵器了，全都是铁与钢的制品，而且往往是最精良的。从农具来看，也基本如此。由于铁器的精良，许多农具有了质的改进，特别是犁(我们将在下一部分中具体介绍)。

除了兵器、农具、手工业工具这三个最主要的领域外，日常生活用品开始大量涌现，如灯、釜、炉、锁、剪子、刀子、镊子、火钳以及齿轮、车轴等机械零件。

这一切都表明了：铁器在汉代已经成为最主要的使用品，铁器时代就此而奠定了！

从春秋战国到两汉时期，我们的先人们以特有的激情与勤奋，迎来了一个崭新的铁器时代，使古代中国从此迈进了又一个能大展宏图的新天地！

此时，古代中国冶铁事业的领先，更预示着将会全面地领先于整个世界！

二、农业科技

条件与技术的全面飞跃

从春秋到秦末汉初，延绵四五百年不断的分裂与战争，使天下的百姓早已疲惫不堪、痛苦难熬。汉初的统治者，在结束了楚汉争霸之后，立即采取了力度极大的恢复政策。而首先所要考虑的，就是把农业放在一切之上，作为头等大事来抓。到汉武帝时，农业果然有了极大的发展，起到了“富安天下”的作用。

汉代农业的复兴，从社会的角度来看，有国家政府的重视，有百姓们的迫切愿望与拼命地苦干，有新兴地主阶级的经济雄心，有封建社会的初生上升趋势等因素。而作为一门具体的产业，根本上来讲还是在于它自身的科学技术条件与水平。

汉代是农业科学技术条件与水平全面飞跃的时代！

（一）牛耕与农具

铁犁与牛耕，是早已有之的，但真正的发展是在汉代。

据《汉书·食货志》记载，汉武帝末年曾任命赵过担任搜粟都尉，向全国推广他的“二牛三人”犁耕法。

“二牛三人”的犁耕法，据研究，是用二牛挽一犁，三人分别担任牵牛、按辕与扶犁的工作。但也有学者认为二牛所挽的是铁脚耧(耕、播一体的农械)，所以才要三个人操作。但不管是什么，这种“二牛三人”的耕法毕竟很不方便，所以也就难免要被淘汰。大约到了西汉晚期，就出现了后世习见的一牛一人的犁耕法。



赵过画像

赵过，汉代农学家，武帝时曾任搜粟都尉。他在全国推广牛耕，提倡代田法，还创制了播种机械三脚耧车，对当时的农业发展作出了重要的贡献。



赵过推广牛耕图
这是赵过在教民耕植，推广牛耕。

一牛一人犁耕法的出现，前提条件是因为有了更为先进的犁具。

汉代的犁，在考古发现中已经能见到一百多件，虽然各有形态的不同，但有一个最大的新创造——犁壁——则是共同的。

犁壁的出现是一个了不起的突破。犁壁能够起到将犁起的土翻转的作用，既可以破土碎土，还能将面上的草翻到下面化为绿肥，兼有杀虫的作用。而欧洲直到近千年后才有犁壁，他们在犁的土地上还要进行人工碎土，费时费力自不待言。



耧车（模型）
这是汉代的播种机械耧车（模型）。

汉代的犁壁，从出土的实物看，已经有了向一侧翻土与向两侧翻土的不同方式，形状有菱形、板瓦形、双翼形、马鞍形等，各有所长，各具风采。

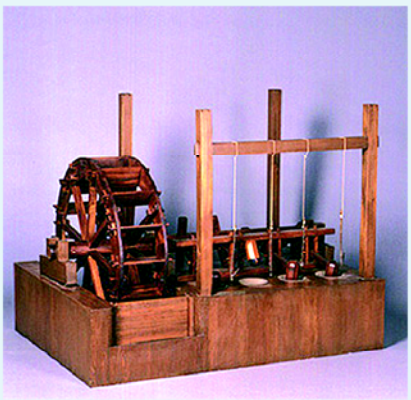
除了犁壁以外，犁箭的发明也独具特色。犁箭的作用，能使犁耕地的深浅控制自如。

汉代一架完整的犁具，具有犁辕、犁梢（柄）、犁底（床）、犁箭、犁横等构件，基本具备了成熟犁具的形态。

三脚耧车，亦称三脚耧或耧车，是一种播种机械。是汉代农

具的又一项重要发明，发明者是著名的赵过。在此之前，已经有了一脚的耧车与二脚的耧车。赵过在前人的基础上，创造了三脚的耧车。

三脚耧车的构造是：下面的三脚实际上就是三个小铁铧，是开沟用的，也叫耧脚。每两脚之间的距离，就是一垄的宽度。耧脚装在耧架上，耕架上又装有耧斗。耧斗分上、下两格，上大下小。上格可以放种子，下格有调节门，用于匀播种子。整个机械的基本结构，与现代的播种机正相吻合。



连击水碓（模型）
这是西汉时出现的粮食加工工具——连击水碓（模型），主要是用来为谷类去皮。它以水为动力，可带动四组碓头同时工作。

耧车在使用时，由一牛牵耧，一人扶耧，边走边播。开沟、下种、覆土三道工序同时完成，而且一次能播三行。所播的种子，均匀一致。它是一架效率与质量俱佳的农业机械。

风车，是汉代发明的一种清理谷物的农具。它能将脱粒好的谷物与糠秕分离开，比一般的扬谷远要效率高得多、质量好得多。这种农具，一直沿用到现代。

其他如凼、镘、锄、镰、耙等小农具，也有许多构思精巧的改革。这些改革虽然看上去很小，但对于使用者来说是极为重要的。任何一种有利于省力、高效、提高质量的改革，都是对生产力的促进。

从汉代开始，还有人不断开发利用水力的农机，如水碓、水磨之类，表明了人类对自然力利用的进步。

（二）代田法与区种法

代田法与区种法，都是汉代发明的耕作方法。

代田法的发明者，又是著名的赵过，他真是一位了不起的农业科学技术的专家。

代田法是大面积土地上使用的耕作方法，特别适宜于干旱地区。它是战国时期轮作制的改进与发展，具体的方法是：

在一块土地上开沟作垄，先在沟里播种，等到苗秧长起来以后，在进行中耕、除草的过程中，把垄上的土逐渐推进沟中。等到作物收获后，再把垄改作沟，原来的沟变作垄。第二年又如此重复进行。北方地区地下水位低，雨水少，作物种在沟中就比种在垄上更有利。而且，不断地培土，使作物的根系更为深入，同时还能增强抗风、抗倒伏的能力。垄与沟的反复更替，对于保持地力甚为有效。

据记载，汉武帝时期推行代田法以后，产量普遍提高有1/3至2/3。于是，在汉武帝以后，就在北方的更广大地区加以推广，使得北方地区的农田大量增加，农业产量大幅上升。

区种法是一种高产之法，适宜于干旱地区的耕作方法。相比代田法，区种法适用的范围较小，是小面积土地的一种耕作制。

具体方法为：在一小块不究地力的土地上，深耕，密植，集中供应水和肥料，精心耕作，尽可能地获取最高的产量。

但这个方法并不限于干旱地区，对于全国范围内一家一户的小农经济都很适宜。因此，实际上它是战国时期开创的精耕细作作风的一种标杆与示范。

区种法的发明者早已失传，但记载这个耕作法的书还存在，这就是我们下面将要介绍的《氾胜之书》。

（三）《氾胜之书》

《氾胜之书》的珍贵，是因为这是我国，也是世界上现存最早的一部农业科学技术的专著。

我国早期的农学专著理应是较多的，秦始皇焚书坑儒时明令规定农书不在焚书之中，可见当时数量不会很少。但恐怕是因为战乱的缘故，所以《汉书·艺文志》中著录的先秦农学专著总共才有可怜巴巴的两部，实在是太遗憾了。

更令人遗憾的是，仅仅这么几部著作，却也都早已佚失。现在所见到的只有后人从《齐民要术》等书中辑录的《氾胜之书》，



还能让人们稍稍地领略一些当时的风采。

作者氾胜之，是山东曹县人。据说他的祖上本姓凡，因为秦时躲避战乱到氾水，就改为氾姓。汉成帝时担任议郎之职，后升为御史、黄门侍郎。晚年居于敦煌。

氾胜之在担任议郎之职时，曾对三辅地区(今陕西关中地区)的农业做过考察与研究，并向当地人提倡种麦。结果获得了丰收，使得他的名声大振，引来许多的求教者，他的政绩也因此而卓著。本书是他对关中地区考察与研究所得的一些成果，虽然全书只残存三千余字，却仍然可以看到原书的韵味。



氾胜之画像

氾胜之，汉代农学家。曾在三辅地区(今陕西关中地区)提倡种麦，获得丰收。所著《氾胜之书》，是中国农学史上的一部重要典籍。书中记载的区田法、溲种法等，反映了当时农业生产技术的先进水平。

从书中可以看到氾胜之的独特见解，他认为农作物的栽培是一个连贯的、完整的过程，是一个有机的整体，不能放松任何一个环节。他认为，农作物种植中的六个要点是：趣时(紧跟时令)、和土(调和地力)、务粪(施肥)、泽(灌水)、早锄(中耕锄地)、获(收获)。

氾胜之还提出了一系列的具体见解，如：

他第一次提出了麦谷的穗选法：趁天气尚热的时候，选择粒大饱满的收下，麦秆竖放在位置高而干燥的地方，晒到极其干燥以后再脱粒，以麦一石和以干燥的艾草一把一起藏入瓦器或竹器中。再按时下种，就能取得丰收。

对于种稻，他认为要适当选择稻区的大小，掌握水的深度，控制水流速度与水温等等。

对桑树的种植，他提出了桑苗截干法：即将一年桑苗贴地割去。次年，根发新条，会长得更为茁壮。

他还提出了很独特的溲种法：将兽骨的骨汁、缫蛹汁、蚕粪、兽类、附子、水或雪汁按一定比例调成稠粥状，用来拌和种子再下种。经过这样处理的种子，防虫、抗旱、保肥的性能大为提高。

他还提出了一套保泽(即保墒)的方法，即要视雪情、雨情、旱情、季节时令、土地结构等不同情况，采取“蔺”(镇压)、“掩”

(盖压)、“平摩”(摩平)等不同的手段。

另外还有种植蔬果方面的创见，留待下文中介绍。

如此诸多的见解，颇能反映出这位学者确实有真知灼见，《氾胜之书》确实表现了汉代的农业科学技术水平。惟一可惜的是，现在能见到的汉代农学著作仅此一部。

(四) 其他农牧技术

在传统的农业中，蔬果园艺似乎不为人所重，然而这其中的科学技术含量颇高，理应受到重视。

秦汉时期的蔬果园艺，曾有出色的成就。

在《氾胜之书》中，第一次记载了套种法：在瓜田中套种薤或小豆(以豆叶作蔬菜)。从此，套种法开始在中国的大田中流行起来。 还是在《氾胜之书》中，又记载了用十根葫芦蔓连接起来，只结三个葫芦，以求能结出三个特大的葫芦来。虽然实际上并不能如愿，但却使人们第一次知道了嫁接这个技术。

菌类植物的营养丰富，功用特佳，除了少数的灵芝、茯苓用作为药物外，其他大多可以作为菜蔬食用。最早进行食用菌人工栽培的，就是我国汉代的先民们。

据王充《论衡·初禀》的记载，明确记录了紫芝的栽培如同“豆”一样，同时，记录了用埋木法培育食用菌的方法。这是世界上最早的食用菌栽培记录。

秦汉时期还有一项技惊环宇的果蔬培育技术创新，那就是发明了加温反季节培育方法，创建了世界上最早的温室。相传秦始皇当政时，就在骊山利用温泉在冬季培育出了夏季才有的瓜果。发展到汉代，正式出现了温室。据《汉书·循吏传》、《盐铁论·散不足》等记载，公元前一世纪初汉昭帝时，在太官园中建立了“覆以屋庑”的温室，在冬日里日夜燃炭火加温，终于在大冬天里培育出清翠欲滴的时鲜冬葵与温韭。相比而言，西方建立温室是在19世纪中叶，而这已晚于我国将近两千年了。

秦汉时期还有一项技惊环宇的果蔬培育技术创新，那就是发明了加温反季节培育方法，创建了世界上最早的温室。

由于数百年连绵不绝的战争，有一种家畜特别受到人类的青睐与重用，那就是马匹。

秦王朝建立后，在边郡一些地方设立了牧师苑，也就是国家的牧场，从此开创了国家大规模牧养马匹的先例。

到汉景帝时，西北边地的国家牧场已经达到36处，养马30万匹。此后，还在西南地区的四川、云南等地建立了国家牧场。



“马踏飞燕”铜奔马
这是1969年在甘肃武威东汉墓中出土的“马踏飞燕”铜奔马。

汉武帝为了培育优良马种，还专门从西域大宛引入了当时的名马汗血3000匹。

汉代培育出了许多的优良马匹，1969年在甘肃武威雷台东汉墓中出土了一尊“马踏飞燕”的铜奔马，这很可能就是当时的名马“裹乌”(意谓能追上飞鸟的马)。

在马之外，汉代的猪同样声名显赫。

从出土的汉代陶猪来看，其特征是头型短而宽，耳朵小，背腰宽广，臀部、大腿、身体健壮，四肢短小，表明这是些成熟快、体形壮、肉质好的猪种。

汉代有一位相猪的名家留长孺，《齐民要术》记录了他的“相彘法”：母猪以嘴短而无柔毛的为良种。如果嘴长，就必然牙多，一侧有三颗牙以上，就养不肥。

从汉代起，我国的猪种开始向外输出。当时的罗马帝国(大秦)就从我国引进了优质的华南猪来改造本地的猪种，培育出了西方著名的罗马猪。

此后，中国的猪不断地出口，为欧洲与美国的猪种改良不断地作出贡献，以至于著名的生物学家达尔文由衷地赞叹：中国猪在改进欧洲品种中，具有高度的价值。

三、理论、仪器、历法

天学体系的标志

秦汉时期是一个极其重要的时期，是一个轰轰烈烈的大建树、大收获时期。

（一）天学理论

汉代的天体结构理论，主要有宣夜说、盖天说、浑天说三家。

1．宣夜说

这是一个很有特色、很有见地的学说。

这个学说的创始人是谁，已经不得而知了。传下这个学说的，是这位创始人的学生——担任秘书郎的郗萌。

据《晋书·天文志》记载，郗萌曾听他的老师说：天空是一个没有任何物质的空间，高远得无边无际。人们眼望上天一片苍茫，似乎是有颜色的。这就像是很远处的黄色山峦，可人们远望时看到的却是一片苍翠；又像是俯视千仞的深谷，一片黝黑。但苍翠与黝黑都并非它们的本色。日月星辰这些天体在无边无际的天空中自由地飘浮，没有任何的牵系，一切运动都由“气”来决定。

这个学说的出色之处，在于阐述了宇宙的无限性，否定了虚构“天壳”的存在，这是很了不起的。但它对日月星辰等天体的运行规律没有具体的阐述，更没有可供天文学家们使用的数学模式。于是，天体的运动就根本无序可言，这个学说也就失去了实用的价值。



所以，尽管这个学说充满了光彩，但这光彩被它的不足掩盖了，在当时难为世人赏识。

2．盖天说

产生于春秋战国时期的“天圆地方”的盖天说，后来又有许多的变化。特别是对于“天壳”的形状，产生了三种不同的说法：一说天如车盖；一说天形如笠；一说天如倚车盖。但这些都是次要的，关键是完善起了一整套的数学模式。

盖天说的数学模式记载在《周髀算经》一书中，它描述的太阳运动轨迹，集中体现为七衡六间图。

盖天说的天体结构与数学模式，其实并不怎么样。它只是早期的一个学说，尽管汉代还有人为之修修补补，但毕竟已经衰落了。特别是西汉末年著名学者扬雄提出了难盖天八事以后，信从盖天说的人就更少了。

3．浑天说

种种的迹象显示，浑天说也应该是一种较早的学说。汉代是浑天说迅速崛起并取得主导地位的时代。在这个时代里，主张浑天说的人和文献很多，但现在能流传下来的却已经很少。学术界公推的代表说法，是张衡的《浑天仪图注》。虽然这本书是否真是张衡所作还有争议，但书中所阐述的确实可以作为汉代浑天说的代表性见解。

《浑天仪图注》中所说的浑天说是这样一派景象：

宇宙就像一个鸡蛋，天壳浑圆而包裹在外，大地如同蛋黄而在这内中，天大而地小。天与地都浮在水上。天凭着气而不坠落，地浮在水上而不坠落。

这是一个早期的浑天说，到了后来，又有学者把天壳内半是气半是水改为全是气，形成了晚期的浑天说。

浑天说在天文学界受人注目的是它的数学模式：

周天 $365\frac{1}{4}$ 度，大地 $182\frac{5}{8}$ 度浮在水上，$182\frac{5}{8}$ 度沉于水

下。北极高出地36度，南极入地36度。赤道是与极轴垂直，横截天球为两半，黄、赤道的交角为24度。黄道上的夏至点去极67 $\frac{5}{16}$ 度，冬至点去极115 $\frac{5}{16}$ 度。这些数值与现代的准确值非常接近(现代周天度数为360度，两相折算，各项数值都与现代值极其接近)，这就使浑天说在古代确立起了独尊的地位。

无论是宣夜说、盖天说，还是浑天说，从本质上来说都是思辨性的，而不是实证性的，这是由于古代时期的客观条件所决定的。但就在这思辨之中，依然体现出了古代学者们的实际观测成果与高度智慧的思辨能力。

(二) 浑天仪器

汉代天文科学的丰硕成果，既得益于天文仪器的进步，同时也包含这些天文仪器在内。

西汉初年，为了制订太初历，由落下闳对原有的浑天仪作了改进，并用它重新测量了二十八宿的距度。

汉宣帝时，耿寿昌创制出了第一架浑象仪器。

东汉永元四年(公元92年)，民间天文学家傅安在传统的浑仪上增加了一道黄道环。这一改进引起了著名学者贾逵的重视，他在永元十五年(公元103年)主持制造浑仪时，吸取了这个成果，并特地命名为“太史黄道铜仪”。这时期天文仪器制造的最高峰，是张衡所制的水运浑象。



浑仪(模型)
这是中国古代测定天体位置的坐标仪器——浑仪(模型)，自汉代以来历代都有制造。

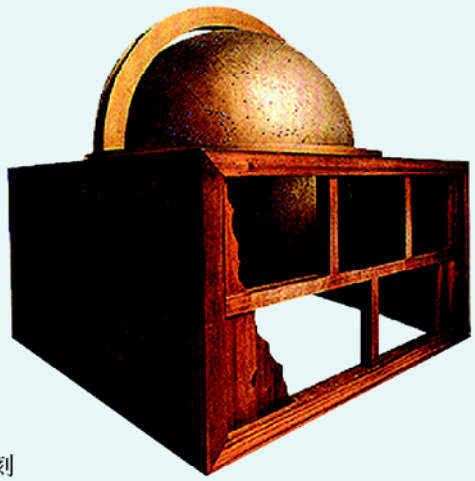
这些天文仪器，可分为浑仪与浑象两类。

1．浑仪

浑仪是根据浑天说理论制造的、用于观测天体的仪器。最基本的浑仪，具有固定不动的赤道环与能绕极轴旋转的赤径环(因为能绕极轴旋转，故习惯称之为“四游环”)，赤径环上装置有窥管。

使用时，先将浑仪的赤道环的位置与大地的赤道圈对准，然后再将窥管对准所要观测的天体，在赤道环上就能读出具体的数值（古代中国习惯使用“去极度”、“入宿度”为基本数值）。

以赤道环为观测的基准，是建立在古代中国天文科学以赤道坐标为基准坐标的基础之上的。但中国古代天文科学并不排斥其他坐标体系，所以后来会增加黄道环、白道环、地平环、子午环以及二分二至环、百刻环等。每增加一道环，就能使一次观测多读出一个数值，也就使观测的精度更加提高。



浑象（模型）

这是中国古代的天球仪——浑象（模型），自汉代以来历朝都有制造。张衡把浑象与一套水力推动装置连接起来，创制了水运浑象（浑天仪），利用漏壶滴水的动力与漏壶的计时性，使浑象的演示能够与昼夜时刻的天象变化相一致。

2．浑象

浑象是一种表演天体视运动状态的仪器，也就是现代天球仪的鼻祖。

浑象的主体是一个象征天球的圆球体，上面绘（或刻）有赤道、黄道圈与日、月、星辰等天体。

浑象能使人们无论白天还是黑夜，都能很直观、很形象地了解当时的天象，有利于人们学习、探究、掌握天体知识。

张衡在耿寿昌发明的浑象基础上，制造出了更为先进的水运浑象。它的主体是一个直径约5尺（约当今120厘米不到一点）的空心铜球，上面画有黄、赤道与二十八宿及其他星官。紧附球体的，是地平圈与子午圈。整个天球一半在地平圈上，一半在地平圈下，可以绕天轴转动，正表现了所能看到的天象实况。整个浑象还与一套水力推动装置相连接，利用漏壶滴水的动力与漏壶的计时性，使浑象能够与昼夜时刻的变化相同步，使浑象所演示的与实际的天象相一致。

这是一个了不起的创造发明。从浅近处说，水运浑象能够形象地演示天象的实际变化，使浑天说得到普及推广，而从长远处



灵台遗址
这是在今河南偃师县境内的东汉灵台遗址。灵台专管天文观测，著名的天文学家张衡就曾在此台工作。这是现存世界上较古老的天文台遗址之一。

说，对于整个天文学事业的发展，对于后来发明机械计时装置，都有着重要的意义。

3．汉代天文成就

天文仪器的进步，使汉代对日、月、五星的观测精度都有不同的提高，内容也有不断的扩充。如对日食的观测，不仅有了具体的日期，而且对食分、方位、亏起方向、初亏、复圆时刻等等都注意到了。又如对太阳黑子的观测，对其出现的时间、形象、大小、位置等等有了明确的记录。其他如新星与超新星、极光等也都是从汉代开始有了详实记录。

如果要说汉代是古代中国系统观测、记录天象的起始时期，那是绝对不错的。

汉代以前，古代中国的先人们也有天象观测与记录，但由于种种条件的局限与客观因素的影响，一方面当时的观测在系统性上确实还不够，另一方面一些观测的记录也未能完善地保存下来。

而从汉代开始，一方面朝代的沿革较为正常了，历朝对天象观测也较为正规，另一方面从汉朝起开始有了正史，成为古代时期保存天象资料最主要的文献。

这也是天文学体系在汉代形成的重要内容之一。

（三）历法体系

秦王朝使用的是颛顼历，它是“古六历”之一，秦王朝统一中国以后成为了全国通用的历法，但终究因为没有完整地保存下来，所以后人对它知之甚少。

现在人们能够知道颛顼历的情况，只有在唐代的《开元占



经》中略略保存了一些基本数据，如岁实、朔策、章蔀纪元、历元等等。

颛顼历一直使用到汉代初年，那是由于汉初的天下刚刚夺下，还来不及改制新历。直到汉武帝时期，改历才被提上了议事日程。公元前104年，踌躇满志的汉武帝下令由公孙卿、壶遂、司马迁等“议造汉历”，同时征召了当时著名的民间天文学家与占星家共二十余人参加具体的工作。在经过一番紧张的工作之后，一共提出了18种草案。经过集体的讨论、考辨、比较，最终采用了邓平的方案，于是汉代的第一部历法就此诞生了，这就是我国第一部由国家组织制订的历法——太初历。

好事常多磨，这部历法的原文早已失传了，幸好西汉末年刘歆用这部历法中的主要数据改制成三统历(现保存于《汉书·律历志》中)，后人还能基本了解到太初历的情况。

在三统历中，开始有了气朔、闰法、交食与五星周期等内容。它将没有中气的月份定为闰月，在135个朔望月中设23个食季。这些很可能就是太初历的内容。

东汉章帝元和二年(公元85年)，太初历被废止，推出了由贾逵、李梵、编訢等人编制的四分历。所以命名为四分历，是因为岁实、朔策这两个最基本的常数与战国时期的四分历完全一致。

整个两汉时期的历法，成就最高的是东汉末年刘洪编制的乾象历。乾象历初成于东汉灵帝光和年间(公元178—183年)，终定于东汉献帝建安十一年(公元206年)。但这部历法在东汉时没有能被采用，直到吴黄武二年(公元223年)才被正式颁布使用。

在古代中国的历法史上，乾象历被认为是一部具有划时代意义的历法。这种划时代的意义，主要体现在：

乾象历是我国天文学史上第一部具有月行迟疾(即月球运动不均匀性)内容的历法；

乾象历第一次明确提出了“交点月”的概念(即月亮从白道

与黄道的一个交点运行一周后回到原交点所需的时间)，并给出了一个相当精确的数值 27.55336(现代精确值为 27.55455)；

乾象历缩小了回归年的斗分值，即将一年 $365\frac{1}{4}$ 日的值提升为 365.246179 日，更趋精确；

乾象历提出了“食限”的概念，使对日食发生率的判断更为精确；

乾象历还创造了“月行三道术”、更为精确的五星推算法……

至此，就可以知道乾象历何以被称为具有划时代意义的历法了！

太初历诞生的那一刻起，宣告了中国天文学史上的一件至为关键的要事：古代中国历法体系就此形成了！

众所周知，古代中国的历法是一种阴阳合历，即以太阳的运行定年，以月亮的运行定月，为了使年、月两者的日期相合，用设置闰月的办法来解决。但这实际上并不是古代中国历法独有的特点，因为世界上的历法大多是阴阳合历。

也有的人认为二十四节气是古代中国历法的特点，这确实有一定的道理。二十四节气的确是古代中国的独特创造，它源起于上古时代，最终完成于汉初。二十四节气的实质是分得更细的阳历月，因为阴历月对农业生产的适时性不利，所以就有了二十四节气。但二十四节气只是历法的具体内容，不能算是历法的体系特点。

那么，古代中国国家历法体系的特点是什么呢？

如果您能看一下那些正史上所载的历法，很快会发现：不是专业人员就绝对看不懂。原来，古代中国的国家历法，实际上都是天文历而不是普通的民用历。

在这些历法中，有的是一系列的天文学专用数据。如果您是一位内行人员，就能看出这些数据的价值如何，而且能运用这些数据计算出所需的答案。如，您想知道什么时候会发生日食吗？那就只能根据历法提供的有关数据，还要懂得有关的计算方

古代中国的历法是一种阴阳合历，即以太阳的运行定年，以月亮的运行定月，为了使年、月两者的日期相合，用设置闰月的办法来解决。

法与公式，如此一般，才能计算出结果来。而如果您不是内行人员，也就什么都得不到了。

这就是古代中国国家历法体系的特点。

而这种体系在太初历问世时就已开始形成了。

四、《九章算术》

中国数学的定体之作

《九章算术》是古代中国早期最重要的数学著作。它既是先秦至汉代数学成就的一个总汇，更是古代中国数学体系确立与数学特点形成的核心标志。

《九章算术》的作者不详，但从诸方面因素考察，估计并非一时一人之作，而是经过多人之手，历经长期修订，最终成于公元1世纪之时。

《九章算术》全书以问题集的形式构成，共收有246个例题。每题分为问、答、术三个部分："问"是问题，"答"是答案，"术"是具体的解题算法。

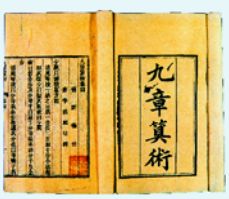
全书按内容统为九章：

第一章"方田"(收38题)，阐述各种平面图形的田亩面积计算及分数运算；

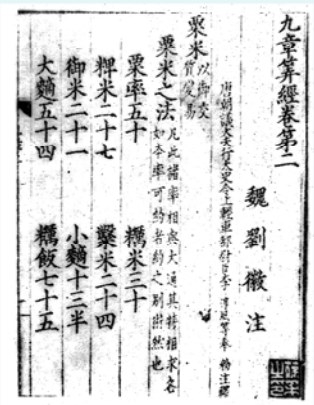
第二章"粟米"(收46题)，阐述谷物、米饭的兑换比例及四项比例算法；

第三章"衰分"(收20题)，阐述社会等级、商业、手工业的比例配分计算；

第四章"少广"(收24题)，阐述已知面积与体积而求一边之长的开平方与开立方计算；



《九章算术》书影(一)
这是中国数学史上不朽的名著——《九章算术》。其作者不详，成书年代约在西汉后期或东汉初期，是一部综合了我国从先秦一直到西汉的各种数学知识的集大成著作。它不仅被中国历代数学家尊为"算经之首"，而且在很早就传到了日本、朝鲜和越南等国，其中的许多内容还传到了印度和阿拉伯，甚至传入了欧洲。


九章算經卷第二
魏劉徽注
粟米以御交
粟米之法凡此諸率相乘大通其稱相求名如今率可約者約之則出然也
粟率五十
糲米三十
粺米二十七
糲米二十四
御米二十一
小麵十三半
大麵五十四
糲飯七十五
宋本《九章算术》
（现藏于上海图书馆）

《九章算术》书影（二）
这是《九章算术》卷二粟米章书影。

第五章“商功”(收28题)，阐述各种工程(筑城、修堤、开渠、堆粮等)的体积计算；

第六章“均输”(收28题)，阐述当时均输制度下的赋役、税收计算，包含有复比例、连比例等复杂比例配分计算在内；

第七章“盈不足”(收20题)，阐述盈亏问题的解法与用盈不足术(即双设法)解题的方法；

第八章“方程”(收18题)，阐述线性方程组的解法；

第九章“勾股”(收24题)，阐述有关勾股定理的解法与测望(即计算“高、深、广、远”问题)计算。

所有这些内容，以现代的数学来区分，可以分为三个大的范畴：一是计算技术，包括四则运算、分数运算、开方运算、四项比例与比例分配运算、双设法运算等；二是代数学，包括一次方程组的布列与解法，由此而引入负数概念及正负数的运算；三是几何学，包括了长方形、三角形、梯形、圆形、弓形、圆环形、球冠形等平面图形的面积计算与正方体、圆柱体、圆锥体、及剖面为相等梯形的直棱柱以及其他复杂立体图形的计算，还有由勾股定理出发的诸多图形计算与实际测量问题的计算等。

《九章算术》对于数学科学的贡献，并不只限于这些具体的内容，更为重要的是：它奠定了古代中国数学体系的二大特色。

一是注重实际的传统。从先秦时期起，我国的数学科学就是从实际中诞生，为实际服务。到《九章算术》，完全承继了这种特色。但中国的数学并不排斥理论，只是不作完全脱离实际的理论研究，这与古希腊数学有着较明显的风格差异。

二是高度的计算能力。由于种种原因的影响，特别是我国拥有独有的筹算技术，使得我国古代的数学在计算能力方面特别地发达。即使是许多几何问题，也往往会更注重运用计算来解决。这在《九章算术》中，如分数概念及其计算、比例问题的计算、负数概念及运算、联立一次方程组的设立与解法、盈不



足术(双设法)的设立与解法等等，都在当时居于世界的最前列，有的(如联立一次方程组)甚至领先世界一千多年以上。

有着如此巨大贡献与影响的《九章算术》，很自然地被尊为“算经之首”，研究、作注的人无数，形成了一门独特的“《九章》学”。唐、宋以后，《九章算术》被列为国家官定的数学教科书，而且开始流传到了国外，为世界数学的发展作出了应有的贡献。

奠定了体系的中国传统数学，从此更将一飞冲天，凌绝巅峰。

五、九州四海的缩微

地理学的三大领域齐头并进

汉代的地理学，在三大领域齐头并进，为地理学体系的形成砌下了最后的基石。

(一)《地理志》开创疆域志

在我国地理学史上，《汉书·地理志》是一部有着特殊价值的地理学著作。它是正史中第一篇地理志，更是地理学著述史上一种全新体例——疆域地理志的开辟者。

《汉书·地理志》全文由三部分构成：第一部分是引《尚书·禹贡》与《周礼·夏官·职方氏》的内容相合并而成，第二部分是详述西汉王朝全部郡县的情况，第三部分是汇录刘向、朱赣有关分野、土风的内容。

全书的精华与核心，是班固自己所撰写的第二部分。

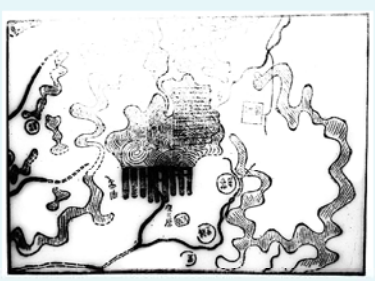
在这一部分中，班固根据汉平帝元始二年(公元2年)全国的

政区建置，详细记述了103个郡(国)、1587个县(道、邑、侯国)的政区地理情况。具体内容包括：人口数、县制、山川、水利、特产、官营工矿、关隘、祠庙、古迹等。

这一部分不仅在内容上极其重要，更为后世树立了体例上的标范。在此后的正史中，有地理志的还有15部，它们的体例全都以《汉书·地理志》为基准格式。不仅正史的地理志如此，许多地理总志(如《元和郡县志》、元、明、清三代的《一统志》)与地方志都不同程度地遵循了《地理志》所开辟的这一体例。

《汉书·地理志》的内容，很明显地表示出了仍然沿袭先秦时期所形成的以天文、地理为“王者之法”的传统，因此更多的是为政治服务，为王者服务，在内容上体现为自然地理的成份较少且次要，而人文的内容却较多且主要。这些做法，也同样为后世所继承。

从《汉书·地理志》开始，古代中国的地理学进入了一个新的历史时期。



马王堆出土的地形图
这是长沙马王堆三号汉墓出土的地形图复原图，原图绘于西汉初年，距今已有2100余年了。图上绘制的是湘江上游第一大支流潇水流域、南岭、九嶷山及其附近的地形，比例尺约为十八万分之一，绘制精度极高，已接近现代地图。

(二) 三幅地图的风采

1973年，湖南长沙马王堆三号汉墓出土了三幅绘制在缣帛上的地形图、驻军图与城邑图。这是年代仅次于甘肃天水放马滩战国秦邽县地图的古代地图实物，是价值极高的罕世珍品。

马王堆三号汉墓的墓葬年代是公元前168年，这三幅地图显然是西汉初年的制品，距今至少已经有二千一百多年了。

这三幅地图的年代虽然晚于天水放马滩的战国秦邽县地图，但绘制的质量却远要高得多，是少见的精品。

这三幅地图都以上南下北、左东右西定位，继承了传统的格局。

这三幅地图都有较为精准的比例，驻军图的比例略大些，是

为适于作战的需要。

这三幅地图的方位、距离，与现代地图勘合的结果，相当接近，可以推断这在当时必定经过实际的测定。然而，在当时并没有高级测量仪器与测量技术的情况下，能够取得如此精度的效果，简直令人难以想象。





马王堆出土的驻军图

这是长沙马王堆三号汉墓出土的驻军图复原图，是用黑、红、青三色彩绘的军用地图。它不只一般地表示山脉、河流等普通地图要素，而且还根据专门用途突出表示了九支驻军的布防和防区界线、指挥城堡等。该图把驻军内容突出表示于第一层平面，而把河流等地理基础用浅色表示于第二层平面，这与现代专门地图的两层平面表示法是一致的，反映了我国古代高超的地图测绘技术。

河流是古代中国地图的主纲线，犹如现代地图的经纬线一样。这三幅地图也都是以河流为主要纲线，然后再确定其他地方的位置。表示河流的线条，画得相当的流畅，粗细变化相当均匀。水道的名称写在尽头或支流注入干流的口上，有的还注明源头。

对山脉的画法，这三幅地图用单线绘出山脉走向，内加斜向直线，有的用鱼鳞状层叠画法表示山峦的重叠。这些画法虽然不如现代的等高线画法，但在古代时期尚无法画出等高线的情况下，已经是相当不错了。

这三幅地图对于地名、驻军、民居等的标注符号也相当统一。驻军图还采用了三色绘图，河流、湖泊用田青色，道路、居民点、驻军点用红色标画，其他地方则用黑色。

综上所述，这三幅地图在体例与绘制技术上都体现出了相当高的水准。在两千多年前的汉代初年能够绘制出如此之高水平的地图，只能说明中华民族的聪明才智与当时整体科学水平的高超。

（三）“震”惊千古的地动仪

地震，是危害最大的自然灾害之一。

对地震的研究，在今天仍然没有进入完全的自由王国。然而，在一千八百多年前的东汉时期，竟然有人制造出了能测出数百公里外地震的仪器。发明这台仪器的，就是曾经创制了水运浑天仪的我国古代著名科学巨匠——张衡。

张衡(公元78—139)，南阳郡西鄂县(今河南南阳石桥镇)人。少怀壮志的张衡，勤奋好学，刻苦过人。到青年时，就已经德才双修，声名远播。永元初年(公元107年)，张衡写出了著名的《两京赋》。在进入而立之年后，张衡的研究趣向逐步转到了自然科学(特别是天文、地理、制造领域)与哲学方面。

永初四年(公元111年)，张衡应召入京，先后担任郎中、太史令、公车司马令等职。其中，以担任太史令的时间最长，他的成就，大多是在这一期间取得的。元初四年(公元117年)制成了水运浑象，建光元年(公元121年)至阳嘉二年(公元133年)制造出了指南车、记里鼓车、自飞木雕、地动仪、候风仪等机械、仪器。这其中的任何一种，在1800多年前都是冠绝一时的创造发明，而张衡一人就拥有如此之多的发明，不能不使人由衷地折服。

张衡所以会想到创造发明地动仪，很可能是由于东汉永元四年(公元92年)至延光四年(公元125年)连续发生了二十多起危害较大的地震，使得这位忧国忧民的科学家决心要造一台能测定地震的仪器。最终，在阳嘉元年(公元132年)制造出了世界上第一台地震仪器——地动仪。

地动仪的全名是“候风地动仪”，“候风”二字体现了张衡的地震理念，即西周时期以来对地震的传统理论认识。早在西周晚期的幽王二年(公元前780年)，周原地区发生了一次极其剧烈的大地震。当时的一位大臣伯阳父，以阴阳之气失序来解释地震产生的原因与机理，从此成为古代中国地震的经典理论。

据《后汉书·张衡传》的记载，这台地动仪的外形如同“酒樽”一样，最大腹径八尺(约当今190厘米左右)，是以精铜铸成的。器体外刻有篆文与山、龟、鸟、兽等图案。器体内部中央



竖有一根铜柱，称为“都柱”。都柱上有八条通道，上面安装有发动机构，称为“牙机”。在器体外铸有八条龙，头朝下，尾朝上。八条龙的龙头又都与内部的八条通道对应连接。每个龙头下面，又都有一只铜蟾蜍蹲在地上，昂头张口。

地动仪的工作机理是：当某一个方向发生地震的时候，都柱就会向这个方向倾斜，同时也就触动了“牙机”，引起体外龙头上嘴会张开，龙嘴内含的龙珠就会掉下，正好落入下面蟾蜍的口中。人们只要看到哪个方向的龙珠落下了，也就知道这个方向上的某个地方发生了地震。

仪器虽然造好了，可人们对它的有效性始终将信将疑。

永和三年(公元138年)二月初三，在人们没有丝毫感觉的情况下，地动仪上的一颗龙珠突然落了下来，这一下可引起了人们的纷纷议论，都说这台仪器不灵验。

过了数日，突然有飞马来报，说陇西地区几天前发生了地震。这一下可把人们惊呆了，这台仪器竟能测出千里之外的地震，简直神了。

以现代的地震知识来分析，常人无感觉而仪器能测到，表明这台仪器能测到的最低地震烈度是三度左右。

从文献记载的仪器结构分析，地动仪是利用物体的惯性来收取地震的震动波，从而得到远距离感应的。这个原理一直沿用到今天。

然而，在一千八百多年前就能运用这个原理，再要用这个原理创制出高精度的仪器，那就是很了不起的事了。在中国以外，一直要到张衡的一千多年以后，在古代波斯的马拉哈才有类似的仪器出现。

地动仪的发明，是中国地震学史上一件了不起的大事，更是世界地震学史上的奇迹。可惜的是，这台“震”惊世界的地动仪不知什么时候就不知去向了，成为了人类科学史上又一个无可弥补的遗憾！

六、医祖与医典

中医体系的奠基与形成

在传统的中医史上，扁鹊、张仲景、华佗这三大祖师与《黄帝内经》、《神农本草经》、《伤寒杂病论》这三大医典的出现，标志着中医体系的奠基与形成。

扁鹊与《黄帝内经》在上一章第六部分已经有介绍，其余就在本节中叙来。

（一）《神农本草经》

从神农尝百草的传说时代到东汉时期，古代的先民们积累起了丰富的药物学知识，这种知识到了该形成为著作的时候。于是，就有了我国现存最早的药物学典籍——《神农本草经》。

《神农本草经》(简称《本草》)，作者不详。据推测，本书不是一时一人的作品，而是战国、两汉时期药物科学的总汇，最终成书约在东汉时期。

由于原书在唐初已经佚失，现在人们所见到的是后人的辑本，自然失色不少。

现在的《本草》，共载有药物365种，其中植物药有252种，动物药有67种，矿物药有46种。因为中药是以植物药为主的，所以就以“本草”为本书的名称，中医药物学也称之为“本草学”。

全书将所有的药物按性能分为上、中、下三品：

上品药，是毒性小或无毒性的，功用多为补养类，共收120种药物；

中品药，是有毒与无毒兼备，功用也兼补养与治疗，共收



120 种药物；

下品药，是“多毒，不可久服”的，功用为除寒热、攻邪气、破积聚的治疗所用，共收药物 125 种。

这样的分类法，反映出当时盛行服食药物以求长生不死以至成仙的风气，人们重养生而轻治疗。但这只是一时的风尚，并没有造成不可逆转的影响。

《本草》对每一味药的记载相当详细而专业，包括了性味、主治、产地、生长环境、采集时间、入药部分、加工方法等等。

书中记载的主治病名有170余种，涉及内、外、妇、耳、喉、眼、齿等各科。

书中还有“序录”(或称“序例”)一篇，该文阐述药物学的总则原理，主要内容有：

1．关于药物配置的原则与禁忌。文中将药物分为君(上品药)、臣(中品药)、佐、使（下品药)，提出了“一君、二臣、三佐、五使”与“一君、三臣、九佐使”的配伍原则。

2．关于药性与制药关系的理论。文中提出了“药有酸、咸、甘、苦、辛五味，又有寒、热、温、凉四气”的“四气五味”说。并根据药性的不同，进一步提出了各种药物的“阴干、暴干、采造时月、生熟土地，所出真伪陈新，并各有法”，药物的剂型也是“并随药性，不得违越”。

3．关于用药原则、方法的理论。文中确立了“疗寒以热药，疗热以寒药，饮食不消以吐泻药，鬼注蛊毒以毒药，痈肿创瘤以创药，风湿以风湿药”的基本用药原则。并对毒性药的使用与各种药物的服法从理论上作了阐述。

这些理论，成为了后世中医药物学的指导性理论。

综观全书，纵论药理，横录药物，二者交互相成，构成了一个完整而严谨的药物学体系，从而奠定了古代中国的药物学

体系。用现代医学的成就来检验《本草》的记载，其内容大多是正确的，可信的。

（二）张仲景与《伤寒杂病论》

张仲景，名机(或作“玑”)，仲景是他的字，南阳郡(今河南南阳)人，一说是南郡涅阳(今河南邓县穰东镇)人。师从同郡张伯祖，曾拜访过何颙，何颙断言他来日必为“良医”(《太平御览》卷722引《何颙别传》)。灵帝时张仲景举孝廉，献帝建安(公元196—220年)中往荆州，刘表命为太守(这一段历史尚有争议，未可定论)。后曾北上，为王粲治过病，但王粲不信他的话，结果就如张的预言，不幸病故了。再往后，就没有其他的史料记载了。

后世的学者认为：张仲景与华佗是东汉末年南北两大流派的顶尖人物与代表。华佗以外科而惊世，仲景以内科而骇俗，各扬其长而又南北交辉。

张仲景的医学成就，集中体现在他的医学著作《伤寒杂病论》中。

《伤寒杂病论》，又名《伤寒卒病论》，后人将全书分为《伤寒论》(又名《辨伤寒》)与《金匮要略方论》(又名《金匮玉函要略方》，简称《金匮要略》)两部分，各自独立成书。

《伤寒论》，主要论述伤寒等急性传染病的诊治，全书10卷22篇。《金匮要略》，主要论述内、外、妇科等诸病诊治，全书3卷(原6卷)25篇。

在全书的《自序》中，张仲景自陈从学医起就“勤求古训，博采众方”，加之自己的“精究方术”，所以才终成这部医学典籍。

全书的精华，可以归纳为以下几个部分：

1．对致病原因的总结。对于人类的致病原因，张仲景有一个高度的概括：“千般灾难，不越三条：一者，经络受邪入脏腑，

《伤寒杂病论》，又名《伤寒卒病论》，后人将全书分为《伤寒论》与《金匮要略方论》两部分。

为内所因也；二者，四肢九窍，血脉相传，壅塞不通，为外皮谷所中也；三者，房室、金刃、虫兽所伤。以此详之，病由都尽。”实质上，也就是把致病原因高度抽象、提升到只有内、外二个方面，显然这是他的总体认识。



张仲景画像

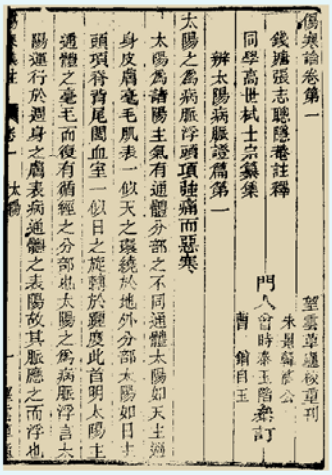
张仲景，名机，东汉时期的著名医学家。所著《伤寒杂病论》一书，是中国医学史上的一部纲领性著作。书中提出的三因致病、六经分证、辨证论治等一整套中医学理论，对中国医学发展产生了极其重要的影响。

2．对六经辨证的发展。“六经”之说，早在《黄帝内经》中已经提出，但张仲景在理论与实践上都作了重要的发展。《伤寒论》将所有急性热病的所有症状与体症归结为太阳、阳明、少阳、太阴、少阴、厥阴六类，这就是“六经”。他结合各症逐一对寒热、虚实、表里、邪正的关系进行辩证的分析：三阳病多属热证、实证、表证，正气盛而邪气实；三阴病多属寒证、虚证、里证，正气虚而邪气衰。具体深入而言，则又各有分析。如太阳病，基本特征为“脉浮，头项强痛而恶寒”，下分表证与里证两大类，太阳表证又有表虚与表实之分，太阳里证则有蓄水与蓄血之分。六经之间相互影响，因此会出现兼证、传变、合病、并病。

这就是“六经辨证”。

它的特色在于：既在总体上掌握了各类疾病发生、发展与变化的规律，又能注意到疾病在每一发展阶段上的特殊性，从而全面地掌握病变的发展情况，分清主次、轻重、缓急，作出切合实际的诊断，为正确施治提供先决的条件。这一点也表明了：张仲景阐述的“六经辨证”已经具备了“四诊八纲”的雏形。可以说，“六经辨证”是“四诊八纲”的先声。

3．对“随症施治”的论述。在看了“六经辨证”的精辟分析论述之后，很自然地就会懂得不能机械地施治。张仲景既提出了一般的规律，后人称之为“八法”，即：邪在肌表用汗法，


傷寒論卷第一　望雲草廬校刊
錢塘張志聰隱菴註釋
同學高世栻士宗纂集
門人會時泰玉階參訂
青　鎮自玉
辨太陽病脈證篇第一
太陽之爲病脈浮頭項強痛而惡寒
太陽爲諸陽主氣有通體分部之不同通體太陽如天主週身皮膚毫毛肌表一似天之環繞於地外分部太陽如日主頭項脊背尾閭血室一似日之旋轉於殿度此首明太陽主通體之毫毛而復有循經之分部也太陽之爲病脈浮言太陽運行於週身之膚表病通體之表陽故其脈應之而浮也

《伤寒杂病论》书影

邪壅于上用吐法，邪实于里用下法，邪在半表半里用和法，寒症是温法，热症用清法，虚症用补法，积滞、肿块类症用消法。但这只是原则上的，具体到每一个病人的每一种病，都必须随症施治。这些内容，在书中有大量的例证。

全书共收方剂 375 首，《伤寒论》收 113 首，《金匮要略》收 262 首。除去重复，实际共收 269 首。这些药方中，共使用药物 214 味，常用药物基本上都在其中。张仲景对每味药的增减与配置都作了说明。

这些药方的剂型相当丰富，有汤、丸、散、酒、软膏、醋、洗、浴、熏、滴耳、灌鼻、吹鼻、肛门与阴道栓等等。

对于药物的制作、煎法、服法等等，书中也有许多具体的说明。

《伤寒杂病论》在古代中国的医学史上具有极高的价值与地位，它最终确定了中医辨症施治的原则，奠定了中医诊治学体系的基础。从宋代起，该书被列为官办医学的教科书。传到日本、朝鲜与东南亚国家后，对这些国家的医学发展也作出了贡献。

（三）神医华佗

神医华佗，在中国可说是一位家喻户晓的名人。

人们知道这位神医，十之八九最先都是从古典文学名著《三国演义》中闻知其名的，他为关羽刮骨疗伤的故事，他要给曹操劈开头颅医治头痛疾病的传说，不知被戏曲与曲艺演绎了多少回。

撇开《三国演义》这样的小说不论，华佗确确实实是古代中国一位神奇的名医。在中医史上，华佗是一位具有里程碑意义的名医，是名副其实的“外科之祖”。

华佗，别名旉，字元化，沛国谯县(今安徽亳县)，约生于汉冲帝永嘉元年(公元145年)左右，死于汉献帝建安十三年(公元208年)前，为曹操所杀。

华佗一生鄙薄仕途名利，坚持在民间行医，深受人民大众的敬重与爱戴。

华佗的盛名，得自于他对民间疾苦的一片爱心，也得自于他高超绝伦的医术。特别是他那近乎于神话般的外科医术，为中华医坛书写了无数的奇迹。

华佗对中华医坛的贡献主要有：



华佗像

华佗，字元化，东汉末年著名的外科医生。他在一千七百多年以前就成功地做过切除腹腔肿瘤以及肠胃部分切除吻合等大手术，所用麻沸散是世界上最早的麻醉剂。他还积极提倡体育锻炼以增强体质，是运动保健学的创始者之一。

1．发明了世界上最早的外科麻醉药——麻沸散。麻沸散是一种全身麻醉剂，用酒冲服，它能使人进入昏睡状态。在文献中，记载了数例用麻沸散进行麻醉的手术。但是，麻沸散究竟是一种什么麻药呢?许多医学家曾作过探索，都有一定的道理，但也都没有能够定论。麻沸散的失传，是古代中国医学的一大损失。

2．进行了中国历史上最早的腹腔手术。《后汉书·华佗传》记载了这样的手术：先服下麻沸散，等麻醉以后，就剖开腹腔，能割开肠胃进行清洗，再行缝合，再涂上神膏，四五天以后就能使伤口结好，一个月长好如初。

除了腹腔手术外，华佗还进行过其他的手术。

进行外科手术，很重要的前提是要有一定的解剖学基础。而我国古代似乎并没有解剖学的传统，也没有这种社会环境与条件。那么，华佗又是怎样掌握这些技术的呢?这似乎是一个谜。如果华佗是凭着自己在民间的勤奋好学而掌握的，这岂不又使我们领略了华佗的超人“天才”吗?



华佗手术图
这是华佗正在为患者施行剖腹手术。



马王堆出土的导引图
早在马王堆三号汉墓所出的帛书中，就有一幅导引图，图中的一些动作下就标有“鸟申(呻)”、“猨痹(呼)”、“熊经”、“龙登”等等的题名，可见模仿动物的运动早就开始了。华佗在总结前人经验的基础上，加以提炼而汇总成了《五禽戏》。

3．创始运动保健学。运动强身保健，这是中华医学保健特色之一，它的起源很早，奠基形成于战国至两汉时期。

在战国时期，医学保健开始形成两种大的趋势：一是以服食药物为主；一是以运动保健为主。服食药物(特别是像“五石散”这样具有较强毒副作用的药物)是一时的风气，而华佗能反这股潮流而主张运动保健学，是运动保健学的创始者之一。他吸取了先秦以来导引术的精华，创造出了著名的“五禽戏”。五禽戏以虎、鹿、熊、猿、鸟的动作姿态为基础，进行模仿锻炼，以达到强身健体的目标。

他的学生吴普遵循老师的这一方法锻炼，一直活到九十余岁还“耳目聪明，齿牙完坚”，为华佗的《五禽戏》作了很好的标注。

4．拥有全面的高超医术。华佗不仅外科医术高明，内、妇、



儿等各科以及针灸的医术同样高超过人，历史上流传了华佗治疗这些疾病的许多故事，而且不少有传奇的色彩。虽然可能有些是未必可全信，但确实有真实的成份在其中。如，华佗所创造的“夹脊穴”，至今仍在沿用中。

华佗自己曾写有不少医著，但都已经失传。他弟子总结他的经验而著的书，也几乎都相继佚失了。这是我国古代医史上的一个重大的损失。

七、汉时宫阙秦时关

古代建筑体系的形成

古代中国建筑，从先秦到秦汉，同样经历了由奠基到体系形成的过程。

阿房宫、汉都城、万里长城……一系列前所未有的大气势建筑纷纷涌现，正是这个体系形成的标志。

（一）秦汉长城

长城，是古代中国的独特建筑。

战国时期，一些诸侯国家为了抵御别的国家进攻，在连绵不断的群山上建造起长长的城墙，燕、赵、魏、齐、吴、楚等国家都筑有这种长城。

秦王朝帝国建立以后，为了防御匈奴的入侵，将燕、赵、魏等国家的北部长城连接起来，用30万人整整修了十多年，才初步筑成。



万里长城

这是闻名世界的万里长城。它最初是由秦王朝把春秋战国时燕国和赵国修筑的防御城墙连接而成的。以后从汉代直到明代，长城又被不断地加固修筑。整个长城工程浩大，壮严雄伟，西起嘉峪关，东到山海关，全长12700多里，是宇宙飞船上惟一用肉眼可见的地球上的人造建筑，反映了我国古代人民的智慧和力量。

这就是举世闻名的万里长城。

秦代的万里长城，西起甘肃临洮(岷县)，沿着黄河到内蒙临河，又北登阴山，再南下山西雁门关、代县、蔚县，接燕国长城后，经张家口而经燕山、玉田、锦州，终于辽东。

继秦而起的汉王朝，也因为北方地区匈奴的侵扰不断，继续修筑长城。

汉代除了修缮秦长城外，又修筑了朔方长城(今内蒙河套以南)与凉州西段长城。凉州西段的长城规模较大，北起额济纳旗居延海，西南经大方城到金塔县，是其北段；金塔县经破城子、桥湾城到安西县，是其中段；从安西县经敦煌达大方盘城、玉门关而至新疆，是其南段。

汉长城与秦长城相比，构筑的规模与技术都有了较大的进步。特别是新筑的“凉州西段”长城，“五里一燧，十里一墩，卅里一堡，百里一城”(《居延汉简》语)，成为了大漠与山岭中的一道烽火线。

在北国的高山峻岭、沙漠戈壁上建造如此浩大的工程，与其说是用土堆筑的，还不如说是以中华民族的血肉之躯筑成的。

万里长城，就是中华民族的浩浩英魂！

(二) 两汉之都

您读过班固的《两都赋》与张衡的《两京赋》吗？

“左据函谷二崤之阻，表以太华终南之山；右界褒斜陇首之险，带以洪河泾渭之川。”

“建金城而万雉，呀周池而成渊。”

当人们吟诵这些诗句时，《两都赋》的备陈颂词，《两京赋》

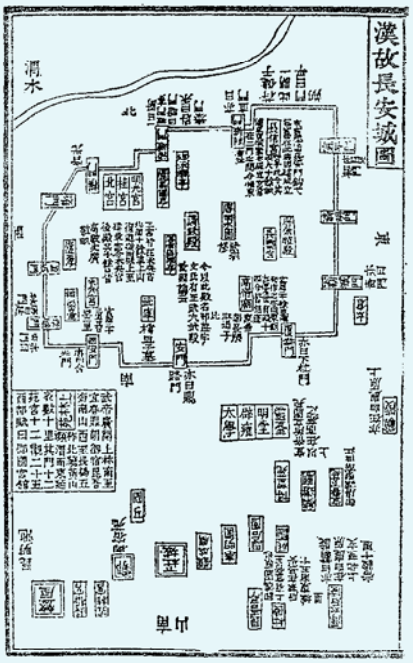
的极尽讽喻，都浮然眼前。而无论是称颂还是讽喻，都写尽了西汉都城长安与东汉都城洛阳的辉煌神丽——“富有之业，莫我大也”！

西汉都城长安(今陕西西安市)，是刘邦入关后，在秦长安宫的基础上逐步扩建而成的。

当时先将长安宫扩展为长乐宫，又在边上造了未央宫与北宫，再在这些宫殿造成后，建造起了长安城墙。负责这些工程的，是一位军伍出身的杨城延。

后来，汉武帝又在城西修了建章宫，在城内造了桂宫、明光宫。王莽时，又在城南修建了辟雍等礼制建筑。

在西汉末年与东汉末年，长安城屡遭破坏，最终被董卓纵令部下烧毁。



汉故长安城图

这是元代李好文所著的《长安志图》中所载的《汉故长安城图》。

根据文献记载与考古发掘，可以知道长安城呈不规则矩形，周长25.1公里。全城共有12个城门，以东面的宣平门为最主要的出入口。城中的街道，南北与东西向纵横交错，共有8条，宽度都在45米左右。

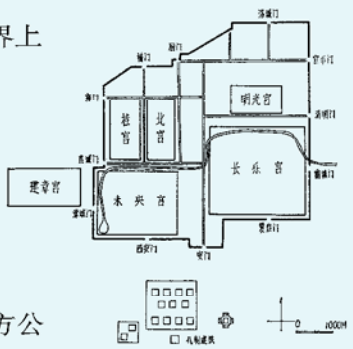
长安城实际上还只是一座内城，大规模的居民住宅区则是在北面与东北面的“廓”区内。

汉代长安城，人口最多时达到30万左右，是当时世界上的大都市之一。

东汉改都洛阳，是在东周城的基础上发展起来的，今人称之为“汉魏故城”。

洛阳故城为不规则的长方形，南北长九里多，东西宽六里多，有的古代文献称之为“九六城”。考古发掘表明，实际情况基本上与文献相合，总面积约9.5平方公里。

故城内原即有南、北二宫，后来汉明帝时曾重修北宫。其中的德阳殿，它的“庭”据说和阿房宫一样可以容纳1万人。



汉长安城复原图

这是汉长安城内宫室分布复原图。

洛阳城的布局与西汉长安城不同，以南、北纵向布局为主。

洛阳城的城门，每一面各三门，以东面为主，东面的北门(宣平门)为主要城门。

洛阳城与西汉长安城一致的是，实质上依然属于内城性质，南、北二宫占据了绝大部分地方，平民居宅和礼制建筑都在城外。

东汉末年，洛阳城大受损坏，主要宫殿都被烧毁。

(三) 木结构建筑体系的形成

战国时期形成了一种高台建筑的风格，反映出当时崇尚等级威严的思想。这种风格，在秦代与西汉依然流行，如秦咸阳的甘泉宫以至阿房宫、西汉长安的未央宫，都是这种高台建筑。

到了东汉时期，高台建筑逐渐减少，而开始向楼阁形式发展。

这种风格的改变，一是因为经济、实用的原则发挥了作用，二是由于木结构建筑技术逐步成熟、木结构建筑体系已经形成。

木结构建筑最基本的部分是木构架，秦汉时期已经日趋完善，形成了抬梁式与穿斗式二种最主要的方式。

抬梁式，是将大的横梁架在立柱上，然后在梁上再立短柱(瓜柱)，短柱上再架短梁，如此层层上架，形成尖顶架构。梁架之间，又以檩木连接固定，檩上又施椽。

穿斗式，是直接在立柱顶端架檩，檩上施椽，有的还在檩柱间加斜撑作为加固。

也有的是将这两种结构结合起来使用，一般都是两山墙处用穿斗式，中间用抬梁式。

在南部地区，还流行干栏式与井干式。

斗拱，是中国传统建筑的又一个独特的结构。斗是指斜方形的垫木，拱是弓形的拱木，用来承托梁和枋头，支承出檐的重量，兼有装饰作用。

汉代建筑的屋顶有五种形构：房殿式、悬山式、囤顶式、攒尖式、歇山式。

所有这些，既是到汉代时期木结构所达到的水准，又是古代建筑木结构体系形成的标志。

当然，任何一个时代的建筑不可能只用一种材质，秦汉时代同样如此，泥土、石材、砖瓦以至芦苇等也都在使用。特别是砖、瓦，秦汉时期开始奠定了其作为基本材料的地位。

秦汉时期的宫阙声名卓著，而它奠定的建筑体系在建筑史上享有更高的地位。

八、蔡侯纸·蝉翼衣·青瓷釉

手工业的兴旺发达

强大的秦汉帝国阔步向前，手工产业同样乘风满帆，一派兴旺。



纸地图

这是在甘肃天水出土的西汉时期的纸地图，是目前世界上最早的纸。其原料为大麻，纸面平整光滑，结构紧密，表面有细纤维渣，可见造纸技术比较原始。纸上用墨线绘有山、川、崖、路，是一幅世界最早的纸绘地图。

（一）造纸术的发明与蔡侯纸的诞生

纸对于人类文明的贡献，是无法估量的。

到现今为止，人类使用过许许多多的书写材料，然而没有一种能与纸相媲美。

发明纸的，正是中华民族。

从60～70年前起，通过考古发掘，不断地发现西汉初期(公元前1—2世纪)的早期纸张，表明了纸的发明就在这个时期。

但这时的纸张制造技术还很原始，纸张质量相当粗糙，绝大多数不能作为书写的材料。 到了汉宣帝时期，已经出现了一些



蔡伦像

蔡伦(?—121)，东汉时造纸技术的改革家。曾任主管御用器物的尚方令，后又被封为龙亭侯。他总结西汉以来用麻类纤维造纸的经验，改进造纸技术，用树皮、麻头、破布、旧鱼网为原料造纸。由于质量提高，可供书写之用，使纸张的应用得以推广，逐渐代替了简帛。后人将蔡伦改进制造的纸称为“蔡侯纸”。

较为细腻的纸张，能够略用于书写。显示出当时造纸技术的进步是相当迅速的。

到东汉时期，出了一位造纸技术的革新家——蔡伦，为造纸术的发展作出了历史性的贡献。

蔡伦，字敬仲，桂阳(今湖南耒阳)人，在明帝、章帝、和帝时期做宦官。和帝时期，升任为尚方令，这是一个掌管宫廷作坊的职务，从而有机会触及造纸行业，改革造纸工艺。

东汉元兴元年(公元105年)，当蔡伦把新制的纸张献上的时候，受到了汉和帝的称赞。从此，他革新的造纸技术，奠定了整个传统的造纸事业。蔡伦因此被封为龙亭侯(龙亭在今陕西洋县)，他监造的纸被称为“蔡侯纸”。

据文献记载与现代科学的分析推测，蔡伦对造纸技术的革新，大致有这样几点：



汉代造纸工艺流程图

这是汉代造纸工艺流程示意图。

1．在原料上，采用了破布、破网等物质，既有利于提高纸张的质量，也降低了生产成本。特别是采用树皮作为原料之一，这是一个重要的突破，既为古代造纸开辟了更为广阔的原料途径，也开了现代木浆造纸之先河。

2． 对原料的处理可能已经有了加入石灰浆升温促烂与蒸煮等工艺，使得植物纤维的分解更为细腻。

如果确是这样的话，传统的造纸工艺也就从此奠定了。

书写纸产生以后，其他的书写材料迅速地被排挤掉。人类有了纸，有了书，人类文明的发展犹如插上了翅膀。

中华民族发明的造纸术，汉代以后传到了邻国，继而传遍全世界，中华民族为全人类的文明发展作出了卓越的贡献。

（二）马王堆的“蝉翼衣”

马王堆一号汉墓出土的纺织品相当丰富，共有二百多件。

在这二百多件的纺织品中，有一件看上去毫不起眼的织物，展开后却发现它居然薄如蝉翼，轻似烟雾。这件长达160厘米、两袖通长190厘米的衣服，居然只有48克(或说为49克)。

这件被称为“素纱蝉衣”的织物，使得现代的织造专家们技痒难耐，决心要与之一比高下。国内一些拥有高级工艺师与技术设备的丝绸研究所曾作过试制，可到如今为止，没有一家能达到这么轻的分量，更不要说超过它。

当然，我们也要考虑到，“素纱蝉衣”历经两千多年可能会有一些自然的损耗而减轻了分量，我们也相信现代科学技术一定能制造出分量更轻的织物来。然而，这一切都已经无关紧要了，因为“素纱蝉衣”作为两千多年前的产物而能达到如此高度，真是一个后人永远无法企及的记录。



香地绣对鸟绫纹绮
这是在长沙马王堆汉墓出土的西汉香地绣对鸟绫纹绮，是一种织后练染的提花织物。

马王堆织物的精彩，当然不止是“素纱蝉衣”一种。如有一件绀地红短纹起毛绵，属于重经提花起毛织物，而以往人们还认为元明时代的漳绒、织金绒、天鹅绒等起绒织物的技法是从国外传入的。现在，人们得知这不仅是我国固有的技法，甚至国外的技法说不定也是由我国传去的。

马王堆的织物是精彩绝伦的，马王堆的织物可以说是代表了西汉初年的最高水平，它将永远记载在世界科学技术史上！

（三）成熟瓷器的诞生

瓷器之国的成熟瓷器，在东汉时期诞生了！

从商代开始出现原始瓷器到东汉中晚期出现成熟瓷器，跨越了1500多年之久，这是一个漫长而艰辛的历程。

从原始瓷器到成熟瓷器，在技术上要有两大进步。一是原料的处理必须更洁净、细腻，二是烧成温度与烧成技术有更大的提高。

考古发现的东汉瓷器与窑址已经有数十例之多，可以见到当时的瓷器已经近同于现代瓷器的技术指数，特别是越窑所出的一件瓷器，烧成的温度已达1310℃，胎中显示气孔率为0.26%，吸水率为0.28%，胎体致密坚硬，有微透光性，叩击时有金属声，与现代瓷器十分地近同。



青瓷四系罐
这是在河南洛阳出土的东汉青瓷四系罐，是青瓷烧造技术成熟的作品之一。

以往，人们根据潘岳(247—300)《笙赋》“倾缥瓷以酌酃”一语推断瓷器产生于魏晋时期，现在有了大量的实物证明，可把瓷器产生推前到东汉的中晚时期，而且大江南北都有，量多质好。

东汉时期的成熟瓷器，主要是青瓷，有少量的黑瓷。青瓷与黑瓷，都是以铁为色剂，含量在3%以下的是青瓷，在4～9%以上的是黑瓷。青瓷的质量高于黑瓷。

东汉的瓷窑以越窑为最，越窑分布于浙江的上虞、慈溪与余



姚、宁波、鄞县、永嘉等处，又以慈溪上林湖最为重要。上林湖越窑，是唐五代时“贡窑”与“秘色窑”的所在地。

东汉的窑炉，是以蜿蜒的“龙窑”为主，“龙窑”亦称“蛇窑”或“蜈蚣窑”。虽然还不够成熟，但能够烧到1200℃以上。

在釉彩上，汉代出现了铅釉料是一个重要的进展。

铅釉料是一种低温釉，大约在700℃左右就开始熔化，流动性强。内含铜、铁等成分的着色剂。后来著名的唐三彩，就是由这时的铅釉发展而成的。

在中国的陶瓷史上，汉代是一个里程碑的时期。特别是成熟瓷器的正式涌现，开创了瓷器生产的全新时代，将书写出更为灿烂的瓷器文化。

九、张骞“凿空”

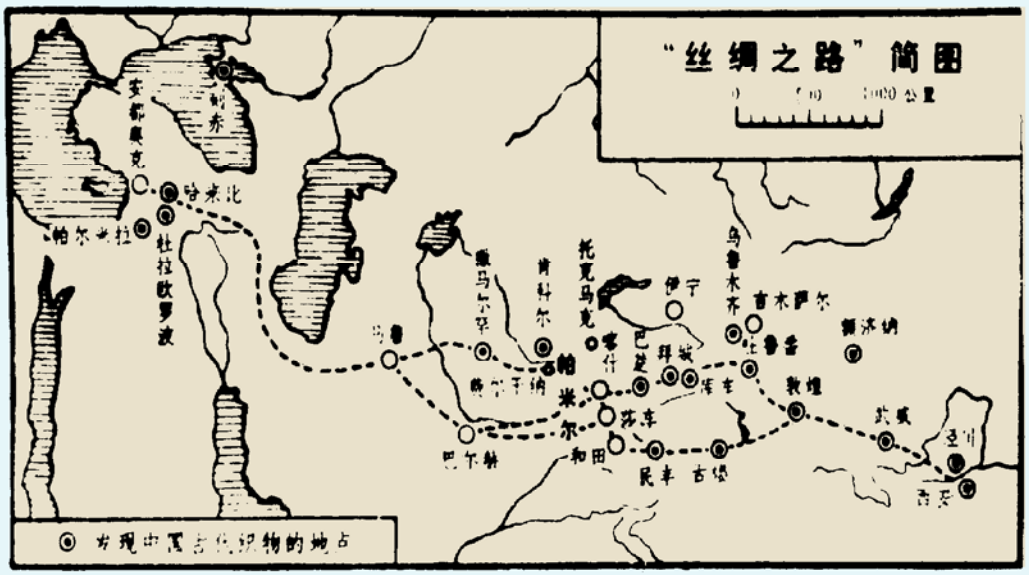
封闭的打通

汉武帝时期，为了抗击匈奴的侵扰，需要与西域地区的国家进行联络，就在建元三年(公元前138年)悬赏招募使者。郎官张骞勇敢地应募，就在这一年与元狩四年(公元前119年)两次出使西域，最远到达了中亚地区。

张骞两次出使西域，在历史上留下的意义是什么呢？后人所看到的，已经不再是汉朝与匈奴之间的纷争，而是从此打开了封闭的中域与外域联系的通道。

中国与外域早在先秦时期就开始有了交往，然而，这种交往只是民间的、零散的，对于整个国家的影响微乎其微，以至在正史上根本就无踪迹。

因此，在张骞两次出使西域以后，这条通道从此成为了国家



“丝绸之路”路线图
这是秦汉时期自长安到大秦(罗马帝国)的“丝绸之路”的路线图。我国的丝绸、漆器、瓷器和铁器等都是通过这条著名的“丝绸之路”大量运往西方的，东西方科学文化也正是通过这条“丝绸之路”得以交流的。

的、正规的中西通途，人们称颂张骞的行动是“凿空”(《汉书·张骞列传》)。中西交往的历史，的确是从张骞之后才真正开始大书起来的。

早在先秦时期由无数勇敢卓绝的先行者们所开辟的这些通道，在经过了张骞的政府行为之后，终于光大发扬为举世闻名的“丝绸之路”。

中西交通的开辟，无论是人员的往来，货物的贸易，还是科学技术的交流，不可阻挡地有形、无形地同时开始了。

然而，在古代时期，除了少量的政府人员往来，最主要的就是货物的贸易，而堂堂正正的科学技术交流却几乎没有，都是暗暗地、零散地在进行着，一派“随风潜入夜，润物细无声”的景象。

再深入地观察，在这种交流中，中国的科学技术输出得多，国外的科学技术输入得少，这是一个不争的事实。

一切都表明了，中西交通的开辟虽有利于科学技术的交流发展，但对我国科技发展的促进作用并不很大。这其中的原因，固然相当复杂，然而根本的恐怕是与当时科学技术的地位低下



有关。

时至今日，当我们已经认识到“科学技术是第一生产力”，当这世界上已经有了无数的“丝绸之路”的时候，我们在历史中又将汲取些什么呢？

记取历史的经验与教训吧！

百工竞技

阅读中国·科技史卷

【第三章】

淡世与乱世中的疾进

（魏晋南北朝时期）

在中国四千年的王朝史上，魏晋南北朝是最为纷乱的时期。

然而，就在这样的乱世中，却居然出现了古代科学技术高速疾进的罕见局面，宛如沙漠中的一片绿洲。



在我国的历史上，战国时期与魏晋南北朝时期都是战争与分裂的时期，但在文化与科学技术上都出现了丰收的时节，这种现象背后与深层中的原因是什么，足以成为学术史上的千古疑题。

魏晋南北朝时期科学技术的疾进，使得秦汉时期已经领先于世界的地位得以继续保持，古代中国科学技术的大军依然行进在世界的最前列。

一、理论数学和计算数学

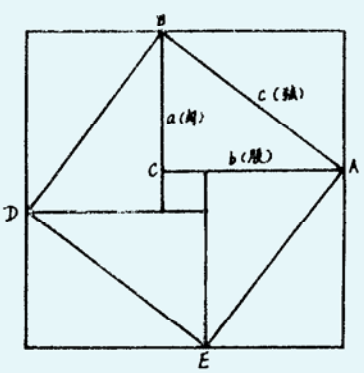
奠定和巅峰

成熟相对较晚的数学科学，在秦汉时期初露尖尖荷角之后，在魏晋南北朝时期迎来了一个丰硕的收获季节。

《周髀注》、《九章算术注》、《海岛算经》、《孙子算经》、《张邱建算经》、《五曹算经》、《五经算术》、《数术记遗》、《缀术》等一大批数学著作，赵爽、刘徽、张邱建、甄鸾、祖冲之等一大批数学家，都在这个时期如雨后春笋一般冒出来，形成一道蔚为壮观的风景线。

站在这个时期最前列的是赵爽、刘徽、祖冲之父子，特别是刘徽与祖冲之父子，更是高居于数学峰巅的大师。

（一）勾股定理的证明与“数形统一”的思想



赵爽的勾股定理证明图——弦图

勾股定理是古代中国人民早在数千年前就已经认识的数学定理，在汉代成书的《周髀算经》与《九章算术》中有明晰的阐述，是古代中国早期数学的卓越成果。

然而，认识定理与证明定理并不能同等而言。而且，证明定理往往比认识定理要难得多。

勾股定理就是一个早已被人认识而迟迟未见有人证明的数学定理。

我们迎来的第一个证明者，就是三国时期吴国的赵爽。

他在《周髀算经注》中先给出了两个著名的公式：

(1) 勾×勾＋股×股＝弦×弦(即$a^2+b^2=c^2$)

(2) 弦$=\sqrt{勾^2+股^2}$ (即$c=\sqrt{a^2+b^2}$)

接着，他又以一个“弦图”来进行论证。

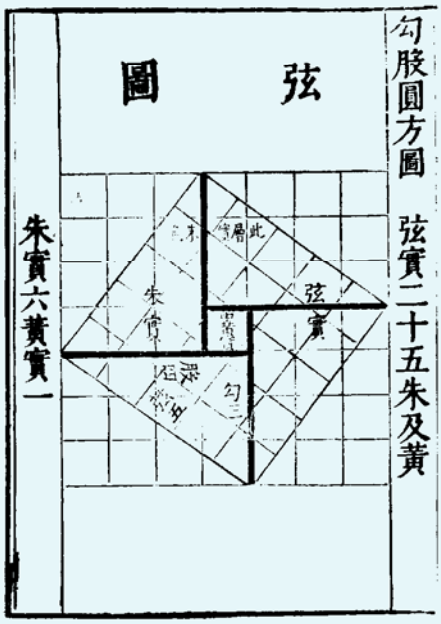
在这个图中，正方形ABDE是由与直角三角形ABC一样大的四个三角形加上中间的正方形构成的。直角三角形的面积为$\frac{1}{2}$ ab，中间正方形的边长是b−a，则面积就是$(b-a)^2$。于是，正方形ABDE的面积就是：

$$\frac{1}{2}ab\times 4+(b-a)^2=c^2$$

整理后就是：

$a^2+b^2=c^2$(也就是$c=\sqrt{a^2+b^2}$)

在这个证明中，几何图形的截、割、拼、补与代数式之间的恒等关系得到了最直观、最严密的体现，两者配合密切，形神兼备，确立了一个形数互证、形数统一的标杆与典范！

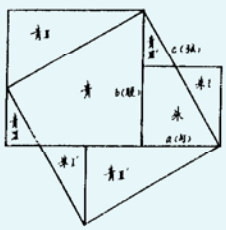


《周髀算经注》弦图书影

此后的刘徽，在证明勾股定理时也沿用了这样的方法。

刘徽在《九章算术注》中也有一段证明勾股定理的文字与图，因为原图已经佚失，人们根据文字补出了图。

在这个图中，如果把朱方(a^2)的Ⅰ块移到Ⅰ′，把青方(b^2)的Ⅱ块移到Ⅱ′，Ⅲ移到Ⅲ′，正好能得到以弦为边长的正方形(c^2)，也就是证明了$a^2+b^2=c^2$。



刘徽的勾股定理证明图

形数互证、形数统一的数学思想，是古代中国数学科学的一个重要的思想组成部分，与西方欧几里德为代表的几何学那种纯粹空间研究的风格有着明显的差异。欧洲直到17世纪的笛卡儿创立解析几何后，才使空间关系与数量关系得以统一起来，而这在某种程度上恰恰是中国传统的“形数统一”思想的重现与升华。



刘徽画像

刘徽，三国时魏国数学家。所著《九章算术注》不仅奠定了中国古典数学理论的基础，而且取得了许多重大的数学创新成果。

（二）奠基理论数学

三国时期，最杰出的数学大师是魏国的刘徽。

刘徽的数学成就，集中体现在他的数学专著《九章算术注》中。

在中国的数学史上，《九章算术注》是一部具有里程碑意义的数学名著。因为它开创了古代中国的理论数学，奠定了中国古典数学的理论基础。

数学，是一门既抽象、又具体的科学。在古代中国，数学虽然很发达，但重视、强调的主要是它的实用性，对数学的理论研究较为薄弱，在刘徽之前，数学理论可以说几乎处于空白的状态。因此，刘徽创立的数学理论具有特别重要的价值与意义。

刘徽《九章算术注》的数学理论，主要体现在这样几个方面：

其一，刘徽第一次对一些数学概念作出了科学的定义。

在古代中国的数学中，有大量的专用名称，也就是现代数学所说的“概念”。这些数学概念，原来都是逐步产生，约定俗成的，谁也没有去作过界定。这种现象，在古代中国整个科学技术领域中十分普遍，并不只是数学学科中的现象，它反映出了传统科学技术的非理性型与经验型特色。这些数学概念由于没有明确的解说(即现代所说的定义)，缺陷十分明显，对于整个数学科学的发展很不利。

作为一位数学大师的刘徽，敏锐地察觉到了这种缺陷，第一次对这些概念作了解说，下了定义。

在《九章算术注》中，刘徽所注明的数定概念的定义共达二十多个，如幂、齐、同、率、衰分、列衰、开方、开立方、立方、立圆、阳马、堑堵、鳖臑、方程、正负、勾、股、弦等等。



对这些数学概念，刘徽下的定义，有着鲜明的风格：简洁明了，准确严谨。

如，使用最为普遍的“率”，刘徽所下的定义只有四个字——“数相与者”，极其简明。当然，对于常人来说，什么是“相与”，还是不甚清楚的。因此，刘徽又作了进一步的说明，即两数同时扩大或缩小时，其“率”不变。很显然，“率”就是指两数的比例关系。这时再回过头来看“数相与者”这个定义时，就更能体会到它那简明准确的特点。

其二，刘徽第一次全面地对数学法则与公式进行了逻辑证明。

在刘徽之前，数学著作中有许多的解题技巧与运算技术，古人称之为“术”。这许许多多的“术”，古人往往没有说明为什么能这么做的理由，从不交待解题与运算的原理。

在这里，刘徽又一次显示出了特有的理性敏感。他认为，数学作为一门科学，数学家作为一个学者，都不能“拙于精理，徒按本术”，而应该如“庖丁解牛，游刃理间”。意思十分明确，即使是一个屠夫宰割牲畜，也要懂得牲畜的生理结构，才能成为高手。相比而言，数学更要明了其原理与规律。

《九章算术》全书共给出了202个“术”，刘徽对每一个“术”都作了详细的分析、探讨，以揭示、阐明其数学原理。

对数学原理的分析、探讨，刘徽概括的方法有两条：一是“析理以辞”，即以逻辑的推理去层层解剖、分析，推本寻源；二是“解体用图”，即以直观的图像来说明、验证，当然在有关几何的题类中用得更多些。

从具体的方法到最终的结论，都显示出了数学的理论性，标志着古典中国数学从此不再只是单纯的“算术”(计算技术)了！

其三，刘徽第一次尝试建立一个完整的数学理论体系。

刘徽在进行了一系列具体的理论探索以后，并不满足、止步，他要雄心勃勃地建立一个完整的数学体系。

在刘徽的心目中，整个数学体系应该犹如一棵繁茂的大树，

无数的枝、叶，最终都要汇聚到主干上去。这也如同天文科学一样，一切具体的理论、成果、技术，最终都要汇聚到浑天说这个理论主干之上。为此，刘徽决心创立一个如同浑天说一样的数学核心理论，使整个数学大树能发乎一端、成乎千万。

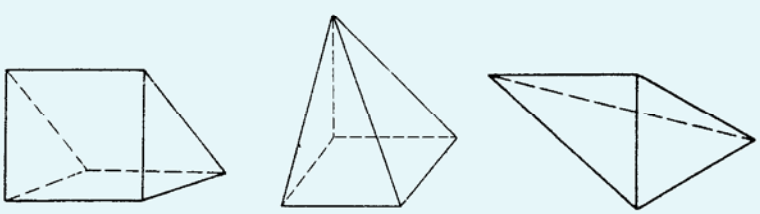
在《九章算术注》中，刘徽对齐同术、今有术、方程术、勾股术、重差术、割圆术等具有较广泛用途的算理下了很大的功夫，认为有可能成为根本性的数学理论，称之为“都术”。

由于种种原因，刘徽最终没有能够找到一个类似于浑天说那样的根本理论，也没有能够建立一个类似于西方欧几里德《几何原本》那样的公理化理论体系。尽管如此，刘徽在数学理论上的贡献与成就仍然十分突出，意义尤其巨大。在很长的时期里，西方的数学史家们一直认为古代中国的数学只有计算技术(甚至承认这种技术是很发达的)，而没有数学理论。刘徽对数学的理论研究，向世人宣告了这不是事实，古代中国数学同样也有光彩照人的理论。

刘徽是古代中国数学界的骄傲！

（三）无与伦比的数算成就

刘徽除了在理论上的宏大建树外，在数算技术上同样有许多杰出的创造突破，如他建立了十进分数理论，发展了对“正负术”的认识，用互乘相消法改进线性方程组的解法，提出了斜解“堑堵”后“阳马”和“鳖臑”的体积之比永恒为2∶1的多面体体积原理，发展了古代的“重差术”，提出了以“割圆术”求圆周率的方法等等，这些成果显赫一时。



左为“堑堵”图
这是“堑堵”，是底面为直角三角形的直三棱柱。
中为“阳马”图
这是“阳马”，是底面为正方形或长方形、一侧棱与底垂直的四棱锥。
右为“鳖臑”图
这是“鳖臑”，是四面都是直角三角形的四面体。

祖冲之把圆周率推算到小数点后七位的准确度，比阿拉伯和欧洲领先了一千年。

在这诸多的成果中，最负盛名的，就是精巧绝妙的“割圆术”。

“割圆术”，是一种在极限理论下的技术，它是以圆内接正多边形的周长能无限逼近圆周来求算圆周率的技术。这一技术，在当时可说是最先进、最科学的圆周率求解方法。

刘徽亲自用这一方法求得了3.14与3.1416这两个圆周率近似值，为当时世界上最精确的圆周率值。

然而，在刘徽之后的二百年左右，中国的数学界又出现了一位超级的数算大师——祖冲之，他把圆周率的计算提升到了一个遥遥领先于整个世界的高度。

祖冲之(429 — 500)，南朝杰出的天文学家、数学家、机械制造家。

文献记载祖冲之所计算出的圆周率有“约率”与“密率”这样二个值，约率为 22/7 ，密率为 355/133（化为小数即为3.1415929203)。其中密率这个值，西方直到1100年以后才由德国的奥托与荷兰的安东尼兹取得。西方数学界都把这个率值称为“安东尼兹率”，实际上应该称之为“祖率”。

俗语说“虎父无犬子”，祖冲之也有一位数学家的儿子——祖暅。祖暅最突出的成就，就是在世界上最早提出了著名的体积公理并由此而得出了球体体积公式。

在历史上，刘徽曾经天才地创造出了“牟合方盖”的球体体积求算思路，但最终未能完成。计算能力超强的祖暅，沿着



祖冲之像

这是南北朝时期杰出的数学家祖冲之。他把圆周率推算到小数点后七位的准确度，比阿拉伯和欧洲领先了一千年。

＞知识百科＜

刘徽“割圆术”

刘徽“割圆术”是从圆内接正六边形每边的长等于半径出发，根据勾股定理，从圆内接正 n 边形每边的长，可以求出圆内接正2n 边形每边的长。从圆内接正n 边形每边的长，还可以直接求出圆内接正2n 边形的面积。刘徽一直求到圆内接正 192 边形的面积，得到圆周率 $\pi = \frac{157}{50} \approx 3.14$，这个数值被称为“徽率”。循着这个方法继续前进，他又得到了 $\pi = \frac{3927}{1250} \approx 3.1416$。这是当时最精确的圆周率数值。

前贤的思路锲而不舍地迈进，终于攻下了这一难度极高的课题，得到了著名的等积原理——“缘幂势既同，则积不容异”(两个几何体在任何等高处的截面积都相等，则两个几何体的体积也相等)，并由此而求得了球体体积公式：

$$V_{球} = \frac{4}{3}\pi r^3$$

祖暅发现的等积原理，在西方，直到17世纪才由意大利数学家卡瓦列里发现，比祖暅晚了一千一百多年。过去，西方把这个原理称为“卡瓦列里原理”，实际应该称为“祖暅原理”。

除了上述的成就以外，还有像《孙子算经》中的“孙子问题”、《张邱建算经》中的“百鸡问题”等，也都是世界著名的算题。如此诸多世界一流的数算成就，使得这一时期中国数学的领先地位更为显著、更为突出了！

二、天文学大师的灵气

卓越的天文学成就

(一) 仪器与星图

承继着两汉的遗风，魏晋南北朝的天文仪器制造呈现出一派兴盛的风光。

前赵的孔挺在公元323年制造了一架浑仪，这架浑仪本身并没有什么新奇处，但它却是第一次在文献中有了具体的结构记录，使得后世的人们能够知道古代的浑仪有些什么基本构件。

这个时期最为著名的浑仪，是北魏永兴四年(公元412年)由晁崇与鲜卑族天文学家斛兰主持制造的铁浑仪。这是古代中国



惟一的一台铁制浑仪，在它十字形的底座上开有十字形的沟槽，灌上水后，就成为了十字水平校正仪，是一个既简单而又很精妙的创新。

这架浑仪一直使用了三百多年，直到唐代才为更先进的浑仪所替代，但它的盛名却留在了天文学史上。

与浑仪相比，这时期浑象显然更为丰富，更为多彩。三国时吴国的陆绩、王蕃、葛衡，南北朝时宋代的钱乐之、梁代的陶宏景等人都造过浑象，尤其是陆绩与葛衡所制作的浑象特别有新奇感。



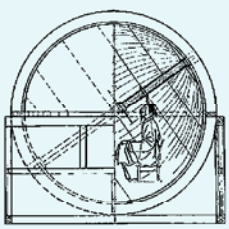
假天仪（模型）

这是宋代假天仪模型。全仪由浑象球和方柜式的台座组成。浑象球的球面上对应星位凿成小孔，人坐在球体内，借用天然光线，便能形象地观看星空。球体中轴置有把手，操纵把手，浑象球就能随意旋转，模拟星空运转。

一般的浑象，主体都是正圆形的球体，而陆绩却根据浑天说宇宙天地“状如鸟卵”的说法，居然破天荒地真的把浑象主体做成了鸟蛋似的椭圆形。

那些曾经说过或信奉“状如鸟卵”的天文家们，在面对眼前这台真的“状如鸟卵”的浑象时，却都如好龙的叶公那样不能接受这么一个不伦不类的“创造”。于是，再也没有人敢步陆绩的后尘了。

其实，天壳根本就不存在，做成鸟卵形与做成正球体又有什么本质的不同呢?更何况是有“状如鸟卵”的说法在先，陆绩只是想做得更逼真一些而已。却不料想这鸟卵形的天壳实在有些难以入眼，一番苦心引来了一片责难声。



假天仪结构示意图

与陆绩的境遇不同，葛衡的创新则博得了无尽的赞美声。

葛衡比陆绩还要别出心裁，他所造的浑象主体是一个空心的大球，球上按天体的位置凿穿成孔窍，人能够进入球体的内部，由里向外看，透入小孔中的亮光就犹如天上闪烁的星光一般，极其逼真，极其形象。

这个构思绝巧的浑象，古人称为“假天仪”，实际上就是现代天象仪的鼻祖，它是古代中华民族高度智慧的又一个灿烂的结晶。

正因为假天仪是那么的别致引人，所以后来各代屡有重制，成为当时天象演示的最重要的仪器。

能有幸亲睹浑象的毕竟只是少数，而且浑象也不利于搬动，于是，智慧横溢的中国天文学家们又发明了星图。

图画性质的天象描绘，早在原始时期就已经产生，但与天文学所用的星图有着质的区别。中国的星图，据说起源于盖天说的演示图——盖图。从盖图演变为星图，大约是在汉代时期。而最终奠定这种圆形盖天式星图的，是三国时期吴国与西晋时的太史令陈卓。

陈卓根据战国时期甘德、石申、巫咸这三家所观测到的恒星，汇总为一幅全天恒星图，共收有283官1464颗星。原图以红、黄、黑三种颜色来表示三家不同的记载，后人似乎感到没有必要区分，也就只用单色标画了。

陈卓所定的这幅三垣二十八宿体系的恒星图，从此成为了古代天文学的基准星图，奠定了古代的星图体系。

（二）发现与突破

这一时期最卓越的天文学成就，是一系列的发现与突破。

1．岁差现象

什么是“岁差”？

岁差是一种很特殊的现象，由于受到日月行星的引力影响，使得地球的自转轴方向始终有着极微小的变化，这就造成了地球上的节气点也在不断地变化，使得地球上人们看到的太阳恒星年长度与回归年长度产生了差别，这就是“岁差”。

岁差现象的发现，经历了相当长的时期。早在西汉末年，刘歆就发现了冬至点有变动，东汉的贾逵把这个发现记录了下来（见《后汉书·律历志》），东汉的刘洪也发现了这一现象，但他们都未能再进一步深究。



一直到东晋时的著名天文学家虞喜，才明确无误地指明了这就是岁差现象，并提出了五十年西移一度的岁差值。虞喜发现岁差现象虽然比古希腊的喜帕恰斯要晚，但他提出的五十年西移一度的岁差值，却比喜帕恰斯所提出的一百年移一度的值更为精确。

2．大气消光现象

您知道初升的太阳为什么不像正午时那么耀眼吗？

东晋时的姜岌向世人揭示了这里面的奥秘，原来是由于大气消光现象在起作用。当太阳初升的时候，由于地球上有“游气”遮挡了部分的日光，所以就不那么炫目。到了正午时，这种“游气”消散，日光完全普照，就极其炫目耀眼。

姜岌的论述，虽然在深度上比不了现代的天文学理论，但在本质上却已经没有什么不同了。

3．天体视运动不均匀性现象

北朝时期有一位很了不起的民间天文学家张子信，他自制了一架浑仪，在一个海岛上专心于天体观测长达三十多年，终于取得了突破性发现，揭示出了天体视运动的不均匀性现象。

张子信先发现了太阳视运动的不均匀性(古人称为“日行盈缩”)，即太阳在春分以后运行得慢，秋分以后运行得快。张子信把太阳在一年内的视运动速度变化详细地列成表，成为我国古代最早的“日躔表”。

继而，张子信又发现了五星运动的不均匀性，也同样一天一天地加以辨明。

天体视运动不均匀性现象的发现，是天文学史上一个划时代的突破，它标志着对天体的研究进入了一个更为精确与深入的新阶段，对后世的历法精进产生了质的影响。

4．交食推算精度的飞跃

日食与月食的推算，是古代历法最主要的内容之一。它的精确与否，往往会决定一部历法的命运。

当日月相交的时候，怎样才会发生交食呢？

东汉的刘洪曾提出了“食限”的概念，也就是说：只有当日、月在这个区域内相交，才会发生交食。

张子信在长期的观测后，更进一步发现：只有当月亮在太阳的北面时，才会在“食限”区域中发生交食，这是因为在观测中有一个“视差”影响。张子信的这一发现，具有极为重要的意义，不仅使交食推算的精确度大有提高，对天体的更精确化观测也大有促进。

（三）历法的精进

魏晋南北朝时期，由于政权迭出，使得历法也特别多，总共大约有二十多部，占了整个古代历法的五分之一左右。在这些历法中，特别杰出的有三国时魏国杨伟编制的景初历、吴国采用东汉刘洪编制的乾象历、南朝刘宋时祖冲之编制的大明历，成就最高的自然要数大明历了。

历法是天文学成就的集中体现。在这一时期的历法中，就集中体现出了这一时期诸多的天文学成就。

如，景初历最先提出了交食亏起方位角与食分的计算方法，这是以往所没有的。

又如，我国在春秋时期形成的十九年七闰的闰周，在此后的近千年中几乎被视为金科玉律，不容丝毫地改动。而北凉赵歐编制的元始历，第一次勇敢地突破了旧的闰周，提出在600年中设221个闰月的新闰周。祖冲之的大明历又提出了每391年中设144个闰月的新闰周，使得闰月的设置更为精密。

大明历的成就当然远不止革新闰周这一点，除此以外，它的成就还有以下几个方面：

首先，大明历第一次将“岁差”发现编入了历法中。虞喜发



现岁差以后，真正注重这一发现的并不多，也有的虽然很重视，却没有在历法中加以引进(如何承天)。祖冲之第一次将它引入了历法中，使得恒星年与回归年从此成为了天文学的基本概念。

其次，大明历第一次提出了“交点月”。

交点月是祖冲之的新发现，它是指月亮从黄道(太阳运行的轨道)与白道(月亮运行的轨道)的一个交点出发，在经过另一个交点后再回到起点所用的时间。

祖冲之还给出了他所测定的交点月长度——27.212223日，这是一个极为精确的数值，与现代精确值相比，只差了近一秒钟，即误差不到二百七十万分之一。

发现交点月，其意义在于能更精确地预测、推算日月交食的时间。实际上大明历预测的日月交食，都得到了有效的印证。

第三，大明历提高了天文常数精确度。

大明历给出的回归年长度是365.2428148日，与现代的精确值相比只相差46秒。

大明历纠正了刘歆所测定的木星运行周期值，定出了84年走$7\frac{1}{12}$周天的新值，大幅度提高了精确度，与现代的精确值基本接近。大明历给出的水星周期值与现代精确值基本吻合，即使是误差最大的火星周期值，也在百分之一日以内。

有着如此先进水平的大明历，遭遇却十分坎坷。当祖冲之把这部历法呈进给宋武帝时，遭到了当时的权臣戴法兴的反对。

面对这位权势熏天的宠幸大臣，祖冲之毫不畏惧，写下了著名的《辨戴法兴难新历》(简称《驳议》)，并且当着宋武帝与满朝文武大臣的面，与戴法兴进行了一场大辩论。这是科学史上一场极其激烈的唇枪舌战，然而又是一场极其畸形的辩论。辩论的双方，一个拥有科学的真理，一个拥有政治的特权。尽管戴法兴讲不出半点科学的道理，尽管祖冲之占尽了上风，大明历仍然得不到施用。

一直到梁武天监九年(公元510年)，在祖冲之的儿子祖暅的

再次荐举下，才启用了大明历，而这时离大明历的诞生已经将近半个世纪了，离祖冲之故世也有整整10年了。

与大明历取得的成就相比，祖冲之不惧权势、坚持真理的精神更是千古流芳，无愧于科学巨匠的高风亮节！

三、《齐民要术》

世界首部农学“百科全书”

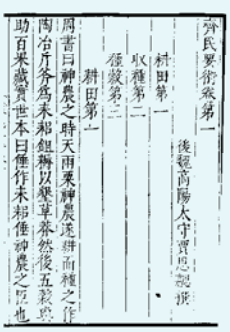
魏晋南北朝连年的战争与离乱大肆破坏、摧残农业生产，在这个时候，涌现出了一部农业科学技术的“百科全书”——《齐民要术》。

《齐民要术》的撰著者是北魏的贾思勰，齐郡益都(今山东寿光南)人，曾做过高阳(今山东青州)太守。

贾思勰学识渊博且忧国忧民，他目睹了长期的分裂、战争、离乱对农业生产的破坏，目睹了国家的兴衰与民众的疾苦，深感发展农业对于强国富民的迫切性与重要性。于是，他奔走于黄河中下游的广阔农业地区，考察各种农业生产情况，总结汇集前人的技术与经验，最终撰著成了这部当时最为宏大的农学“百科全书”——《齐民要术》。

现在我们所能见到的这部著作，征引各种前人的著作达近二百种之多，仅此一点就可见这部著作规模的博大与用心的良苦。

《齐民要术》全书正文7万字，注释4万字，卷首是作者的自序与《杂说》，正文分为10卷92篇：卷一、卷二讲述粮食作物、纤维作物、油料作物的种植，卷三讲述蔬菜的栽培，卷四讲述木本植物、果树的培植，卷五讲述林木与染料作物的种植，


齐民要術卷第一
後魏高陽太守賈思勰撰
耕田第一
收種第二
種穀第三
耕田第一
周書曰神農之時天雨粟神農遂耕而種之作
陶冶斤斧爲未耜鉏耨以墾草莽然後五穀興
助百果蕃實世本曰倕作未耜倕神農之臣也

《齐民要术》书影
这是贾思勰所著的《齐民要术》。

卷六讲述畜牧与渔业生产，卷七至卷九讲述酿造、食品加工与保存、烹调、以及农副手工业技术，卷十讲述一些非我国的物产。

由此可见，这是一部集大成的、总结性的、体系宏大完整的大型农学著作。它的成就，可以概括为以下诸方面：

首先，《齐民要术》使传统的“天时、地宜、人力”农业理论更系统、更完善、更深入。

他指出：“顺天时，量地利，则用力少而成功多”，否则就会“劳而无获”。

他把不同的农作物的播种、操作时间加以分类，分为上、中、下三时；

他又分析了各种土地质量情况，也分为上、中、下三等；

他对人力更强调讲究质量(实际上就是更注重技术)，“宁可少好，不可多恶”。

天时、地宜、人力这一农业体系理论，早在战国时期就已经产生，并起着对整个农业的指导作用。然而，这一理论的真正系统化、完善化，则是到了贾思勰的《齐民要术》才得以完成。通过贾思勰的努力，这一理论比以前更加深入、成熟，它的指导性地位更加稳固、强化。

其次，《齐民要术》对各项具体的农业技术作了全面的总结与新的发展。



贾思勰像

这是北魏时期杰出的农业科学家贾思勰。他在公元533年～544年写成了重要的农业科学著作《齐民要术》，为我国古代农业科学技术的流传和发展作出了重大贡献。《齐民要术》是一部科学技术价值较高的“农业百科全书”，目前已成为国际上研究我国农业发展最重要的文献之一。

＞知识百科＜

《齐民要术》

全书共92篇，分成10卷，其中正文约7万字，注释4万多字，共11万余字。其内容包括各种农作物的栽培，各种经济林木的生产，野生植物的利用，家畜、家禽、鱼、蚕的饲养和疾病防治，以及农副产品的加工、酿造和食品加工等。此书的科学价值很高，其中的许多记载比世界上其他先进地区的相同的农业经验要早三四百年，甚至一千多年。



三国青瓷猪圈

这是在武昌大东门出土的三国时期的青瓷猪圈。猪圈作为随葬品，说明在三国时我国对猪的饲养已相当普遍。

如，对于轮作制技术，书中详细分析了各种作物的特性，指明哪些作物可以轮作，哪些作物不宜轮作。贾思勰对豆类作物在轮作中的作用特别重视，指出豆类作物是极好的前茬作物。同时，对绿肥的作用给予了肯定，并指出“绿豆为上，小豆、胡麻次之”。

又如，在耕地技术上，贾思勰在《耕田》篇中提出，具体的耕作必须与墒情、地势、季节以及各种管理环节相配合，这比强调单纯的深耕远要精深、复杂、进步。对此，贾思勰有许多具体的阐述，把耕地技术讲得非常精细。

此外，对选种、施肥，直至收获等等的全部环节，书中都有详细的论述，对战国以来的农耕技术作了总结和发展。

第三，《齐民要术》强调农业经济必须全面发展。

农业在从原始时期诞生开始，逐渐形成为一个范围广泛的产业，以我国习惯说法，就是“农、林、牧、副、渔”(这其中的“农”单指农作物的种植业)。然而，由于粮食生产具有特殊的重要地位，使得“农”的范围往往被人们误缩得很小，在战乱时期尤其会如此。

《齐民要术》改变了这一状况，除了详细讲述粮食生产以外，同样以大量的篇幅讲述了蔬菜、果木、染料、林木、香料等经济作物的种植与家畜家禽的饲养，以及各种家庭副业的经营等等。

如，对果树林木的栽培，《齐民要术》专列两卷来阐述，重点讲述了移栽、插枝、压条、嫁接等技术。这些技术在当时的运用并不普遍，贾思勰的总结显然有较强的针对性。

除了以上所说的重要成就外，从文献学的角度来看，《齐民要术》也有着特殊的重要功绩。前面已经讲到《齐民要术》征引的群书达到近二百种，其中有名可查考的有150～160种，无名可考的还有数十种。所有这些书中，后世已经有许多失传了，这就使得《齐民要术》的引摘有了保存文献的特殊价值。如，汉代的农学名著《氾胜之书》，原书早已佚失，后人总共才辑得18

条，其中14条就辑自于《齐民要术》。还有些书，历史上甚至连著录也没有，依靠着《齐民要术》的引摘，才使后人能一睹这些著作的些许风采。

像《齐民要术》这样系统完善的农学“百科全书”，世界上其他国家至少要再过三四百年才出现，有的国家甚至直到一千多年以后才出现。这也就是说，《齐民要术》又一次为中华民族争得了极高的荣耀与声誉。

四、炼丹术

神仙殿堂里的化学先驱

化学，是人类最奇幻的科学。

当人类第一次用火，当人类烧制出第一件陶器，当人类第一次冶炼出金属，化学就在这些领域中萌生了起来。

但真正可以被认为能够形成为化学学科的先驱，则是古代的炼丹术。

这似乎有些难以置信，然而却是千真万确的历史事实，而且是世界范围里很普遍的历史事实。

古代中国正是世界炼丹术的发源地，正是在东方的神仙殿堂中，最先演绎、孕育着人类最复杂奥妙的科学内涵。



葛洪像

这是我国古代著名炼丹家葛洪。他在综合前人经验和总结自己几十年炼丹实践的基础上，写成《抱朴子》一书，书中积累了大量物质化学变化的经验知识。他使用过的炼丹原料已达二十多种。他还观察到铁置换铜、铅的氧化还原以及汞和硫化汞的互变等化学反应。

（一）炼丹术的产生与形成

早在战国时期，东临大海的燕、齐地区就产生了一个独特的宗教派别——神仙家。这个派别，以追求长生不死为最高宗旨。而追求的手段，就是所谓的“不死药”。



炼丹引爆图

炼丹活动对火药的发明起着重要的作用。炼丹术所用的原料种类很多，其中有硫磺、雄黄、雌黄、硝石等。三黄与硝石炼制，稍不慎即迅猛燃烧、爆炸。炼丹家发现了这种现象，著书以记并引为警戒。东汉魏伯阳的《周易参同契》中就已有所记述。

早期的不死药，多为金、玉、丹砂等。除黄金外，玉和丹砂都是天然的。但黄金既然是炼制出来的，玉和丹砂能否再炼化呢？

炼化的结果表明：玉石无法再炼化，而丹砂则大有奥妙。橘红色的丹砂(硫化汞)，经过炼制能还原为银白色的汞。古人以为这也是金，于是就有了“化丹砂为黄金”的说法，而这就是最早的炼丹术。

神仙家在西汉时期发展成了方仙道，炼丹的风气更盛旺流行，连汉武帝也亲自祭灶开炉，汉宣帝尽力“复兴神仙方术之事”，炼丹成为一时的风尚。

到东汉的顺帝与桓帝(公元126—167)时，产生了第一部炼丹术的著作——《周易参同契》。这部书的作者是魏伯阳，全书共约六千字，是一部以炼丹理论为主的著作。

这部著作的诞生，标志着炼丹术从此正式形成了！

东汉末年，方仙道又演变成为了我国本土的宗教团体——道教，这对于炼丹术的发展有着巨大的推动作用。

到了东晋时期，出了一位道教的著名人物——葛洪，他是一位著名的医学家与炼丹家，他的《抱朴子·内篇》中有《金丹》、《仙药》、《黄白》三卷，专门记载炼丹术。特别是《金丹》卷，讲述的是矿物炼丹技术，所涉及的药物有水银、硫磺、雄黄、雌黄、矾石、戎盐、曾青、铅丹、丹砂、云母等，可知这时的药物已经比早期增加了许多。



制取水银的蒸馏器图

这是南宋时《丹房须知》一书中所载的制取水银的蒸馏器图。下部为加热炉，上部是盛药物的密闭容器，旁边有一管道，可使水银蒸气流入旁边的冷凝罐中。这种蒸馏器已相当完备，它是我国古代炼丹家进行化学实验的一种设备。

南朝梁代的陶弘景是又一位炼丹家与医学家，影响极大。只是他的著述大多已经失传，他关于炼丹的论述后人几乎没见到。

葛洪与陶弘景只是当时炼丹术的代表人物，而更重要的是晋代与南北朝正是炼丹术开始进入高潮的时期。



（二）炼丹术与化学

古代的炼丹术，依方法的不同，分为两个大类：一类是通过加热使固态物质发生反应，称为火法；另一类是通过溶解固态物质再发生反应，称为水法。这两种方法，也是现代化学反应最基本的形态。

当时所炼的丹药，主要有哪一些呢？

1．大还丹(又称神丹、大丹、九转丹、九鼎丹等)。

还丹，是指以人工的方法还复汞为丹砂。但当时的还丹，有可能是单纯的丹砂(HgS)，也可能是铅丹(Pb_3O_4)或汞丹(HgO)，还可能是各种丹药的混合物。

2．五灵丹(又称五石丹、五石散、寒食散等)。

五灵丹是以丹砂、磁石、曾青、雄黄、矾石(一说为礬石)五种原料炼制而成，成份较杂，但由于雄黄(As_2S_2)与舆石(FeAsS)中都含有砷(As)，砷化物都有剧毒，服用五灵丹的人有可能出现中毒状况甚至死亡。

3．白灵丹(又称粉霜、水银霜、霜雪、白雪等)。

白灵丹是汞的氯化物粉状结晶体，主要成份为氯化亚汞(Hg_2Cl_2，俗称甘汞)和氯化高汞(HgCl，俗称升汞)，其他的神仙水银霜、五色粉霜、水云银、流丹白雪等丹药成份也主要是这些。

白灵丹是以水银、食盐为主要原料，再加一些氧化剂和催化剂炼制而成的。

其他还有如铅粉(胡粉 P_bS)、铅霜(玄白、玄霜 P_bCO_3)、黄丹(P_bO)等。

在这些丹药的炼制中，化学制造的设备与技术也同时形成、成熟起来。

如汞的提炼，是以丹砂经低温焙烧后制取水银，但这个方法的效率较低，而且容易中毒，于是就有蒸馏法产生了出来。蒸馏法，具体又有“上火下凝法”与“下火上抽法”的不同技术，使得生产水平得以不断地提高。

又如，黄金的溶解，这在古代时期要做到是一件极不容易的事。现代化学技术下的黄金溶解，有四种方法，我国古代的炼丹家们已经掌握了其中的两种：一是溶于水银，生成金汞齐；二是溶于碱金属氰化物的稀溶液中，生成二氰金酸根络离子[$Au(CN)_2^-$]。这两种方法，在东晋至南北朝时期就已经被人掌握了，反映出当时化学水平的高超。

在炼丹中，古人汇集起了一些专用的名词，仅这些名词也可以看到当时所掌握的化学技术。如：

飞升　飞升也就是现代化学所说的“升华”，在容器下部微微加热，药物会挥发而在盖部凝结。水银的提炼，用的就是这个技法。

水飞　是将矿物药在水中研磨极细的粉末，再沉淀后倒去清水，晒干成粉。这个技法既可以去除矿石药物中的某些可溶性物质，也可以不使粉尘在空气中飞扬。

抽法　是将药物放在蒸馏器中加热，药物气化后经导气管进入冷凝器凝结为液体的“精华”。水银的提炼，大多采用这个方法。

伏火　对某些药性过于猛烈的药物，炼丹家们采用先加热片刻或短暂燃烧(起火即停)的方法，以使药性消弱柔化，这就是伏火。火药，就是伏火处理中所产生的新成果。

点　所谓“点”，就是指加入药物的量要精细地加以控制，就像画龙点睛一般。这一般用在不要过剩的反应中，如，在铜的溶液中“点”入少量的砷，制成砷化铜。

转　这是指一些可逆双向性反应的连续往复进行，以使药物纯而更纯，古人称之为“脱胎换骨”。如，在大还丹的制取中，就大多采用此法。

养　大多是用谷糠为燃料，在容器外作无火焰燃烧以长时间微加热，使容器中的药物不过于激烈地反应。

煅　煅与养正相反，是用猛火煅烧而使容器里的药物进行激烈的快速反应。



关　“关”就是关闭，是将药物混合后放置起来(或埋入地下)，让反应自动进行。如，用碱金属氰化物稀溶液溶解黄金就采用这个方法。

淋　是用水淋洗药物，把溶液与残渣分开，再将溶液蒸发干以制取结晶。

其他还有一些，这里不再一一列举。

仅举这样一些技法，就可以看到许多现代化学的踪影。

（三）炼丹术的西传

正当中国的炼丹术如火如荼一派兴旺的时候，西方世界又是什么样的景象呢?

这时的西方，只有炼金术而没有炼丹术。

西方的炼金术起源于古希腊的亚历山大城，是他们独立发明的还是从中国学到的，现在还不是很清楚，但没有炼丹术则是无疑的。

西方后来流行的炼丹术是从中国传入的，这是可以肯定无疑的。

中国的炼丹术先传到了阿拉伯，然后再传到了欧洲。

在公元 8 世纪的阿拉伯一些著作中，开始出现有关炼丹术的内容，这表明：至迟在公元8 世纪时，炼丹术已经传到了阿拉伯。而向西传的开始，肯定还要早很多，也就是说，很可能在魏晋南北朝时已经开始了这种西传，只是悄然无迹而已。

公元1187年，意大利人克瑞蒙纳基拉尔用拉丁文翻译了阿拉伯人拉茨的《秘书》，炼丹术正式传到了欧洲。在炼丹术的基础上，终于产生了近现代的化学科学。

因此，可以毫不过分地说：中国的炼丹术是近现代化学科学的先驱，正是中华民族的智慧与胆识创造出了这个先驱。

这是中华民族对世界科学的又一个重大的贡献!

五、“制图六体”与《水经注》

地理学双璧辉映

魏晋南北朝时期的地理学成就，以裴秀的“制图六体”理论与郦道元的《水经注》一书最为耀眼夺目，成为这时期地理学成就的标范。

（一）裴秀与“制图六体”

裴秀(223—271)，字季彦，河东闻喜(今山西闻喜县)人。裴秀出生在一个官宦世家，自幼受到良好的教育，加之他自己的聪颖好学，少年时期已经颇有才名。

成年后的裴秀，袭任父亲的爵位，踏入官场，担任过尚书、尚书仆射、廷尉正、尚书令、司空等职位。

他在担任司空(相当于宰相)一职后，除了负责一般政务外，还掌管国家的地图与户籍。博识好学的裴秀，对这些地图十分地关注，在政务之外花了极大的精力去浏览、体察这些地图。

然而，初步的浏览、体察，使裴秀十分不满。由于战争与动乱的破坏，秦以前的地图都已经见不到了，所能见到的，“惟有汉氏舆地及括地诸杂图”，而且这些地图大多十分简单粗陋，有些甚至是“荒外迂诞之言，不合事实，于义无取”。

古代中国的地理学，历来都以《禹贡》的记载为纲，但到西晋时期，地理状况已经有了很多的变异。而一些学者失于考察，牵强附会，乱作解说，造成了新的混乱。

面对如此混乱的状况，裴秀决意亲自动手，重新制作新图。

裴秀对《禹贡》的记载作了详细地考订，从九州的范域到具体的山脉、河流、湖泊、沼泽、平原、高原，都一一考察落

实。同时，他又结合当时的实际情况，探明了历代的地理沿革，连古代时期的诸侯结盟地与水陆交通也一一摸清。对于自己暂时确定不了的，就“随事注列”，决不敷衍了事。

最后，裴秀终于制成了著名的《禹贡地域图》18篇，成为历史上最早的地图集。这些地图，都是一丈见方，按“一分为十里，一寸为百里”的比例(即1∶1800000)绘制而成。无疑，这是当时最完备、最精详的地图。

然而，裴秀绘制的这套地图集后来又失传了，现在我们能见到的，只有他为这套地图集所撰写的序言(见《晋书·裴秀传》)。在这篇序言中，保存了他的“制图六体”理论。

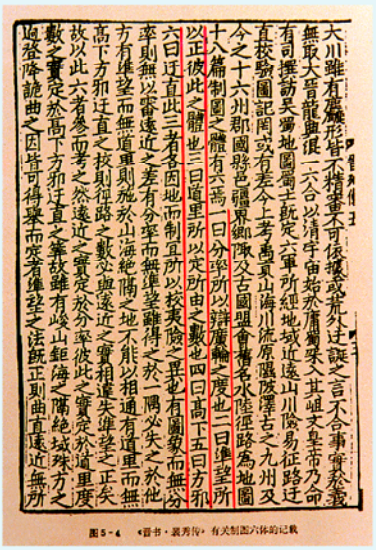


图5-4 《晋书·裴秀传》有关制图六体的记载

《晋书·裴秀传》书影

这是《晋书·裴秀传》有关“制图六体”的记载。裴秀明确提出编制地图的六条原则，那就是分率、准望、道里、高下、方邪和迂直。这些制图原则是绘制平面地图的基本科学理论，它一直影响到清代以前我国传统的地理制图学。

“制图六体”理论，是裴秀对前人制图经验的总结，也是他个人心得的记录。

“制图六体”，是指地图绘制的六条基本法则，即：分率、准望、道里、高下、方邪、迂直。

分率，就是现代所说的比例，这是地图绘制的第一要素，否则整个一幅地图就毫无准确性可言。

准望，是指方位关系，无论是什么地理物体，在地图上都必须忠实于实际的地理方位。

道里，是指任何物体间的距离都必须标示准确。

高下、方邪、迂直是指各种复杂的立体地形必须准确地表示出非直线之间的距离，如在山上的物体，如曲折的道路等，要准确地表示它们投影在平面上的距离，在古代时期是很不容易做到的，因为在当时还没有投影几何学。我国古代解决这个难题，是用了传统数学的“重差术”。

裴秀所总结的“制图六体”理论，在古代中国有着极为深远的意义。可以说，一直到明代末年传教士将西方近代地图传入我国以前，这个理论始终是古代地图绘制的指导性法则。

（二）郦道元与《水经注》

郦道元(466或472—527)，范阳涿鹿(今河北涿县)人。郦道元出生于官宦世家，从小受到良好的教育，使他很早就打下了扎实的学术功底。

成年后的郦道元，继承祖业而走入了官场。他为官十分严厉，“执法清刻”，“素有严猛之称”，所以从地方盗贼强豪到朝廷皇族大臣，对他都十分恼恨。结果，最终遭到暗算，他和弟弟及两个儿子都死于非命。

从少年时期起，郦道元就曾跟随父亲到山东去游历过。做官以后，又陆续到过河南、山东、山西、河北、安徽、江苏、内蒙等地。每到一地，遍历名胜古迹，考察水道流向，验证文献记载，他的地理学知识很快地丰富了起来。

三国时期，有一位桑钦写了《水经》一书，记述当时主要的137条水道，全书一万多字，记载极为简略。郦道元感到这部著作涉及的地域辽阔，可以补充的余地极大，所以在诸多的地理学著作中选择了这部本来很不起眼的书来下功夫。

为了写好这部书的注释，一方面，郦道元查阅了大量的文献，后来在书中直接引用的就达437种之多；另一方面，他又亲自进行实地调查，请教当地的老百姓，积累起第一手资料。

最终，郦道元在一万多字的原著基础上，写成了一部共有40卷、30万字的鸿篇巨著，所记载的河流达到了1252条。因此，书名虽为“注”，但实际上是重新创作。

在我国地理学史上，《水经注》是一部极为重要、极有价值的地理学要籍，在许多方面有着独特的风格与价值。

在写作体例上，它与《禹贡》及《汉书·地理志》这样历来被奉为圭臬的著作不同，以水道为纲来展开。虽然这并不是郦道元的首创，但这种体例的确立，却是完全应该归功于本书。

从地域范围来看，当时正处南北分裂状态，但身处北地的郦道元并不偏于一隅，而是尽量顾及全国，甚至把视角延伸到



了其他国家。全书涉及的范围北面到达今天的蒙古境内，东北到今天的朝鲜埧水(大同江)，西南面到达扶南(今越南与柬埔寨)、新头河(今印度的印度河)，西面到达安息(今伊朗)、西海(今咸海)。这样广阔的范围，可以说在古代中国是绝少再有能够相与匹敌的。

从具体内容上看，全书是以水道为纲，对每条水系的发源地、流经地域、支系叉道、变迁情况、特别是北方的水系等等，都有详细的记载。全书是古代水文地理的绝代宝库，直至今天以至未来，也仍然有着相当的借鉴作用。

除了水文地理以外，全书对沙漠、山脉、丘陵、火山、温泉、喀斯特地貌、溶洞、峡谷等等自然地理情况，也有丰富的记载，其内容显得格外的生动、细致，显示出是作者亲临观察之所得。

此外，书中对于水利工程与农田水利的记载也相当丰富。在记述各条干支河流的同时，记载了有关的陂、塘、堤、堰与运河、渠道等兴废变化与开凿状况。

本书沿袭了其他历史地理著作的遗风，对流域附近的经济、风俗、文化同样有详细而丰富的记载，读来犹如游记一般，一扫某些纯学术性著作的干涩、枯燥之风。

本书也有不足之处，但这主要是由于当时南北分裂与郦道元个人精力所限而造成的。瑕不掩瑜，毫不损害它在古代中国地理学史上的崇高地位。

＞知识百科＜

由《水经注》到郦学

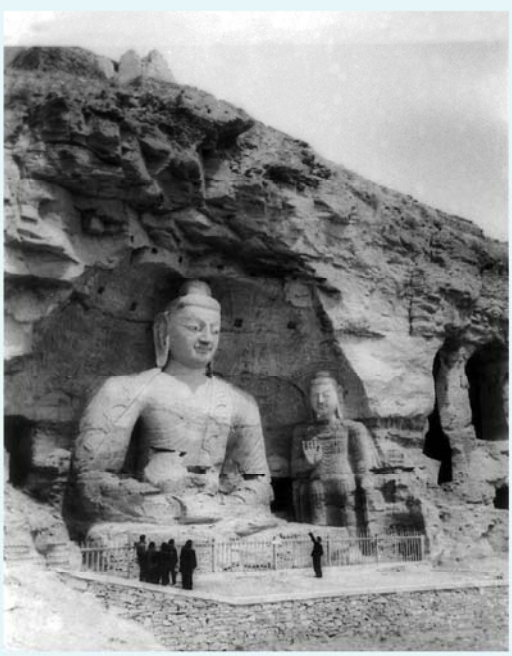
在《水经注》问世以后，引起了后世许多学者的关注，深入研究者有之，仿而继踵者有之。特别是对它的研究尤为热烈，许多著名的学者如全祖望、赵一清、戴震、王先谦、杨守敬都在对《水经注》的研究中取得了重要的成果，形成了一门蔚为可观的专门学问——“郦学”，成为古代地理学的一个重要分支。

不仅在中国，就是在世界范围，《水经注》也有着极高的地位。西方像《水经注》这样系统、完备的水文地理著作，并能与之相媲美的，直到16世纪才出现，比《水经注》足足晚了一千多年。

六、能工巧匠争奇斗艳

古代机械制造的辉煌

魏晋南北朝时期的手工业，是又一个“乱世出英豪”的领域。这时期在冶铁业创造出了灌钢法，在陶瓷业青、白两个体系的瓷器更为成熟，在纺织业织锦与刺绣发展迅速，在建筑业出现了前所未有的佛教建筑——寺院、寺塔与石窟(特别是石窟，更是宗教建筑与艺术的成功结合，其数量与艺术质量都远远超过了佛教的故乡印度)。



洛阳龙门石窟
这是著名的洛阳龙门石窟，是北魏迁都洛阳后开始开凿的，工程延续了四百多年。现存石窟1352个，佛像97000多尊。这些佛像表情生动，雕刻刀法圆纯精致，背景还常以庙宇、楼阁等浮雕作为陪衬。它们不但是难得的艺术珍品，也为建筑史研究提供了宝贵的资料。

然而，这个时期最为耀眼的景观，却是出现在机械制造业。一时间里，能工巧匠竞相涌现，奇思异想争相斗艳，成为当时最为灿烂的一道风景线，也成为古代中国机械制造史上最为辉煌的一个时期。

(一) 天下名巧——马钧

您还记得我们为您介绍的上古时期的发明大王“垂”吗？



马钧就是继垂之后的又一位绝代名匠、机械大师。

马钧，字德衡，三国时期魏国扶风(今陕西兴平)人。

幼年时期的马钧，恐怕很少有人会夸他聪明的，因为他从小就口吃。出身贫寒的家庭，居住在穷乡僻壤，使他没有机会接受很正规、很系统的教育。

然而，这位沉默寡言、毫不引人注目的马钧，却有着善于动脑、勤于动手的优秀品质，加之他长期生长生活在民众中，使他有机会接触到实际的机械用品，这为他日后进行技术革新与创造打下了基础。

马钧生活的时代，正是曹操统一北方以后，倡导屯田，奖励农耕，兴修水利，发展生产，以图统一全国的时期，这为马钧的机械改革与制造提供了较好的客观条件。

马钧最先改革的，是丝织所用的织绫机。

当时所用的织绫机，是西汉陈宝光的妻子创制的一种提花织机，大约60天能织一匹散花绫。一匹散花绫的价值，在当时能卖到“万钱”，可见这部织机还是较为先进的。

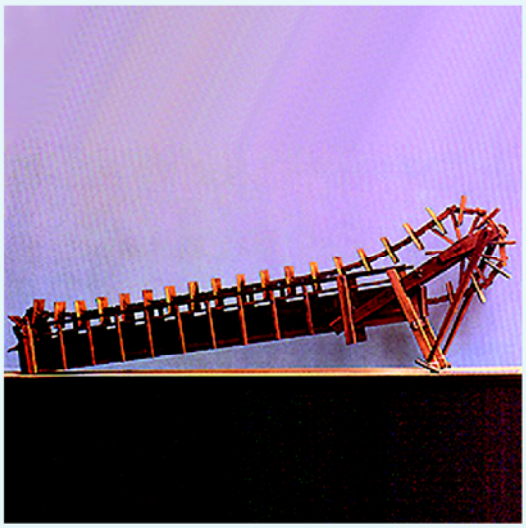
但马钧对这部织机的工作效率与操作的复杂费力仍不满意，他仔细研究了这部织机后，反复进行改进，最后取得了成功。

原来的织机是“五十综者五十蹑”或“六十综者六十蹑”，马钧把它们都改成为十二蹑，这样不仅大大节省了劳动力，而且提高了生产效率(效率一下子提高了几倍)，并且织出的图案有了更多的变化，质量也有明显的提高。

在初试一举成功以后，马钧信心大增，开始了新的进军。

当时农村的提水灌溉工具，主要是桔槔与辘轳。但这两种工具的效率都较低，一般的生活生产用水还能应付，一旦大量的灌溉乃至抗旱所用就明显不行了。

马钧在研究了所有的灌溉工具之后，感到都无法使它们大幅度地提高工作效率，于是决定创制一种新的高效率的提水灌溉机械。这次，他又取得了成功，创造出了一种崭新的灌溉机械——翻车。



龙骨水车模型
这是复原的龙骨水车模型。

翻车，就是俗名所说的水车，又称龙骨水车、踏车水龙、水蜈蚣等。马钧当时所发明的翻车，由于没有具体的记载流传下来，所以具体的构造今天不得而知了。后来元代王祯的《农书》等对翻车开始作具体的记载，人们才了解了它的具体结构。这种翻车在我国农村一直使用到当代，也没有什么大的改变，可以推想马钧所创制的翻车也应该不会有什么大的不同。

这种翻车大体可以分为两个大的部分：一部分是树立在河岸边上的门架，中间横有扶杆，下部横设转轴，轴的中心有齿轮，齿轮两侧装有踏板。另一部分是木制的长槽，槽中间是回形的龙骨(木链条)串板。长槽一头放入河水中，一头靠在岸上。龙骨串板一头绕在横轴的齿轮上，一头绕在水中的长槽头上。这样，人一踩动踏板，横轴就带动龙骨串板运动起来，将河水连续不断地提升到岸上来。

这种看似有些土气的翻车，在当时却是世界上最先进的提水灌溉工具。后来又出现了畜力翻车与风力翻车、水力翻车，并一直使用到当代才为抽水机所替代，足见马钧这项发明所具有的实用价值与漫长的生命力。

＞知识百科＜

翻车

翻车，俗名称水车，又称龙骨水车，踏车水龙，水蜈蚣等，是一种灌溉工具，最早由东汉灵帝时的毕岚发明，三国时马钧予以完善和推广。它由手柄、曲轴、齿轮链板等部件组成。最先以人力为动力，后扩展到利用畜力、水力和风力。它制作简便，提水效率高，一直使用到现在。

指南车，相传是我国西汉时期发明的机械定向车。据称不管车辆怎么行走，车上站立着的一个木人，它的手臂总是指向南方。

但这种指南车后来失传了，到了马钧的时代，只有一些传说而已。于是，相信的人也有，怀疑的人也有。

魏明帝时，马钧已经在朝廷中担任了给事中的官员。事有凑巧，一天，马钧与一些官员正好谈起指南车的问题。当时的散骑常侍高堂隆和骁骑将军秦朗都不相信古代真有什么指南车，马钧则表示不能这么说。于是，高、秦两人对马钧进行了一番人身攻击，说他连说话的轻重都分不清，还谈什么制造。马钧对此侮辱并不屈服，当即表示要重制指南车。结果，魏明帝也知道了这件事，就正式下令马钧重新造车。

马钧在没有什么重要资料可借鉴参考的情况下，经过刻苦的钻研与工匠们的群策群力，终于复制成了久已失传的指南车。这一下，整个天下都“服其巧矣”，高、秦两人也同样只能折服。

但当时对指南车真正重视的人并不多，所以这台车子不久又失传了，而且又一次没有将具体的结构记录下来。

在马钧之后，复制指南车的人不少，如祖冲之等人，他们都取得了成功，但却一次又一次地没有将具体的结构记录下来。一直到宋代的燕肃和吴德仁复制成功后，才在《宋史》中对它的结构有了记载。但这是否与以前的结构都一样，就不能肯定了。50年代，中国历史博物馆也曾复制成功了指南车，可以给现代的人们以更直观、更形象的了解。

就在指南车复制成功以后不久，有人向朝廷进献了一种“百戏”木偶，魏明帝十分喜欢，但又可惜这些木偶不会动，于是下令马钧把它们改成会动的。

马钧做了一个大的木轮，这个木轮水平放置，用水力推动，



指南车（模型）
这是三国时马钧创制的指南车（模型）。它利用齿轮传动系统和离合装置来指示方向。在特定条件下，车子转向时木人手臂仍保持指南。



独轮车（模型）
这是汉代时制造的独轮车（模型）。它由一人推动，虽然稳定性差，但对道路条件要求低，适合在半山区和农村田间使用。

轮上的木偶也就各有特点地动起来，或击乐器，或歌舞，或表演杂技，或舂米磨面，或斗鸡杂耍，多姿多彩，博得了魏明帝的更大欢心。

马钧还设计过一种新的攻城武器——转轮式连续抛石机，并计划改进诸葛亮创制的连弩机，然而当权者对此不感兴趣，于是也都不了了之，以致马钧的好友、著名文学家傅玄为之感叹、惋惜不已！

然而，为民族作出了卓越贡献的人们，整个民族决不会忘记他们，马钧的英名也将为中华民族所永远传颂。

（二）车船兵器的革新

凡是看过《三国演义》的人，有谁不知道“木牛流马”呢？它是那么的神奇，又怎么不会给人们留下深刻的印象呢？

但小说毕竟只是小说，艺术不能等同于史实。

正史是怎么记载的呢？

根据《三国志·蒲元别传》的记载，木牛实际是由蒲元发明的。

这位蒲元，是一位有着高深技能的人物。相传他在斜谷为诸葛亮铸刀三千把时，说汉水的水质太弱，不适宜淬火，要手下的人到成都去取蜀江的水。但取来以后，蒲元一看就说这是杂水，手下的人坚持说不杂。蒲元用刀一划水，就说这水渗入了八升其他的水。这时，手下的人才为之折服，说出了实情。原来，手下的人在涪津倒翻了一些，就用涪水八升补足。

《三国志·蒲元别传》关于他发明的“木牛”，记载得十分简短平实，毫无神奇色彩——“廉仰双辕，人行六尺，牛（即木牛）行四步，人载一岁之粮也。”

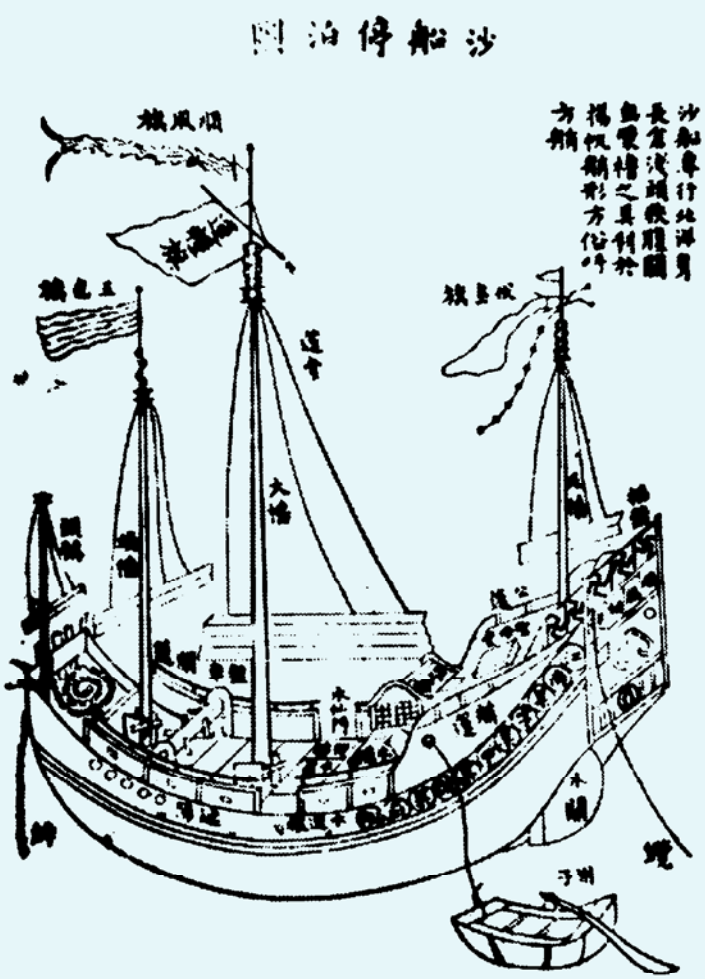
现代人们所关心的是这木牛究竟是什么样的运输工具。从

宋代起，就有许多的推测说法，到现代仍是一个千古难题。

现今大多的学者，都认为“木牛”只是一种独轮车。因为古代时期的车辆原来都是两轮的，在崎岖的山路小道上行走极不便利，而独轮车却能显示出独特的优越性。至于这车的外形是“牛”还是“马”，则是次要的。

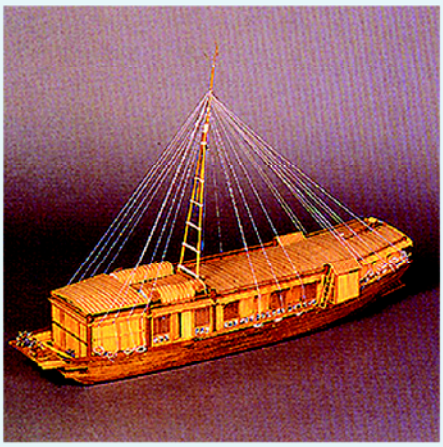
当然，这也只是大多人的看法，是否绝对正确，仍然还在讨论中。人们正在努力，为解决这个千年难题而努力着！

赤壁大战的熊熊烈火，曾燃定了三国鼎立的历史格局。在这场大战中，“南人善水”的俗话获得了又一个有力的证明。所



中国沙船

这是中国沙船。中国是世界上造船历史最悠久的国家之一。在历史上，中国木船船型丰富多彩，估计有千种左右，沙船是其中最著名的船型之一。沙船在性能方面有不少优点，如底平，吃水浅，几乎不受潮水影响，又不怕搁浅，比较安全，在快航性、稳定性、适航性和耐浪性方面都很良好，这些都是我国古代船舶技术高度发展的标志。



汴河客船(模型)
这是汴河客船(模型)。船为平首平尾平底。船弦由板材衔接，以铁钉加固。船中部立人字型纤杆，供人力拉纤用，可以随意放倒或竖起。船首甲板设木绞车，是操锚的处所。船尾安装平衡舵以控制航向。

谓“善水”，自然也包括“善船”在内。

当时的孙吴王朝，拥有战船五千多艘，能够上达辽东，下通南海，最大的船舰有五层之高，一次载人达三千以上。

后来晋人计划灭吴，但苦于没有大船，就只好将许多小船拼成一艘大船，“方百二十步，受二千人”，称为“连舫”。

到东晋时期，建康地区在一次大风灾害中，遭到毁坏的船只有一万艘左右。

所有这些，都表明了当时造船业的发达与造船技术的高超。

到了南朝的刘宋王朝，著名的科学大师祖冲之曾制造出一种名为“千里船”的船只。据记载，船只造好以后，曾在新亭江(今江苏江宁南)进行过试航，结果一天能走一百多里，这样的速度在当时简直难以想象。

“千里船”怎么会拥有如此快的速度呢？

人们在文献中没有记载它的结构奥秘，后世大多的人认为，“千里船”极可能是一种装有人力轮桨的“车船”。

在文献中有明确记载的“车船”，出现在《旧唐书·李皋传》中。

李皋是唐太宗的裔孙，虽然为当时名将，但也很有创意，善为欹器。他所造的战船，“挟二轮蹈之”，显然就是“车船”。这时，离祖冲之只有一百多年，因此祖冲之的“千里船”为“车船”的可能性是完全存在的。

在南梁的侯景军中，还出现过有160桨的超高速快船乌了，可以称为一船桨数之最了。

此外，这时期连绵不绝的战争，也使得兵器制造的技术得以长足的发展。

在小兵器方面，由于冶铁炼钢技术的提高，刀剑等冷兵器的强度与锐利大为提高。而技术进展最大的，则是弩机。



弩机至晚在战国时期已经出现，而且很快就普及化了。三国时期，诸葛亮对弩机中的连弩进行了改进，“以铁为矢”，“一弩十矢俱发”，使得弩机的威力大增。这种弩机传到魏国以后，马钧说还可以改进，只是未能得到支持而作罢。

除了连弩外，晋代还出现了大型的弩机——万钧神弩，这种强弩的穿透力特别强，杀伤力特别大。

在大型的攻守器械方面，火车、发石车、钩车、虾蟆车等在军队中普遍而大量地使用，使得战争变得格外地激烈。

南梁的侯景，在制造攻城器械方面特别有造诣。他曾造出了“百尺楼车”、飞楼、撞车、登城车、钩堞车、阶道车、火车等等，使得整个军队的进攻能力有了极大的提高。

兵器是一类特殊的器械，人类的智慧在这里换来的，究竟是灾难的扩大还是和平的尽快到来，谁也无法说清楚。尽管人类总在渴望彻底消灭战争这一天的到来，然而只要战争还没有彻底消灭，人们不得不不断地充实自己的武器库。

这是困惑着人类的一个莫大的千古难题！

百工竞技

阅读中国·科技史卷

【第四章】

盛世演盛况

（隋唐五代时期）

秦汉是中国封建社会最早的一统帝国时期，地主阶级正初露锋芒，整个社会处在蓬勃向上的发展阶段。而隋唐已是封建社会发展到鼎盛阶段的时期，一切都处在兴旺盛世之中。大汉与大唐，同样的盛世，却有着不同的内涵与性质。

大唐达到繁荣与兴盛的程度，是两汉所远远不能比拟的。大唐可以说是中国封建社会鼎盛的象征，也是整个古代中国鼎盛时期的象征。

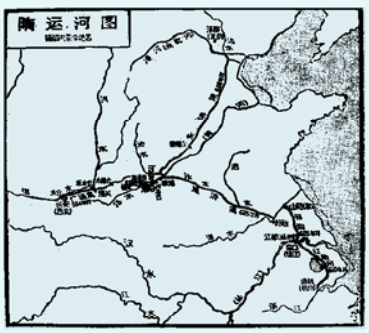
盛世时期的科学技术，同样也是一派盛况。这种盛况，可以说是空前地充盈在每一个领域，呈现为全面的兴盛。

与上一个时期相比，盛唐时期的科学技术发明创造相对少了一些，而把前代发明创造应用于生产与生活达到空前的程度，是这一时期的最大特点。



一、粮满天下仓

实实在在的农业



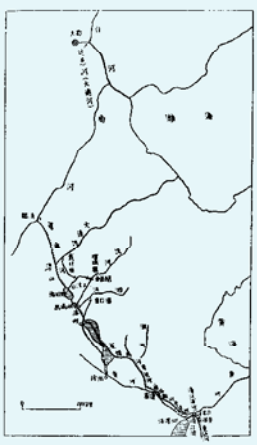
隋代大运河图

这是隋代大运河图。大运河建于隋炀帝时，主要用于运粮食，是我国历代南粮北调的主要通途。大运河工程浩大，动用数百万民工，全长四五千里，沟通了海河、黄河、淮河、长江和钱塘江五大水系，是世界水利史上最伟大的工程之一。从设计、施工到管理，要涉及测量、计算、机械、流体力学等多方面的科学知识，它的完成和通航反映了我国古代劳动人民的聪明才智和创造精神。

在历经了三百多年的战争与离乱之后，一统天下的隋、唐王朝都不约而同地把恢复、发展农业生产放在了头等重要的地位。

在国家政策上，隋唐二代都努力推行新的土地政策，减轻赋税徭役，让天下苍生得以休生养息。两朝政府还都把农业与人口的增长作为官吏的考核标准，达不到指标就要受到处罚。

安定的政局，有利的政策，使得隋唐时期的农业生产得以迅速地恢复、发展。隋朝初年，很快就“库藏皆满”，大唐盛世时，粮食更是多得“陈腐不可校量”。



明清时代的运河图

这是元、明、清时代的运河图。由于元、明、清三代都定都北京，因此运河自元代开始裁弯取直在山东境内开凿了运河东线。但这段地势较高，不易通航。后来采用了汶上老船工白英的建议，采取了筑坝、开河、导泉、挖湖及建闸等方法，提高了水位，增加了水量，才很好地解决了南北大运河的通航问题。

20世纪70年代初，洛阳隋唐二代的著名府仓——含嘉仓被发掘了出来，共有大大小小的窖库259个，每个窖库都可以藏粮数十万斤，全仓的藏粮之巨也就可想而知了。而当时这样的国家巨型粮仓还有多处，再加上地方政府的粮仓，可知天下的藏粮确实够富足的了！在唐朝建立二十多年后，隋朝的库存粮还没有用尽，足以让人知晓当时粮食生产的丰足程度。

这时期农业的发展，从科学技术角度来看，首先是得益于农田水利的发展。

从三国到南北朝的三百多年中，农田水利建设基本上处于停顿的状态，因此，隋唐二代对水利事业就格外地下功夫。而且，与以前水利建设主要在北方地区开展不同的是，隋唐时期的水利建设遍布全国。

造成这种态势的原因，是由于从东汉末年开始，北方地区的人口出现了大量南移的趋势，南方的农田开发与农业生产得以迅速地发展。因此，水利建设在南方地区也有着迫切的需要。

隋代最大的水利工程，就是著名的大运河。

隋文帝时期，在前代的基础上，政府先开通了广通渠，修复了山阳渎。隋炀帝即位后，又开凿了通济渠，疏通了菏荡渠、邗沟，再凿通了永济渠。最终，修筑成了著名的大运河。

这条大运河全长4000～5000里(隋朝大运河长于元代至今的大运河)，是世界上最长的运河，它是世界水利史上的一大奇迹。

这条大运河将原先东西横流的海河、黄河、淮河、长江、钱塘江五大水系一线贯通，其经济意义极其巨大，对于隋唐时期的经济发展与文化交流有着极大的作用，极大地促进了农业生产的发展。

唐代没有特别重大的水利工程，但中小型的工程面广量大，有二三百起之多，且在南北方地区全面展开。



现代大运河风光

这是现代大运河风光。它北起北京，南到杭州，全长1794公里，是世界上开凿最早、规模最大、里程最长的航行运河。只要比较一下世界著名的另外两条运河，如苏伊士运河只有173公里长，巴拿马运河只有81.6公里，就可以知道我国的大运河是何等宏伟了。

＞知识百科＜

铁犁

铁犁最早出现在中国的战国时期。河北易县燕下都遗址和河南辉县都出土过战国时期的铁犁铧。铁犁铧的发明是一个了不起的成就，它标志着人类社会发展的新时期，也标志着人类改造自然的斗争进入一个新的阶段。汉代的农具铁犁已有犁壁，能起翻土和碎土的作用。当铁犁在17世纪传入荷兰以后，引发了欧洲的农业革命。

南方农业的兴起与水利的发展，使水田生产和技术得以迅速地提高。

首先，在这时发明了能在水田中灵活施用的犁具——江东犁。在唐代陆龟蒙的《耒耜经》一书中，详细地记载了这种犁具：它由11个部件构成，它的操作与工作效率极佳。江东犁的产生，是我国铁制犁具全面成熟的重要标志。

除犁以外，还发明了铁合、爬(耙)、砺砰等小型手工农具，为精耕细作创造了更为有效的条件。

至此，南方的农田整理技术基本上系统化了。到宋代又发明了耖的技术后，就更加完善、更加成熟。

南方农业的发展，对于唐代整个国家的繁荣具有越来越重要的作用。特别是安史之乱以后，北方的农业又一次遭到损害，这时全凭着南方的粮食生产，才使得大唐王朝没有就此一蹶不振。

在唐代的农业生产中，有一个分支开始异军突起，这就是茶的生产。

茶是古代中国人民培育的传统饮料，是与咖啡、可可并列的世界三大天然饮料之一。早在3000～4000年前，古代中国就有了种茶的历史记载。



陆羽像

陆羽(733—804)，字鸿渐，唐复州竟陵(今湖北天门)人。所著《茶经》，是世界上第一部茶叶专著，对唐代以前有关茶叶的科学知识和实践经验作了系统的总结，对中国茶业和世界茶业的发展作出了卓越的贡献。死后被誉为“茶仙”，奉为“茶圣”，祀为“茶神”。

但在唐代以前，茶在整个农业经济中几乎没有什么地位，似乎处于可有可无的地位，饮茶只是少数人的事。但这种情况在唐代开始发生了变化。

饮茶在唐代不仅数量上有了很大的增长，而且开始形成为一种独特的文化现象——茶文化，它的标志就是陆羽的《茶经》一书。

《茶经》是我国、也是世界上第一部有关茶业的专著，全书分为3卷10节，重点讲述饮茶的文化意味。

而有关茶树的栽培、采摘的方法、茶叶的加工程序等，则见于唐代的另一部农学著作



《四时纂要》。在书中，可以看到当时茶树的种植技术已经相当精细。对于季节时令、播种密度、种植地点、下种方法、中耕技术、水肥施用、采摘加工等等，都有许多的要领介绍。

由于茶叶生产的迅速发展，唐政府在德宗建中四年(公元783年)开始征收茶税。与此同时，大约从5世纪开始的茶叶出口，在唐代开始迅速扩大。在丝绸之路上，成包的茶叶驮在骆驼背上走向西方，茶的种植与加工技术开始传向世界，为世界人民奉上天然优良的佳饮。

二、都城与建筑

盛世的象征

（一）中世纪世界最大的城市——隋唐长安城

隋王朝建立以后，对原来的汉长安城有很多的不满(主要是水质水量的不佳与旧城的狭小、破旧)，于是，就在开皇二年(公元582年)由著名的建筑大师宇文恺规划、负责兴建新都城。

新都城建在汉长安城的东南，南对终南山与子午谷，北临渭水，东濒浐水和灞水，西眺一片平原与沣河。东北部较高，是龙首原。

新都城的规模极大，据考古探掘，可以知道它的形状是东西稍长的长方形，东西的长度为9721米，南北的长度为8651米，周长为36.7公里，面积为84平方公里。如此之大的规模，在当时的世界上屈指可数。

全城有13座城门，东、南、西各3座，北面4座。以南面的正门明德门最大，有5个门道，中间的门道只供皇帝通行，其



隋唐长安城市布局图

这是隋唐长安城市布局图。长安建于隋开皇二年(公元582年)，由宇文恺设计规划。整个城市设计合理、规整，布局东西对称，里坊区划分明，对于环境美化和给排水也给予了充分的注意，开凿了三条渠道，引水入城，两岸植柳，风景宜人，还考虑了交通和军事防御等。长安城的规划是世界城市规划的鼻祖和楷模。

他各门只有3个门道。

在这城郭之内，又有内城，内城分为宫城与皇城二大部分。宫城在全城的北端居中，是皇帝的居住办公区。它的南面是皇城，是中央政府的办公地。内城之外，全为居住区(坊里)与市肆。

整座城市采用中轴线对称的布局，前朝后寝，左宗庙而右太社，这都是沿承《考工记》的规制而排列的。

全城的道路沿承《考工记》“井”字形结构而来，只是扩大为方格网状形。

最宽的道路，是宫城前的横街，有220米宽，实际上已经是一个广场了。其他的主干道宽都在120米以上，东西一般街道宽在40米以上，南北一般街道宽在60米以上。居住区(坊里)内与集市内的道路宽在15米以上。

为了城内的给排水(也有利于运输)，政府开凿了三条人工渠道进入城内：南面的永安渠、清明渠，东面的龙首渠。

如此规模的一座大城，实际建造时间只有短短的半年多一点，加上后期的收尾，也只有9个月。在古代，这一速度简直令人吃惊，可见在工程的规划、管理、技术等诸方面都极其出众。

隋朝的这座都城命名为大兴城，到唐代又改回为长安城(又称“京师城”)。

唐代长安城，在隋代大兴城的基础上加以改建扩建而成。主要是在城郭外的龙首原高地上增建一座大明宫，取代隋的旧宫殿区。大明宫内有宫殿三十多座，其中麟德殿的规模最大。后来又对南部的曲江皇家风景区进行了修整。为了交通的方便，又从大明宫沿东城墙修了夹道，全长达7970米。其他还有一些改动，但



都不怎么大。

盛世下的隋唐都城，是当时的政治、经济、文化中心，规模宏大，人口众多，万方云集，四海来宾，最兴旺时的人口竟超过了百万以上，成为中世纪时世界上最大的城市。

隋唐都城的建设，还影响到了邻国的城市建设，如日本的平京城与平安京就都是仿照长安城兴建的。

（二）宫殿与装配式建筑

隋唐五代时期，在无数的宫殿中，规模最大、最为著名的，要数唐长安城大明宫内的麟德殿。

据历史记载：大历三年(公元768年)，曾在麟德殿上召开巨大盛宴，宴请“剑南、陈、郑神策军将士三千五百人”(《册府元龟》卷110)。可以想象其规模之宏大。

考古探掘结果与文献记载揭示了这座宫殿的面貌：它的夯土台基南北长130米，东西宽77米，高5.7米。基上建有前、中、后相串连的三殿。前殿为单层建筑，面宽11间，进深4间。中、后殿都是二层建筑，面宽也是11间，中殿进深5间，后殿进深3间。后殿的上层是中殿上层的附属建筑，稍低一些。另外还有一些附属建筑。

前殿的柱网采用的是减柱法，也就是《营造法式》中所记载的“金厢斗底槽”式。中、后殿采用的是满堂柱网型，这是因为中、后殿都是二层建筑，对柱的强度要求较高。

当历史发展到了隋唐时期，一朵建筑学的奇葩——装配式建筑——绽开在中华大地上。

最先展现在历史上的装配式建筑，是宇文恺设计制造的观风行殿。

宇文恺，就是我们在前面曾介绍过的主持建造隋朝新都城的著名建筑大师。

宇文恺的祖上是鲜卑人，因为历代有功，3岁时就受爵双泉

伯，7岁被封为安平郡公。与他的祖上和兄长们不同的是，宇文恺对政治与军事都不感兴趣，他从小喜爱读书，长大后对建筑特别热衷。

隋王朝建立后，宇文恺负责修建新都城，他以高超的技术与精密的管理，使新都城又快又好地耸立了起来，也使他的盛名达到了顶峰。

宇文恺的建筑杰作，当然不止新都城一座，他还主持设计、建造了东都洛阳。这两座都城，犹如他的两座丰碑。

据传，他还造过大帐，能够同时坐下几千人，只是具体情况没有文字记载下来。

他还计划建造一座国家进行祭祀等大典用的殿堂——明堂，已经设计出了图样，明确地标上了比例，成为最早有标准比例的工程设计图。后来，因为他不幸病故，这座建筑没有能正式建造。

观风行殿，是他为隋炀帝出巡的需要而设计制造的。这座行殿，能够随装随拆，装拆速度之快，“有若神功”。装好以后，下面还按有“轮轴”，整幢房子能够自由移动。可能人们会以为这座行殿至多不过数十平方之大，但实际上至少有数百平方之大，因为它要容纳数百人在其中开会行宴。如此大型的活动装配移动房，在今天也不是轻而易举能造出来的，在当时更是令人匪夷所思。这座行殿在隋炀帝出巡西北时曾经用过一次，使边地的少数民族见了，“莫不惊骇”不已！

＞知识百科＜

麟德殿与模数

模数，是指大型建筑各部分间的比例系数。最早的模数见于宋代的官修建筑著作《营造法式》中。建筑技术的提高，与建筑速度的提高总是相伴而行。砖、瓦等预制件的产生，模数技术的出现，既是建筑技术的提高，又是建筑速度的提高。

唐代的一些建筑如南禅寺、佛光寺等建筑中使用了模数技术，麟德殿是其中的典型代表之一。

明堂的设计图样是最早有标准比例的工程设计图。

在观风行殿之后，更有何稠所设计制造的“六合城”来一竞风流。

何稠，是隋朝的又一位能工巧匠。相传他的学识极为广博，对于古董机巧之物不仅能知其奥妙，而且能亲自仿制，绝巧无比。

在隋朝征辽的战役中，要在辽水上造桥，当时宇文恺也未能成功，而何稠只用了两天就造好了。

接着，何稠展示了他的又一项惊世之作——六合城。

这座六合城完全是以预制的木构件装配而成的。这种木构件，每块都是6尺见方的立方形框架。装配时，外面再按上木板。用这样的木构件堆叠起来，能迅速地构成墙体。墙体合围起来，就是一座城市。在城内，又可以如法制成行殿、房屋。

就在征辽战役中，何稠用这个方法，在一夜之间耸立起一座周围达 8 里、高达 10 仞(80 尺)的城池。城池上阙楼俱备，刀枪林立，旗帜飘扬，军队肃立。等到天亮时，对方突然见到不知从哪儿冒出来的城池，一时间惊呆了，还以为是有神灵在相助，在士气上大受挫折，对战争的胜负产生了很大的作用。

可惜的是，无论是宇文恺的观风行殿还是何稠的六合城，人们只知道以上这些情况，而具体的技术、具体的结构，则没有流传下来，这是建筑史上的一大损失。

但不管怎么说，观风行殿与六合城是古代中国建筑大师们智慧的结晶，将永远为后人所铭记、学习。

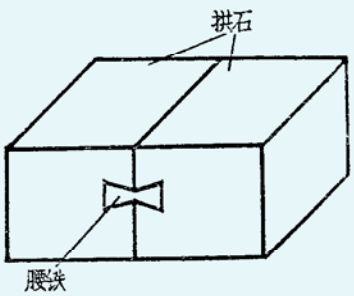
赵县安济桥

这是河北赵县的安济桥，又叫赵州桥。它横跨交河，建于隋代大业年间(公元 605 — 618)，距今已有一千三百多年。这座桥的结构布局奇特美观、科学合理，经历了洪水、地震等自然力的袭击和一千多年使用的考验，依然巍然挺立，雄姿焕发。

(三) 世界桥梁史上的千古奇迹



在今天河北赵县城南的交河上，静静地跨卧着一座石桥，它是那么的宁静，它是那么的平凡，不明就里的谁也不会把这座桥与“创举”二个字联系起来，因为像这样的石桥在中华大地上实在是太多了。



安济桥腰铁示意图
这是安济桥联结拱石的腰铁示意图。

就在这座桥诞生以后的最初岁月中，谁也没有对它特别地注目，甚至连谁是造桥的主持者也不知道，人们把这座桥看得很普通、很平常。

到这座桥诞生一百多年以后，唐开元十三年(公元725年)，才有一位中书令张嘉贞写了一篇关于这座桥的记文——《安济桥铭》。通过这篇文章，人们才知道这座名为安济桥的桥梁是由隋朝的一位普通工匠李春设计制造的，而且还知道了这座桥“制造奇特，人不知其所以为”。从此，人们才开始对这座桥究竟有什么奇特之处注意了起来。

真正揭开这座桥的奥秘，真正给予它以崇高的地位，则是在新中国成立以后。

从50年代起，结合对安济桥的维修与科学研究，科学工作者不断地探索这座古桥的技术奥秘。

安济桥，俗称赵州桥，是李春在隋开皇至大业年间(具体各说不一)建造的一座单孔敞肩式石拱桥。

这种单孔敞肩式石拱桥，就目前所知，不仅在我国，而且在世界上也是最早的，比欧洲要早一千二百多年。

这座单孔拱桥全长为50.82米，单孔的净跨径长37.3米，这个跨径欧洲要到1339年才由法国的45.5米打破；拱桥的拱矢高(拱脚至拱圈顶的垂直高度)为7.23米，矢跨比仅为1∶5，欧洲直到1567年才由意大利的圣三一桥打破这个矢跨比。

这座桥的主拱券的两肩上各设有一个小拱券，所以称为敞肩式。这个小拱券设置得太好了，真可谓是一举多得：首先是扩大了泄洪量，减少了洪水对桥的冲击力，延长了桥的寿命；其次是使桥面的弧度大为降低，再加上原来的矢拱比就极小，整座桥就成为“坦拱桥”，整个桥面呈平弧形；第三是减少了材料(约260立方石料)，节约了成本，节省了时间，减轻了桥的自重(约700吨)，减缓了整座桥的下沉；第四是增加了美感，使整座桥更为玲珑生动。

这座桥的主拱券是用“纵向并列法”砌成的，即由28道独立的拱券并列组成。这样的砌法有什么好处呢?

首先是可以节约砌拱券所用的“鹰架”(亦称“拱架”，即承重的模架)，每砌完一道再移动“鹰架”砌相邻的一道，而用不着搭满“鹰架”来开砌。其次是维修方便，任何一道拱券有损坏，只要换掉就可以了，不必大动干戈。第三是如果局部的地基有变动，也只影响少数几道拱券，而不会影响大桥的整体。

当然，这样的砌法也有缺点，各道拱券之间缺乏拉力，很容易外倾以至全桥崩塌。

对这样明显的缺陷，李春与工匠们当然不会轻易放过，他们天才而巧妙地解决了这个缺陷。现在发现，他们为克服这一缺陷，共采取了五项主要的技术与措施：

一是在28道拱券的横向方位上，装了5根铁条，把这28道拱券紧紧地拉住。4个小拱顶上各有1根铁条拉紧。这是最主要的措施。

二是在横向相邻的拱石间也开槽并装上腰铁，使28道拱券联成一个整体。

三是在大拱券与两端小拱券的外侧之上，都盖有护拱石一层。

四是在护拱石间，每侧设有勾石六块，勾住主拱石。

五是对桥面采取“收分”的处理措施，即从两端向桥顶中心细微地收缩，成为束腰形。两端的桥面宽9.6米，中心宽9米。这种桥面的收分，使整个桥体更为稳定。

经过这样的处理，从拱券到整座桥体都得到了加固，以迎接今后将临的风雨与地震等一切自然灾害的侵袭。

整座桥的地基，原先认为是每平方厘米能承受4.5至6.6公斤的粗砂土质，但实际探测表明：这里只是每平方厘米承受3.4公斤的轻亚粘土，而且没有经过任何的特别处理，没有打过桥桩，没有长后座，只用一块厚为1.549米厚的大石料平铺作为桥基。这座石桥在历经了一千三百多年后的今天，地基只下

沉了5厘米，不能不说是一个奇迹！

在现代的科学探测中，用弹拱理论进行检验，发现这座桥的拱轴线与恒载压力线极其接近，几相吻合。在现代的建桥理论中，是以二线合一(重合)为标准。而这座建于一千三百多年前的桥梁，竟然在冥冥中基本上做到了这一点，不能不说又是一个奇迹。而这个奇迹，恐怕也多少能解释一下这座古桥历经千余年而依然不崩不塌、不沉不降的原因吧！

现在，当我们再来看这座静静跨着的古桥时，除了由衷的敬慕与自豪外，想得更多的是：它究竟还有多少奥秘没有被揭示出来呢？

三、道、僧、客、士竞风流

天文学成绩斐然

隋唐五代在天文观测、仪器制造、历法编纂、史料汇集、天学普及等各方面都进展快速、成就斐然，而这些成就的创造者竟恰好是一道、一僧、一客、一士。

（一）开国道士李淳风

在李渊父子起兵反隋的过程中，有一批道士起了相当重要的推波助澜作用，李淳风就是其中之一。

李淳风本是终南山的道士，但他学识渊博，对于天文星占之学尤其精通，相传他的占候无一不灵。因此，在大唐立国以后，李淳风得到了重用，入官太史局，并一直做到太史令。

李淳风入官太史局后，在天文学上的建树颇丰。

他所修撰的《晋书·天文志》，是正史天文志中最杰出的一部。



他撰著的《典章文物志》、《乙巳占》等书，同样声誉卓著。尤其是《乙巳占》将风力分为十级，使他成为世界上第一个给风力定级的人。400年后，英国学者蒲福看到了李淳风的《乙巳占》后，才将风力的定级扩大为零到十二级(共十三级)，成为世界上通用的标准。

大唐立国以后，李淳风对北魏传下来的铁浑仪的精度感到不满意，于是，亲自设计制作新浑仪。贞观七年(公元733年)，新的浑仪制成了。

这台浑仪的底脚吸取了北魏浑仪的优点，设有十字基准。它的仪器部分，在原来六合仪与四游仪的基础上，增加了一个三辰仪。

三辰仪，是由黄道环、白道环与赤道环三个圈环相交构成的。它介于六合仪与四游仪之间，成为四游仪仰观天象的三个基准环圈。

在仪器造好的同时，李淳风还撰成了《法象志》一书，对以前各代的浑象作了一个分析总结，同时上呈朝廷。

唐代初年所用的历法是由傅仁均制定的戊寅历，但这部历法不很精准，因此就由李淳风重新编制新历，在唐高宗麟德二年(公元665年)颁行使用，称为麟德历。

麟德历是一部较好的历法，虽然李淳风个人的创新突破很少，但他吸收了隋朝刘焯皇极历的许多成果，最主要的就是定朔的技术。

在此以前，古代安排闰月的方法，都是根据闰周，再计算月行与日行而定，结果出现了像戊寅历那样的连续四个大月的情况。而定朔技术则根本不用闰周，直接在没有中气的月分安置闰月，既合理又方便。

在麟德历吸收了刘焯首创的定朔技术以后，定朔从此成为了定制，再也不用为置闰而大费精力。



僧一行像
这是唐代天文学家一行僧。他于公元724年最早用科学方法实测子午线，既为他制定新的历法《大衍历》创造了条件，又为后来的天文大地测量奠定了基础。



天台山一行遗迹
一行出家以后，遍访名山古寺，学习各种知识。曾在浙东天台山国清寺学习天文历法和数学知识。现在该山还留有一行的多处遗迹。图为天台山国清寺的“唐一行禅师之塔”。

（二）一行僧与《大衍历》

一行(683—727)，俗名张遂，邢州巨鹿(今河北巨鹿人）。

一行的曾祖父张公谨是唐初的功臣，曾被封为邹国公。但到一行出世时，这个贵族世家已经破败不堪，所以幼时的一行生活相当拮据。

家道尽管中落，但毕竟还是贵族世家，一行从小所受的教育比真正的穷苦人家自然要多得多，加之一行天性勤奋聪颖，青年时的一行已经极具才学、名声四播。

此时正是武则天执政的时期，为了躲避武三思的拉拢纠缠，一行到了嵩山嵩阳寺，出家为僧，“一行”就是他的法名。

当了僧人的一行，依然以学问为根本。他遍访名山古寺，从佛学经义到天文地理、数学历算、阴阳五行，无所不学，无所不精，名声更是天下大震。

开元五年(公元717年)，唐玄宗强行征召一行入京主持编制新历，以取代已经使用了半个世纪的麟德历。

一行在接受诏令后，并不立即编历，而是以一个科学家特有的严谨态度先着手进行一系列的前期准备工作。

首先，一行与梁令瓒合作，由梁具体主持制成了新的黄道游仪与水运浑象。黄道游仪是在李淳风的黄道浑仪基础上改进制成的，克服了前者的一些缺点，使新仪器成为当时世界上最先进的浑仪。水运浑象是根据张衡的同类浑象改进制成的。除了与张衡的浑象一样能演示天象变化外，还特别创造发明了报时的木人，成为中国最早的机械报时装置。

其次，一行用新制的黄道游仪开始了坚持不懈的观测，重新测定了日月星辰的位置与运行，获得了一系列新的数据。这对于新历的精确度提高有着至为关键的作用。

再次，为了确保所制的新历能适用于全国更广阔的范围，一



行主持进行了一次大地实测活动。为了更好地进行实测，一行发明了一种被称为“复矩”的工具。

这次测量共设有13个点，以黄河中游为中心，北至北纬51度左右的铁勒(今蒙古境内)，南到北纬17度多的林邑(今越南境内)，遍及朗州武陵(今湖南常德市)、襄州(今湖北襄樊市)、太原府(今山西太原市)、蔚州横野军(今河北蔚县)等地。测量的内容包括当地春分、秋分和夏至、冬至日正午时分8尺标杆的日影长度、北极高度、昼夜长短、所见同一次日食的食分与时刻等等。

这次实测的重大意义，首先是彻底推翻了自《周髀算经》以来“日影千里差一寸”的误说。其次是得出了“大率五百二十六里二百七十步而北极差一度半，三百五十一里八十步而差一度”的结论，换算成现代数值，即南北相距129.22公里，北极高度相差1°。这个数值，在现代，就是地球子午线1°的长度。与现代所测的精确值相比，虽然大了一些，但在无意间竟测得了子午线的长度，则是人类历史上的第一次。因此，李约瑟称这次测量是“科学史上划时代的创举”。

在经过了这样一系列的富有创造性与扎实性的准备工作后，开元十三年(公元725年)正式开始制订新的历法，两年后写出初稿。也就在这一年，积劳成疾的一行却不幸故世，年仅45岁。再过一年(公元728年)，由张说、陈玄景整理完成，大衍历正式诞生了！

大衍历是这个时期最杰出的历法，也是古代时期最杰出的几部历法之一。大衍历对于古代中国历法乃至整个天文学的贡献，主要体现在这样几个方面：

(一) 编写体例。大衍历吸收了刘焯皇极历的编写优点，共成7篇，构成一个完整的体系，成为此后写历的标范。

(二) 日行盈缩。南北朝时，张子信发现了太阳视运动的不均匀性，隋朝的刘焯首先将这个成果引进了历法。大衍历则进一步测定了太阳周天的1/4约为91.31度，从秋分到冬至与从冬至春分都各行88.89天，而从春分到夏至与从夏至到秋分则各行

93.37天。

（三）定气计算。由于日行运动的不均匀性，二十四节气的定点不是很简单就能确定的，刘焯发明了用等间距二次内插法公式的计算方法，大衍历则更发明了不等间距二次内插法公式，使得确定节气的计算更为精确。

（四）交食计算。人们在地面上观测天体，会产生视差现象，从而影响交食的计算与预测。一行在实测中发现这种现象与地理纬度及日、月的视位置有关，因此，针对不同的地点与季节创立了不同的计算公式，称为“九服食差”，使日月交食的预测计算更臻精确。

大衍历完成以后，得到了大多数人的交口称赞，但也遭致一些人非难，甚至说它抄袭了印度传入的九执历。于是，唐玄宗下令对麟德历、大衍历、九执历进行校验，结果表明，大衍历远远高于其他两历，才得到了最终的确认。

大衍历在开元二十一年(公元733年)传入了日本，天宝八年(公元764年)被日本政府正式颁行使用，并一直使用了近百年之久。

（三）印度客裔瞿昙悉达

瞿昙家族是由我们的邻国印度迁来的，现在我们所知道的这个家族有这样五代：瞿昙逸——瞿昙罗——瞿昙悉达——瞿昙巽——瞿昙晏。从瞿昙罗起的以下诸代都曾在唐王朝担任太史令、太史监、司天监等职，时间长达110年以上，当时的人们统称他们为“瞿昙监”。

瞿昙悉达曾在开元六年(公元718年)奉敕翻译印度的九执历，不久又奉敕编撰了《开元占经》。

《开元占经》是一部星占学的集大成著作，全书共有120卷约60万字。

《开元占经》虽然是一部星占学著作，但它在天文学上有着

极高的价值与地位，因为许多的天文学成果，幸赖此书才得以保存下来。

《开元占经》也是一部编纂型的著作，共引书达409种，其中许多书在后世早已失传，其价值之高可想而知。在所有这些资料中，与天文学有关的特别重要的部分，据研究主要有：

一是辑录了唐代以前有关宇宙结构与运动的理论。

二是辑录了战国时期甘德、石申、巫咸三家的星经与星表，保存了古代有关二十八宿的距度值，还汇集了有关日月五星及全天恒星的有关史料。



北魏墓顶星图

这是在洛阳发现的北魏墓顶星图。

三是收录了自古六历起至麟德历共29部历法的上元积年、日法等主要数据，其中古六历与神龙历等都是惟一可见的史料。

四是辑录了大量的纬书材料。纬书因曾遭禁绝而只有零零散散的言论见于它书所引，《开元占经》引纬书达七十余种，数量十分可观。

五是全文载录了李淳风的麟德历，可以用来校勘、补足新、旧《唐书》所载的麟德历。

六是全文收录了瞿昙悉达自己编译的九执历，这是传入我国很少几部的印度历法之一。

七是辑录了古人有关风云雨雪等气象方面的资料。

《开元占经》问世以后，立即被作为秘本收藏了起来，只有少数人才有缘一见。到宋代连书也见不到了。后来，在明神宗万历十四年(公元1616年)，安徽歙县道士程明善在一座庙里佛像的腹中发现了此书，才得以流传至今。

唐代敦煌古星图

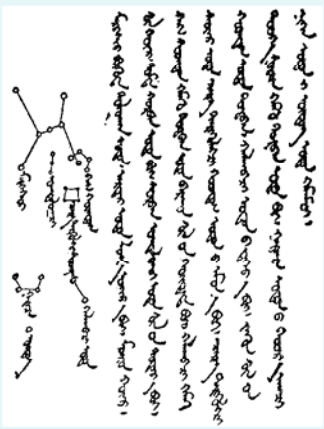
这是保存在大英博物馆的我国唐代敦煌的古星图，是世界上现存最古老而星数最多的古星图，共记录了一千三百五十多颗星。





(四) 王希民与《步天歌》

《步天歌》是一首记载全天恒星的通俗性诗歌，旧题“隋丹元子撰”，但现在大



蒙文《步天歌》
这是内蒙古图书馆藏本《天文学》一书中的参宿图和《步天歌》。

多认为是唐初的王希明所撰。

王希明，自号通玄子，又号青罗山人，唐开元年间曾以方使任拾遗供奉、待诏翰林等职，曾奉敕编撰《太乙金镜式经》与《聿斯歌》。看来，他是一位具有道教倾向的士人。

人类用肉眼所能观测到的天体，除了日月五星以外，其他的都是恒星。我们的先民们，到战国时期就已经认识了一千多颗恒星，到汉代的张衡，能认识恒星达两千多颗。

为了在认识恒星时更容易识别与记忆，人们将几颗恒星组成一个星官(即西方的星座)，又将若干星官组成一个大的体系。最早的体系就是二十八宿，后来形成为三垣二十八宿的恒星体系。

在这个体系中，共收有283官1464颗恒星。这样大数量的恒星，对于专业天文学家来说，要迅速地识别不是一件轻而易举的事，对于初学者更是一件难事。于是，很早开始就有人尝试用有韵而易记的诗赋形式把所有的星名都编入其中，以便于人们的记忆与识别。

如，相传东汉张衡就编过《天象赋》，只是可信度很低。而比较可信的是：北魏的张渊作过《观象赋》，隋代李播作过《天文大象赋》，敦煌石窟也曾发现有唐初所作的《玄象诗》。《步天歌》的产生，也正是基于这样的背景与潮流。

所有这些具有普及性、通俗性的诗赋，最终只有《步天歌》得到了最广泛的欢迎与传播，原因何在呢？

原因就在于《步天歌》的词句最简洁明了、最易于上口、最便于掌握。

人们可以口颂诗句，脚踏歌中所示的方位，犹如在天上从一颗星迈向另一颗星。诗歌颂毕，三垣二十八宿的所有恒星也就都认遍了。如此反复地演练，的确能较快地记住、辨别全天的恒星。

可就是这样一部并无什么机要与奥秘的普及性诗歌，统治

者把它视为天机而收入《灵台秘苑》，广大的民众也就无缘得见了。而真正想学习天文知识的人们，则千方百计地寻觅此书。那时的人们想学点天文知识，真是不容易啊！

四、振兴数学

国家设置数学教育


海島算經

晉　劉　徽　撰

唐　李　淳　風　注

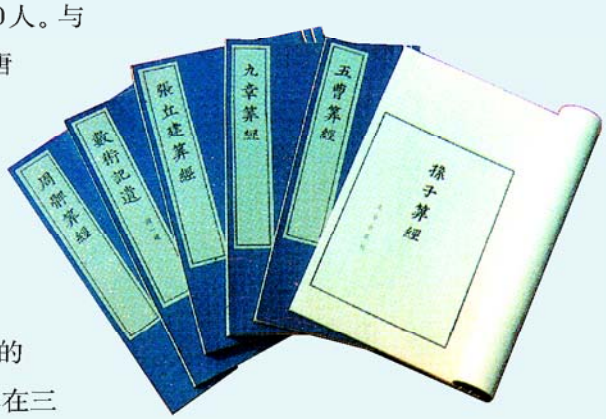
今有望海島立表高三丈前後相去千步令後表
與前表參相直從前表卻行一百二十三步人目
取望島峯與表末參合遂復卻行一百二十七步人
目著地取望島峯與表末參合遂復卻行一百二十七步人
目著地取望島峯與表末參合問島高及去表各幾
何答曰島高四里五十五步去表一百二里一百五十
步

《海岛算经》书影

这是三国时刘徽所著的《海岛算经》，唐时被列为十部算经之一，作为当时数学教育的基本教材。

《算经十书》部分书影

唐代以十部算经作为数学教育的基本教材。图为十部算经中的六部算经。其他四部算经为《海岛算经》、《夏侯阳算经》、《五经算术》和《辑古算经》。



在国家学校中设置数学教育，在科举中设立明算科，是这时期数学领域里最引人注目的新举。

这个新举在北魏已经萌芽，北魏先设立尚书算生、诸寺算生，专门培养这方面的人才。

隋朝在国子寺设立算学，置博士2人、助教2人，收学生80人，进行数学教育。

唐朝在显庆元年(公元656年)在国子监设算学馆，招收八品以下官员与庶人之子30人为生。到显庆三年(公元658年)，又取消算学馆，把博士以下人员并入太史局。到龙朔二年(公元662年)又重设算学，把学生数减为10人。与此同时，在科举中设立明算科，到晚唐时就停止了。

国家设置数学教育与科举，这在我国古代是一大创举，在古代世界也极为罕见。对此，应该如何来看待呢？

首先，应该肯定这是振兴数学的举措。数学本是我国传统的学识，早在三

代时期就成为了学生们必学的课程之一。随着时间的推移，形势的变化，统治者越来越只注重儒家的经典之学，数学逐步被排斥出了教育的范畴，以至逐渐地连最起码的应用型数学人才(如会计之类)也颇缺乏。

在如此的形势之下，才有上述振兴数学的举措出台。这些举措的出台，应该说是取得了一定的效应，唤起了人们对数学的兴趣，特别是对于下层的人士来说，毕竟多了一条向上奋进的道路。从高一级的层次来说，虽然在当时没有培养出特别拔尖的数学大师，但宋元时期的数学高峰与此时的呼唤与培养难道说没有一定的关系吗?!

当然，从另一方面来说，这时的举措力度确实并不很大，效应也没有达到预期的那么大。在当时的社会意识与统治者的心目中，包括数学在内的一切自然科学远远不能与经天纬地的儒家学说相比，能让数学进国家学校与科举已经是破天荒了，当然不会有更有力的举措。

其实，在当时即使有再强一些的措施，作用也不会很大，因为它并不能从根本上改变数学在整个社会中的地位。现实的举措虽然是破天荒的，但实在只是杯水车薪，又加之虎头蛇尾，所起的作用自然就更为有限了。

在隋唐振兴数学的举措中，规定数学学习的内容为“十部算经”，并由李淳风与算学博士梁述、太学助教王真儒等为之作注，这项工作对于后世数学的发展是很有意义的事。

古代中国的数学著作为数不少，学习者不一定能选择最佳的读本，规定“十部算经”，为学习者确定了必修的固定教材。这十部算经，也因此而得以完整地保存了下来。同时，李淳风等人为十部算经所作的注，为学习者提供了极大的便利，也为后世保存了许多宝贵的资料。

对于隋唐时期振兴数学的举措要作一个总体评价的话，应该是肯定大于否定，利大于弊。最大的遗憾，则是未能持续下去。

《海内华夷图》黑色字标注古代的地名，以红色字标注当时的地名。这一分色标注方法，从此为后世的历史沿革地图所沿用。

五、贾耽 李吉甫 玄奘 窦叔蒙

地学繁荣中的四大代表

（一）贾耽的书与图

贾耽(730—805)，字敦诗，河北沧州人，曾任唐宪宗时宰相。

他是一位对地理学嗜好成癖的学者。在担任宰相期间，无论是外国有使者来，还是我国有使者归，他都要仔细地询问当地的山川地理、民俗风情，从而积累起了丰富的资料。

他又是一位忧国忧民的政治家，对于“安史之乱”后唐王朝的衰落与土地的部分丧失十分痛心，他把这种感情寄托到了自己的地理研究之中。

当时，陇右地区为吐蕃所占领，贾耽特意绘制了《关中陇右及山南九州等图》一轴，附说10卷，对于“歧路之侦候交通，军镇之备御冲要”记载尤详，满载着他恢复国土的殷殷之情。

贾耽最大的成就是撰著了《古今郡国县道四夷述》(40卷)与《海内华夷图》，两者相辅相成，图文并茂。

《海内华夷图》在当时的影响甚大，在地图史上极具名声，是为数不多的精品之一。

《海内华夷图》的绘制极其精细。据《旧唐书·贾耽传》的记载，全国广三丈，长三丈三尺，以一寸折百里为比例(即1∶1800000)，则全国所涵盖的区域达到东西广约3万里、南北长约3万3千里。很显然，这个面积远远超出了当时唐王朝的疆域(唐太宗时东西广9111里，南北长16918里)，唐的面积只占全图的15%多。因此，这恐怕已经是一幅区域性的世界地图了，在古代中国这是前所未有的创举。

图中还以黑色字标注古代的地名，以红色字标注当时的地名。贾耽创造的这一分色标注方法，从此为后世的历史沿革地图所沿用，直到今天也依然如此。

贾耽所作出的这些特殊的贡献，使他在地理学史上青史留名。

（二）李吉甫与《元和郡县图志》

李吉甫(758—814)，字弘宪，赵郡(今河北赵县人)，曾在唐宪宗时任宰相，也是一位地理学的嗜癖者。

李吉甫的地理学成就，集中体现他的传世之作《元和郡县图志》中。

《元和郡县图志》全书 54 卷，记载当时全国 10 道中州县的沿革、道里、山川、户籍、贡赋、古迹等等情况。

原书在四十七镇的镇前都有地图，但不久这些地图都佚失了，这是至为遗憾的事。

这些地图虽然佚失了，但因为在书中对各州郡府都标明了具体的范围里数，还依八到(8 个方向)标明了重要的山川关隘、名胜古迹的方位与到郡、县的距离。

据李吉甫自己在序文中所说，当时已有的地理著作有一个共同的缺点，就是对“丘饷山川、攻守利害”等地理要处缺乏记载。因此，他在《元和郡县志》中，对于有关国计民生、政治军事的内容，记载特别地详细。这是本书最大的特点。

另外，从体例上看，本书延续了《尚书 · 禹贡》与《汉书 · 地理志》的传统体系，但更加完善，更加严密。所以，《四库全书总目提要》赞评该书是“体制最善，后来虽递相损益，无能出其范围”。从此，《元和郡县志》成为全国性地理志体例的标范。

（三）玄奘与《大唐西域记》

“平沙莽莽黄入天”、“随风满地石乱走”，“白骨乱蓬蒿”，“不

《大唐西域记》全书共12卷，采取地方志的编写形式，介绍了110个国家与地区，以及传闻中的28个国家与地区。

见有人还”……这就是唐人诗句中的西域边地。

当时内地的人们，绝少有人会去西域。然而，就在贞观三年(公元629年)，一位年轻的僧人身背行囊，悄然无声地独自一人从长安出发，迈上了西行的漫漫征程。

他就是后来家喻户晓、妇孺皆知的“唐僧”——玄奘，他要去“西天”——印度——取经，也必定能平安回来。



玄奘旅行路线图

这是唐代玄奘的旅行路线图。玄奘是我国著名的佛教学者和旅行家，他从长安出发，经历千辛万苦，只身跋涉五万余里，经中亚、南亚当时的110多个国家和地区，历时近20年，完成了世界史上的一次伟大的旅行。他回来后写成的《大唐西域记》一书，至今仍是研究中亚、印度和巴基斯坦等国历史地理的宝贵文献。

玄奘(602—664)，俗名陈伟，洛阳缑氏(河南偃师缑氏镇)人。13岁时出家，精研佛学，稍长便云游各地寺院。因为对中土各宗佛徒说解的不一大为不满，所以决意要亲自到佛教的源生地印度去取“真经”。

他从长安出发，经过秦、兰、凉、瓜各州，出玉门关，到高昌，再经阿耆尼、屈支，沿丝绸之路北道到中西地区，再经越黑岭到达印度。在印度环绕一圈后，经去沙、瞿萨旦那，由丝绸之路南道回中原，贞观十九年(公元645年)终于回到了长安。

这一路共走了五万多里，其中的艰辛与危险，是常人所难以想象的。玄奘完全是以顽强的意志、超人的毅力，才完成了这一创举。

当他战胜一切困难回到故国故土的时候，带回了各种质地的佛像7尊、佛经520夹657部。而对于更广大的读者来说，更感兴趣的、更为重要的，则是他回国后撰写的《大唐西域记》。

玄奘一回到长安，唐太宗就命他把所见所闻写下来。次年，玄奘完成了这部著作——《大唐西域记》。

《大唐西域记》题为玄奘译，辨机撰，实际上是玄奘口述，辨机笔录。全书共12卷，采取地方志的编写形式，介绍了他亲



大雁塔
这是大雁塔，亦即慈恩寺塔，位于陕西西安的慈恩寺内。玄奘从印度回国之后，就在慈恩寺内翻译佛经，并写下了《大唐西域记》这部地理学著作。

眼目睹的110个国家与地区，以及传闻中的28个国家与地区的地理位置、疆域情况、历史沿革、都城规模、山川地理、气候物产、风俗文化、宗教情况等等。同时，书中采收了许多文献记载、佛典记事、旧世传说。

书中对于印度的记载特别详细。当时，印度境内共有的80国，书中一一注明，一一详细介绍，其中许多内容是正史中所没有的，显得尤其珍贵。

因为本书是口述的记录，所以全书保留着较为浓烈的口语特色。许多细节部分，叙来娓娓动听，细描、比喻、排比句式在书中多有所见。这种游记式的笔调风格，使得它比一般的地理学术著作远要生动活泼得多。

当时，还有一位襄助译经的僧人慧立，他根据玄奘自己的叙述，再加上玄奘过去的身世，一直写到他的葬事，撰著成了《大慈恩寺三藏法师传》一书。慧立死后，他的门徒彦宗加以笺释，再版行于世。

这本《大慈恩寺三藏法师传》与《大唐西域记》是相辅相成的姐妹篇，其重点是介绍玄奘本人的具体经历。因此，要了解玄奘取经的具体行程路线与经历，本书比《大唐西域记》更为合适。

这是两本珠联璧合的著作，相映成辉，成为我国地理学史上的两朵奇葩，为古代中国的地理学增添了奇光异彩。

（四）窦叔蒙与《海涛志》

生活在海边的人们，潮汐是最常见的现象之一。

慢慢地，人们逐渐地发现了潮来汐往是有规律可探寻的。

东汉时期的王充在《论衡》中指出，潮汐的产生与月亮的运行有关。

三国时期，严峻写了有关潮汐的专篇《潮水论》。只是可惜

欧洲最早的“伦敦桥涨潮表”是在1213年编制的，比《海涛志》的潮汐表要晚四百多年。

佚失过早，具体的内容已经不得而知了。

到了盛唐时期，终于有一部窦叔蒙所著的《海涛志》流传了下来，能够让今天的人们重睹一千三四百年前的潮汐研究成果。

窦叔蒙，现在只知道他是浙东人，唐宝应、大历年间(公元762—779年)的处士，其他的事则不详。

《海涛志》(又名《海峤志》)中，窦叔蒙指出：潮汐“轮回辐次，周而复始”，即潮汐随月球的运动而变化。每天有两次潮汐涨落；每月有两次大潮，分别出现于朔、望之时；每月又有两次小潮，分别出现在上、下弦时期；在一年之内也有两个大、小潮时期。

《海涛志》推算了从唐宝应二年(公元763年)冬至到太初上元冬至积年数为79379年，积日数为28992664日，积涛(潮汐)数为56021944次。由此，我们可以推算出《海涛志》的潮汐周期为12小时25分12秒强，这一数值与现代通用的12小时25分相当接近。

在建立起了潮汐周期数值后，为了实际使用的方便，窦叔蒙创制了简便易查的潮汐变化图表。虽然原书中的表后来佚失了，但根据书中的记载，现代人很容易进行复制。

《海涛志》的这张潮汐表，是目前世界上所知最早的潮汐表。欧洲最早的“伦敦桥涨潮表”是在1213年编制的(现存于大英博物馆)，比《海涛志》的潮汐表要晚四百多年。

六、炼丹炉中的轰鸣

火药的发明

震惊世界的最为著名的“四大发明”，在唐代开始又迈出了一步。

这第一步就是惊天动地的轰鸣——火药的诞生。

发明火药的，并不是什么智者圣人，也不是什么能工巧匠，而是那些埋首于丹炉中一心要炼出长生不死药的道士们。

在第三章第四部分中，我们曾介绍了炼丹术中的一些术语，其中“伏火”这一术语中就已经孕育着火药这一技术的诞生。

在需要用“伏火”技术进行处理的药物中，硫磺是最主要的一种。

早在春秋时期，我们的先祖就已经知道了硫磺以及它的产地。在我国第一部药典《神农本草经》中，硫磺也记载其中。

炼丹士们开始炼丹后，对使用频繁的硫磺的性质逐渐地熟悉起来。他们发现，硫磺很容易着火飞升，很难控制。为了克服硫磺的这一缺陷，他们逐渐发明了“伏火”的方法。



硝、硫、炭（标本）
初期火药成分以硝、硫磺为主，辅以其他碳水化合物，后来形成硝、硫、炭三元体系。由于冒黑烟，故称黑火药。燃烧后，产生大量气体，体积猛增千倍，所以发生爆炸。图为硝（白色）、硫（黄色）、炭（黑色）这三种材料的标本。

硫磺的“伏火”处理，就是将硫磺与某些容易燃烧的物质混合后慢速加热，有的还让它们发生燃烧再立即扑灭。在这样处理后，硫磺的易燃性质略微得到一些改变。

在与硫磺相混合的一些物质中，硝的使用对于火药的产生是至为关键的一步。

硝也是早在春秋时期就已经被人认识的物质，载入了《神农本草经》。硝的化学性质很活泼，



易燃烧，易与其他物质发生反应，所以在炼丹中它是常用的药物。

有了硫与硝，这火药发明就已经“三分天下有其二”了，所缺的只有含碳的物质(无论是无机物还是有机物)。

到了唐代，这三种物质终于聚集到了一起，火药终于在丹炉上轰然产生了。

《诸家神品丹法》中记载有唐初著名医药家、炼丹家孙思邈的“丹经内伏硫磺法”：以硫磺、硝石各二两研成粉末，放入铜银锅或砂罐里。再在地上掘一个坑，放入锅子(或罐子)，用土埋实，使口与地平。又把未被虫子蛀过的三个皂角子逐一点着，然后放入锅(罐)中，引起硫磺与硝石也燃起。等到烧不起焰火了，再用木炭来炒，炒到木炭消去三分之一，就退火，取出混合物，伏火也就完成了。

唐代中期成书的《铅汞甲庚至宝集成》中，记载清虚子的“伏火矾法”云：以硫、硝各二两、马兜铃三钱半，研成末，拌匀。掘地为坑，将罐埋入，口与地平，再将药装入。用弹子大一块熟火放入，会有烟火产生。

同时期又有一部丹书《真元妙道要略》，曾警示其他的炼丹士：以硫磺、硝石、雄黄与蜜合在一起烧，会产生焰火，会将人的脸和手烧坏，还会冲上屋顶，把房子烧了。

在这些记载中，皂角子、马兜铃、蜜都是含碳的有机物。它们与硫磺、硝相混，也就等于制成了火药。

在这其中，《真元妙道要略》的警示告诫最为重要，因为它实际上记载了火药的开放性爆炸的实况。如果将火药密封起来点燃，就会发生爆炸。

炼丹士们发明了火药，在初期并不知道它有什么用途。但火药能猛烈燃烧以至爆炸的特性，很快就被人们想到可以用到军事战争中去。大约在唐末宋初，火药就在战场上初露锋芒，展示威力。从此，人类从纯冷兵器时代跨入了冷热兵器并用的时代。

再发展，火药就由单纯的军用而发展到了民用生产上，为

人类找到了更为强力的生产工具，这就是恩格斯所指出的：“火药和火器的采用决不是一种暴力行为，而是一种工业的，也就是经济的进步。”

火药发明以后，大约到13世纪中期，经印度传入了阿拉伯。13世纪末期，又传入了欧洲。从此，这一伟大的发明创造开始为全人类作出新的贡献。



“牢阳司寇”铜印

这是战国时期的“牢阳司寇”铜印。印章的起源大约可追溯到周代。印章盖印后为正体文字，故不管是阴文还是阳文的印章，其文字都必须刻成反体的，这一点与印刷的原理十分相似。

七、印刷掀开第一篇

雕版印刷术诞生

古代中国最伟大的“四大发明”中的另一项——印刷术，也在隋唐时期迈出了第一步，雕版印刷最先诞生了！

雕版印刷，是指将文字或图画先反刻在平整的木板上，再在板上涂上墨，又把纸平整地铺在板上，用刷子均匀地轻轻刷遍，最后将纸揭下来，印刷过程也就完成了。

雕版印刷为什么会在我国首先产生呢？

这取决于我国古代拥有发明雕版印刷的所有先决条件——材料、技术与习俗。

就材料而言，雕版印刷最主要的是木板、纸张、墨、刷子。木板与刷子各国都有的，不足为奇。纸张是古代中国的发明物，虽然在隋唐时期已经传到了许多国家，但在品种与质量上当时仍以中国为最。墨也是中国所独创的，当时世界上能制墨的国家不多。



最为关键的是技术，是反刻文字与图画的技术，这是古代中国独具的

“齐铁官印”封泥

这是西汉时期印有篆书正文“齐铁官印”四字的封泥。封泥是古代封存信件、公文用的，盛行于战国、秦汉。古人们将信件或公文捎寄给收信人或永久性存储起来，为了保密，就用绳将筒牍捆扎，并在绳子的结节处用胶泥包裹起来，最后在胶泥上捺印上印文。





《陀罗尼经》汉文印本（上左）

这是在陕西西安出土的唐代《陀罗尼经》汉文印本。

《陀罗尼经》梵文印本（上右）

这是在陕西西安出土的唐代《陀罗尼经》梵文印本。





《陀罗尼经》汉文印本（下左）

这是《陀罗尼经》汉文印本的局部放大。

《陀罗尼经》梵文印本（下右）

这是《陀罗尼经》梵文印本的局部放大。

一种功夫。这种功夫，起源于中国独特的印玺契刻。

印玺是中国的独特用品，据说最早的印玺在西周时期已经产生，到战国时期在贵族中已经十分普遍。这种印玺一直使用到今天，几乎是人人都备的用品。

长期地治印，就形成了独特的文字与图画的反书契刻技术。只有形成了这种技术，才能进行雕版契刻。

另一项较为重要的技术，就是墨拓技术。

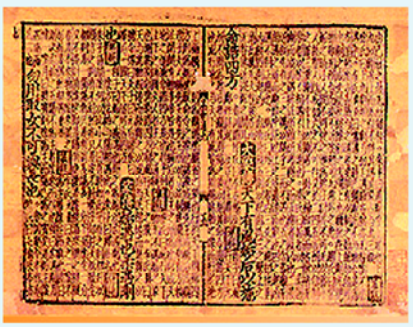
墨拓技术大约产生在西、东晋时期，这是一种在石碑上拓印文字或图画的技术。它先用湿纸(纸质要坚韧)铺在石碑上，轻轻打实，待干后，再用拓包蘸墨刷墨于纸上，就将凸起部分都印在了纸上。

如果将墨直接刷在凸起的部分，再用纸印出来，得到了就是与碑面相反的字与图，这就是后来雕版印刷的印刷技术。



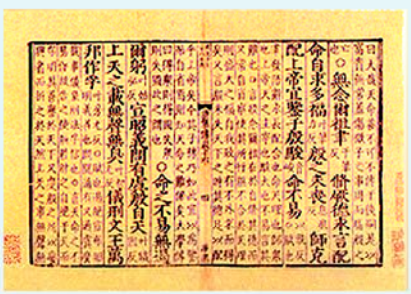
金刚经

这是在甘肃敦煌发现的唐咸通九年(868年)刻印的《金刚经》。



《诗集传》

这是宋代刻印本《诗集传》。《诗集传》为朱熹所撰，共20卷，是宋儒研究《诗经》的一部重要著作。该本刊印精绝，纸墨如新，为传世孤本。



《周易会通》

这是元代刻印本《周易会通》。



《炽盛光九曜图》印本

这是在山西应县出土的辽代《炽盛光九曜图》印本。此印本刻工精细，线条遒劲，是目前所知中国古代木刻着色立幅中时代最早、篇幅最大(94.6cm × 50cm)、刻印最精的珍品。

习俗似乎容易为人所忽视，但实际上却很重要。这里所说的习俗，实际是指书写的习惯问题。

现今流传下来人类最早的文字与图画，有两种书写形式：一是直接书画于岩壁、陶器等物体上的，一是用硬物刻划在泥板、陶器、岩石之上。

虽然这两种形式几乎世界各国的早期都已经出现，但逐渐地还是演变为以第一种形式为主，因为毕竟是直接书画更便捷。尤其是纸张发明以后，直接书画更占了绝对的优势地位。

但与此同时，契刻书画形式并没有完全被摈弃，而是或多或少地始终存在着。这种形式，在古代中国有着特别持久的传统。从最早的陶器、岩石刻划开始，甲骨文、铜、铁器契刻、竹简、木牍、石碑，始终不断而且十分地兴盛。

正是由于这种契刻形式的延绵不断与格外兴盛，才会在一定的时候，创造出雕版印刷。

因此，雕版印刷的发明，在我国完全是一个水到渠成的自然产物。



雕版印刷的产生，在文献上可以追溯到隋朝时期。据隋费长房《历代三宝记》记载，隋开皇十三年(公元593年)十二月八日，隋文帝下令崇佛的诏书中有“废像遗经，悉令雕撰”的话语，表明当时已经有了雕版印刷。

此后，关于雕版印刷的文献记录更是多不胜数。

现存最早的雕版印刷实物，是1966年在南朝鲜发现的《陀罗尼经》，刻于公元704～751年间。

现存最早的明确标有出版年代的雕版印刷品，是唐咸通九年(公元868年)由王介出资刻印的《金刚经》。这份印刷品，是由每张长76.3厘米与宽30.5厘米的印页粘连起来，联成一幅总长488厘米的长卷。扉页还印有一幅释迦牟尼对须菩提的说法像。这份印刷品是1900年在敦煌发现的，但在1907年被斯坦因盗到英国伦敦去了。

雕版印刷技术发明以后，很快应用于生产和生活中。在唐代宗宝应元年(公元762年)后，已经有了商业印刷，而且不久还出现了印刷商人交易、纳税的凭证“印纸”。

当时的印刷品，主要是宗教用品(佛像、佛经)、文教用品(诗集、学术著作、教科书等)、科技及日用品(医书、历书等)。

到五代后唐长兴二年(公元931年)，由冯道等倡议发起刻印儒家经典，一直到后周广顺三年(公元953年)刻成“九经”、《五经文字》、《九经字样》各两部共130册，历时22年。从此，开创了政府的出版事业。

我国发明了雕版印刷技术后，迅速地传入了朝鲜、日本等邻国，到13世纪末传入了伊朗，然后又传到了欧洲与非洲的埃及。欧洲现存最早的雕版印刷的实物，是1423年德国人印刷的“圣克利斯托夫”画像。

从此，人类的文化传播进入了一个崭新的时代，中国的发明再次为全人类作出了巨大的贡献！

八、药事·药典·药王

医药业的隋唐盛世

隋唐的盛世，在医药业的表现更是尽显无遗，无论是在哪个方面，都远胜于前代。

（一）医药的国家管理

隋唐时期对医药的重视，最集中的体现就是建立了完善的国家医药机构与医药教育制度。

国家医疗机构的建立，并非隋唐时期首创，早在3000年前的商、周时期已经开其端绪，以后各朝各代也都承续而下。但隋唐时期的国家医疗机构更为完善，标志着一个新阶段的开始。

当时的医药机构主要是尚药局，隋文帝时隶属于门下省，设典御(正五品)为尚药局的最高长官，直长次之。下设侍御医及医师40人。隋炀帝时，尚药局改隶殿内省，典御改名为奉御，人数增加到二百多名。

唐代的尚药局隶属殿中省，设有奉御2名(正五品下)、直长4名(正七品下)，总人数增加到300多名。

尚药局负责宫廷的医药事务，另外，又有太医署负责政府官员的医药事务，属太常寺。

这样的医药机构，在五代时期基本上得到了延续。

国家的医药教育，源起于魏晋南北朝时期，但那时只是很微弱的萌芽状态，真正显山露水、茁壮成长，则是在隋唐时期。

隋朝开始以太医署为国家最高医学教育机构，唐代继续如此。

太医署的最高行政长官为太医令(从七品下)，以丞(从八品



下)为副助，又有医监(从八品下)、医正(从九品下)等官员进行管理。

具体的教学内容分为医学与药学两大部分：

医学部分，分为医、针、按摩、咒禁四科。每科都设博士、助教、师、工等以教授辅助学生。其中医科的学生，首先必须学习《甲乙经》、《脉经》、本草学等最基本、最必要的课程，然后再分细科为体疗(相当于内科，收学生10人，学期7年)、疮肿(相当于外科，收学生3人，学期5年)、少小(相当于小儿科，收学生3人，学期5年)、耳目口齿(相当于五官科，收学生2人，学期4年)、角法(相当于拔火罐等理疗外科，收学生2人，学期3年)。针科主学经络、针刺，收学生20人。按摩科主学导引、推拿与跌打损伤的诊治，收学生15人。

以上各科是至今犹存的、真正的医学科学，另外还有一科则是现代大多人所不知道、不熟悉的，那就是“咒禁科”。瞧着这个名称，就知道这是一门宗教性的伪医学，但在古代却是“登堂入室”的“正牌”医学学科。在这里就不多介绍了。

这些学生每月都要由博士主考一次，每季由太医令丞主考一次，年终由太常丞总试。成绩优秀的，可以补授官职；连续两年不及格的，则勒令退学。

药学部分，设有专职官员与主药、药童等，又有面积约三顷的药园，招收16至20岁的农家子弟为药园生，学成后可担任

＞知识百科＜

“本草”热

《新修本草》问世以后，在当时的医学界掀起了一个“本草”热，或是对《新修本草》纠错补遗，或是另辟蹊径。在当时，最为出名的本草著作还有：陈藏器的《本草拾遗》10卷，补遗《新修本草》甚多；孟诜《食疗本草》3卷，孟诜曾师从孙思邈，深得其师重视食疗的思想而成本书；李旬《海药本草》6卷，主要记载外来药及岭南药；另外还有郑虔《胡本草》、王方庆《新本草》、韩保升《蜀本草》以及《滇南本草》等，大多反映了地方特色与民族特色。

药园师。

除了国家级的医学教育外，还有地方的医学教育，使得医学人才的培养更为普遍。

唐高祖武德七年(公元624年)，唐政府颁行了完全仿照国子监科举制的医生考试选用方法。方法包括生徒、贡举、制举三种方式：

生徒，是由太医署与地方医学选取成绩优良的学生，送太常寺考试合格，可授予医官之职。

贡举，是未入医校而在州县与京师太常寺逐级考试而合格的。

制举，是医术特别出众、由皇上亲选的。

通过这样一些途径，宫廷、政府希望能选拔出最好的医生。

医药事业有关人的生命安全，当时的法律也有许多的规定。这些法律，在《唐律》中有相当多的记载，从中可以看到医事法规的立项已经开始较为全面、完善。

(二) 第一部官修的药典

我国第一部药典《神农本草经》从汉代诞生以后，虽然历经注说，但随着医药科学的发展，它的落后性日益显示了出来。

终于，盛世的大唐决意重修一部更为杰出的药典。

唐显庆二年(公元657年)，经苏敬提议，唐王朝组织了长孙无忌、许孝崇、李淳风、孔志约等22人与苏敬等一起共修新本草。

为了修好这部本草，唐王朝下令在全国范围征求药物，绘出图谱。同时，对旧有记载的药物一一进行核验。显庆六年(公元659年)终于修成了这部《新修本草》。

《新修本草》，又名《唐本草》、《英公本草》、《英公唐本草》。全书共54卷，分为三大部分：(一)《本草》20卷，是全书的正文；(二)《药图》25卷，《目录》1卷(53卷本无)；(三)《图经》7卷。

《新修本草》共收有药物850种，分为玉石、草、木、兽禽、虫鱼、果、菜、米谷与有名无用9部，前面8部又都分上、中、下三品。每种药物的药性、产地、采制要点、疗效等等，都有记载。凡是新增的药物，都标明“新附”、“新注”。

《新修本草》是我国也是世界上第一部由国家政府组织修纂颁行的药典，比世界上其他任何一部国家药典至少要早五至八个世纪，因此有着“世界第一部药典”的美称。

可惜的是，《新修本草》到北宋时就已经佚失了，现在人们所能见到的，只是后人根据一些残本与它书中辑出的内容，与原书相去甚远。这又是一个重大的损失！



孙思邈像

这是唐代医药学家孙思邈。他一生好学，医术高明，且医德高尚，对病人不分贫富贵贱，一视同仁，精心治疗。他既继承了我国古代中医学的优秀传统，又根据自己行医五十年的实践加以丰富补充，开辟了中医学史上勇于创造的新风。主要著作有《千金要方》和《千金翼方》。

（三）药王与名医

隋唐五代时期，由于国家对医药事业的重视，医学名家迭出不尽，医学名著成批涌现。

1．药王孙思邈

这时期最杰出的医学大师，当然要数孙思邈。

孙思邈(581—682)，京兆华原(今陕西耀县孙家塬)人。因为他又是著名的道士与炼丹家，加之他特别长寿，所以人们尊称他为“孙真人”。

孙思邈从小就十分聪颖，很小就完成了各种学业，而使他最终选择走上从医道路的原因，则是因为他自己幼时体弱多病以致耗尽家产，所以他立志行医来造福于民。

由于孙思邈深深地以解救民众的疾苦为己任，医德



邮票上的孙思邈

这是1962年为纪念孙思邈在医药学上的成就而发行的邮票。孙思邈曾被人民称为“药王”。他的故乡在秦岭，他走遍各大名山，搜集药材。他特别重视医药中的特效药，如治疗甲状腺肿和脚气病的验方，比西方要早一千年。

高尚，精研医术，他的医术达到了炉火纯青的峰巅，成为当时最杰出的医学大师。

孙思邈的医学成就与贡献，最集中的体现就是他的《备急千金要方》一书。

《备急千金要方》，简称《千金要方》或《千金方》。书名用“千金”二字，是为了表明他“人命至重，有贵千金”的思想。书名又用了“方”字，表明原意本是一本方剂学的医书，但实际内容大大超越了“方书”的范畴，从医德医伦到具体的诊法、处方、食养、导引、按摩、针灸，以至咒禁之类，无所不备，实际上是一部临床医学的百科全书。

全书共30卷。卷1为总论，是对习业、精诚、理病、诊候、处方、用药等理论性的总述；卷2～4论妇产科的诊治；卷5论儿科病的诊治；卷6论五官科的诊治；卷7～21论内科病的诊治；卷22～23论外科病的诊治；卷24～25论解毒与急救(相当今天的急诊)；卷26论食养、食疗；卷27论养生、导引、按摩等；卷28论脉诊；卷29～30论明堂、孔穴等针灸技术。全书共分232门，合方论5300首，规模与门类都是空前的。

《千金要方》最主要的成就，在于以下三个方面：

一是对医德医风的高度重视。

孙思邈的医学思想体现了人道主义思想，提出“贵贱贫富，长幼妍蚩、怨亲善友、华夷愚智”，都要如同至亲一般；他要求医生不能“自虑吉凶，护惜身命”，必须视病人疾苦“若己有之”，必须“勿避险巇、昼夜寒暑、饥渴疲劳，一心赴救”。其次，他对那些自以为是、夸夸其谈、华而不实、临事无方的医生极为不满，他要求医生必须是“省病就医，至意深心；详查形候，纤豪勿失；处判针药，无得参差”；“临事不惑，审谛覃思”。

二是对疾病与医科分类的探索。

从全书来看，孙思邈对医科的分类已经较为完善合理，妇、儿、内、外、五官诸科的分类，与现代的分科基本一致。而孙思邈特立的解毒与急救、导引与按摩、脉诊与针灸，则与现代的急



诊、推拿、针灸诸科相当，可见确有其合理的内核在其中。

孙思邈第一次将妇产科从“少小科”独立了出来，而且将妇、儿两科列在各科之首，这既反映了他对妇女儿童特别的同情，也反映出了他对这两科疾病的独特性比他人认识得更为清楚、深入。

再者，他对内科疾病的认识颇具卓识。除了像风病、伤寒等全身性的疾症外，其他的都分别归入互相表里的五脏六腑的门类中，这是一个很合理的细类划分法，是孙思邈的首创。

三是精深博大的诊治医术。

孙思邈的医术之精湛，是众口皆碑的，在《千金要方》中，几乎每一种疾病都体现出了这种特色，以下只能略举数例。

第一次揭示了消渴病（糖尿病）病人的尿是甜的这一诊断要点，而且特别指出了在治疗中饮食作用的重要性。

书中第一次记述下颌骨脱臼手法复位的技术，创造了用葱管导尿技术，用鸡翎做成钩针进行眼科与口腔小手术等。

绘制分娩“产图”，用于指导产妇与接生者。这个方法，与现代西医完全吻合。

开辟了世界医药学史上的新途径——饮食疗法。他用谷白皮煮粥常食治疗脚气，用动物甲状线治疗大脖子病，用动物肝脏治疗夜盲症，用动物肾补肾，用甲鱼壳治疗小儿佝偻病等等。

经络学说与针灸技术是我国的独特医术，孙思邈在前人的基础上绘制了新的针穴经络图(古称“明堂图”)，更为明晰、正确。孙思邈总结、创造出了非经络体系的“阿是穴”与经外奇穴，并一直沿用至今。

在《千金要方》之后，孙思邈还写了《千金翼方》来补充前书，两书共成一个整体，但后书的成就明显不如前书，其迷信的成份更多了。

总之，《千金要方》与《千金翼方》是孙思邈对前代与民间医学成果的集大成之作，也是他个人医学成就的结晶，无论在中国还是世界医学史上，都享有极高的地位与声誉。

这两部医书问世后，不仅在中国成为学医者的必读著作，在日本与朝鲜也产生了重大的影响。书中的许多思想与技术，至今仍然栩栩生辉、光彩依旧！

2．巢元方《诸病源候论》

巢元方是隋朝大业年间的太医博士，当时他与一些医士奉诏修纂医书，最终写成了这部《诸病源候论》。

《诸病源候论》，简称《巢氏病源》，成于隋大业六年(公元610年)。全书共50卷67门1729论，其中卷1～27论风热虚寒的内科病，共784条；卷28～36论外科病，共407条；卷37～44论妇科病，共283条；卷45～50论儿科病，共255条。

这部书特点鲜明，主要是论述各种疾病的病因、病理、病机、病变，也就是疾病的诊候理论，而对于治疗只是略提一下，或忽略不谈。

本书的医学成就，主要体现在以下几个方面：

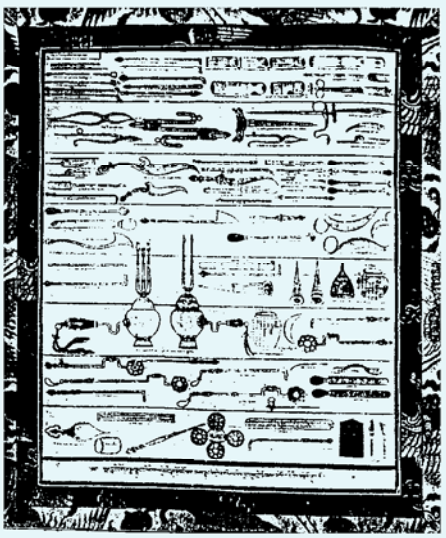
首先是创造了疾病记载的数量之最。从全书可见，疾病有1729种，据南宋陈言《三因方》所载，原本应有1800多种，可能曾有些佚失。但就是1729种，在当时已经是数量之最了。

其次是详细准确地记载了疾病症状。此前的医书，大多重治疗，对于疾病症状的记载或详或略，有的甚至全然省却。本书除了对大病作特别详细记载外，对小病也有准确的描述，使学医者很容易掌握。即使是现代人，也能很准确地与现代病名相对照起来。这些详细准确的病症记载，是当时无数行医者临床观察经验的总结，绝不是能凭空杜撰出来的。

再次是具体分析了疾病机理。在这一点上，本书以《内经》为本，再加以具体的阐发。这些阐发，使得原本比较抽象难懂的《内经》理论，能够与临床的实践紧密地结合起来，对于完善整个医疗理论体系起了很大的作用。

本书问世以后，成为后世行医者必读的医书之一，也成为了后世医书的借鉴对象。如孙思邈的《千金要方》、王焘的《外台

秘要》等等，都不同程度地借鉴过本书。特别是王焘的《外台秘要》，医论部分几乎全都是引自本书的，可见本书在当时的影响之大。



藏医医疗器械图

这是清代的亚麻布画，其中内容为据《四部医典》绘制的藏医医疗器械。该图所收绘之藏医医疗器械计约90种，包括：各种诊断器械、外科手术器械、治疗器具等，充分反映了藏医学医疗技术的发展水平。

3．其他名医与名著

王焘的《外台秘要》，是唐代又一部综合性的大型医书，全书共40卷，共分1048门(旧载为1104门，可能有佚失)。其中医论部分引《巢氏病源》为主，医方部分引《千金要方》为主，共引医书69家2802条，可谓是保存之功居伟。

范汪的《范东阳方》170卷、法支存的《申苏方》5卷、秦承祖的《脉经》6卷、《秦承祖药方》40卷、徐文伯的《徐文伯药方》2卷、徐之才的《徐王方》5卷、《徐王八世家传效验方》10卷、《雷公药对》2卷、陈延之《小品方》、姚僧垣的《集验方》、王冰注《素问》等等，对后世都有很大的影响。

唐代还有一部很值得重视的少数民族医书，即当时吐蕃宇陀·元丹贡布等共同撰著的《四部医典》。

《四部医典》是一部综合性的大型藏医著作，是藏医学的一部集大成著作。全书有总则本、论述本、密诀本、后续本四大部分，所以命名为《四部医典》，细分156章，24万字左右。

总则本部分共6章，记述人体生理、病理、诊断、治疗的一般理论与知识。论述本部分共31章，记述人体解剖构造、药物性能、医疗器械、治疗原则等，附有彩图35幅。密诀本部分共92章，记述各种具体疾病的诊断与治疗，附有彩图16幅。后续本部分有27章，记述诊断方法与方剂配合，附彩图24幅。

百工竞技

阅读中国·科技史卷

【第五章】

凌当绝顶的风采

（宋元时期）

在五代时期的短暂分裂之后，中国的历史又迎来了一个相对稳定的时期。

从公元960年北宋建立到公元1368年元朝灭亡的四百多年间，只有在北方地区出现了民族间的纷争与战事，在南宋时出现了南北的对峙，其他时间则基本保持了稳定。

相对稳定的环境，加之隋唐以来的发展，使得这时期在经济、文化上都有了新的发展。

古代中国的科学技术，将步入历史上最为灿烂辉煌的黄金岁月！



一、火药·指南针·印刷

三大发明的“立身扬名”

古代中国最为著名的“四大发明”，除了造纸技术早已成熟外，其他的三项都是在宋代取得了重大的突破而才真正“立身扬名”。

（一）火药与火药武器

火药的发明是在唐代，而真正的发展则是在宋代。

火药在宋代的发展，表现在以下几个方面：

其一，火药制造开始走出炼丹房，制造者由炼丹家们变为了研究者与工匠。

火药本来就不是炼丹家们所一心想要的不死药，当他们把火药献给了军事家们后，也就不再在提高火药的威力上多下功夫了。

而军事手工业的研究者与工匠们，则对火药这一新事物极感兴趣，为他们的研究开辟了新的用武之地，他们也就成了这一领域的新主角。

其二，火药的配方开始成熟化。

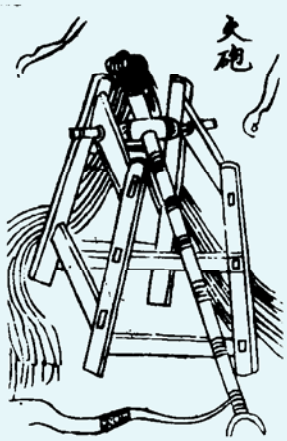
唐代的火药配方只是刚刚开始尝试的阶段，各种火药的方子都不固定，也没有较为定量的配比。到了宋代，配方的定量逐渐地固定化、合理化。

在宋代著名的《武经总要》中，

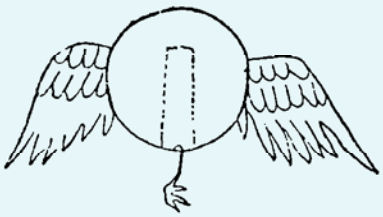


北宋三种火药配方

北宋曾公亮的《武经总要》一书中，收录了分别在毒药烟毬、蒺藜火毬、火炮使用的三种火药配方。它们是硝、硫、炭三元火药体系的完整形态。



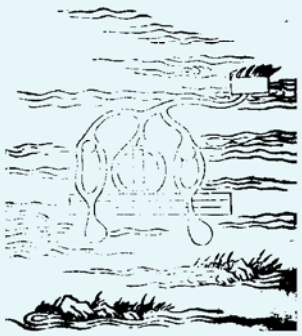
火砲（上左）
这是火砲，可以把火药包抛入敌群，爆炸杀伤敌人。



飞空震天雷炮（上右）
这是飞空震天雷炮，用火药推进，在敌人上空爆炸，是现代火箭的祖先。



神火飞鸦（下左）
这是神火飞鸦，用四支火箭推进，做成鸟的外形，有利于滑翔。腹中装有火药，着陆后可以烧敌人的军营粮草，在水上可以烧敌人的战船。



水底龙王炮（下右）
这是水底龙王炮，用来破坏敌人的战船，是现代水雷的先驱。

记载有三个火药的配方——毒药烟毬、蒺藜火毬、火炮火药，虽然它们的具体用途不一，而且因不同用途在配方中加入了不同的辅助药物，但最基本的配方已经基本固定，由硫磺、烟硝、木炭构成为最基本的成份。

最重要的是，这三种成分的配比形成了较为合理的定量化。在唐代的火药配方中，硫与硝的配比是1∶1，二者基本等量。而在以上所举的三个火药配方中，硫与硝的配比已经增加为1∶2至近于1∶3。这个配比，已经与后世黑火药的配比接近了。

其三，火药武器愈益丰富与火药配方愈益多样化。

火药最初在军事上的使用，是作为强燃烧剂替代油脂柴草



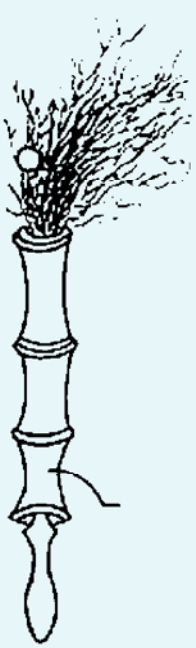
至顺三年铜炮

这是元至顺三年(公元1332年)制造的铜炮，是中国也是世界现存最早的有明确纪年的火铳。铳口外张似酒盏，故名盏口铳或盏口炮。铳身刻有字："至顺三年二月十四日绥边讨寇军第三百号马山。"

之类。据《宋史·兵志》记载，最早的火药武器是冯继昇呈献的火箭，后来又有火毬、火蒺藜、毒药烟毬等，都是这类武器。从《武经总要》所记载的毒药烟毬与蒺藜火毬的配方来看，根据具体用途的不同，除硫磺、烟硝、木炭这些最基本的成份外，还分别加入了草乌头、芭豆、砒霜与沥青、干漆、桐油、蜡、麻茹、竹茹等，使得配方更丰富多彩。这样的配方，显然是经过一定时期的试验与提高才形成的。

火药的真正威力，体现在它作为爆炸物的时候，即火炮武器出现的时候。这个时候，开始于北宋末年。

当时的火炮，大致有纸制、陶制、铁制等数种，威力最大的当然是铁制的，相传是"声如雷霆"、"闻百里外"，"人与牛皮皆碎迸无迹，甲铁皆透"(《宋史》、《金史》有关记载甚多)。但这些火炮，基本上类似于后世的炸药包、炸弹、地雷之类的爆炸武器，还不是真正的管射火炮。



突火枪

这是南宋理宗开庆元年(公元1259年)宋军发明的管状火器——突火枪。它以巨竹筒为枪身，内部装填火药与子窠(子弹)。点燃引线后，火药喷发，将子窠射出，射程远达150步(约230米)。这是世界上第一种发射子弹的步枪。

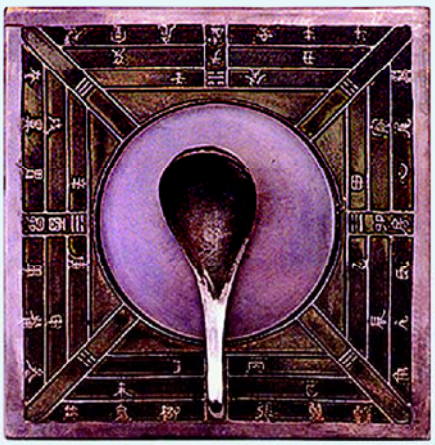
最早的管形火器产生于南宋初年，是从筒箭的启发中产生的，称之为突火枪。突火枪是以竹筒打通后制成的，内装火药，长的要二人共抬，放时如炮声，"远闻百五十余步"。据《金史》记载，突火枪的火药配方中除了硫磺、烟硝、木炭外，还有铁滓、磁末、砒霜等。这时的火药配方更有提高，能够做到火药烧尽而竹筒不损坏。

至于铜制的或铁制的火炮(当时称"铳")，则大致产生于元代，现中国历史博物馆所藏最早的金属火炮是元至顺三年(公元1332年)所造的铜火铳。这种火炮，所填装的已经不是铁渣、磁末，而是特制的



“子窠”，威力更大，已经接近于后世的炮弹头了。

管形火器的产生，是兵器史上的一个新的里程碑，是现代兵器的先河，具有极其重大的意义。



司南（模型）

这是汉代司南（模型）。司南由青铜地盘与磁勺组成。地盘内圆外方，中心圆面下凹，圆外盘面分层次铸有八天干，十二地支，四卦，标示二十四个方位。磁勺是用天然磁体磨成，置于地盘中心圆内，静止时，因地磁作用，勺尾指向南方。

（二）指南针与航海

磁石与磁铁的定向性性质，我们的先祖在先秦时已经发现，并且在战国时制成了最早的指向器具“司南”。

司南，实际是一种用天然磁石制成的、样子为圆底的勺子，再放置在刻有方位的“地盘”上，勺柄能指向南方。这是我们先民的一项伟大的创造发明。

由于天然磁石的磁性弱，而且在制作过程中遇击、遇热、受力时易于失磁，磁勺与地盘间的摩擦阻力较大，所以指南效果不佳，使得司南在很长的时期里得不到推广普及。

这样的状况一直到宋代才有了新的突破，这个新的突破，就是人工磁化技术的发明，它最终促成发明了指南针。

当时的人工磁化技术，主要有二种方法：

一种是用天然磁石磨擦钢针，使钢针磁化（见《梦溪笔谈》卷24）。这个方法的特点是简便易行，只是必须先要搞到磁石，而且钢针磁化后的磁性较弱。

另一种是薄铁片剪成所需的形状（一般较小），然后放入炭火中烧红，用铁钳钳出后，将尾部对准子位（北方），放入冷水中蘸火（只要尾部入水），再放入密闭的磁性匣子中，铁片就能获得较强的磁性（见《武经总要》前集卷15）。

这后一种方法，是一种利用地球本身的强大地磁场使铁片磁化的方法。放在火中烧，是使铁片内部的分子活化，便于磁化。再淬火，就能使铁片钢性化，使磁性不易退化。尾部对准北



水浮法指南针（模型）
这是北宋四种指南针之一——水浮法指南针。将几段灯草横穿在带磁性的钢针上，放在盛水的瓷碗中，灯草连同磁针浮於水面，磁针即指示南北。这种指南针实用性强，最先应用于航海导航。



指南针碗
这是元代指南针碗，碗内底部绘有指南浮针的图形。

方，即头部对准南方。骤然的降温，内部分子在地磁场的作用下重新排列而获得磁性。但这时获得的磁性仍较弱，所以最后要放入磁匣中，增强磁性。

人工磁化的整个过程无疑是多次实践的经验总结，最终形成为一个完善的程序。这个方法的发明，在磁学与地磁学史上，都是一件意义特别重大的事，表明人类在这个领域开始迈入了自由王国。

由于在人工磁化技术上取得了如此重大的突破，也才有了下一步——指南针的发明。

“指南针”，是现代流行的指向仪器称呼，古代则因为有鱼、龟、针等不同的形状而称呼各异。当然指示件具体是什么形状并不重要，重要的是什么样的装置形态。

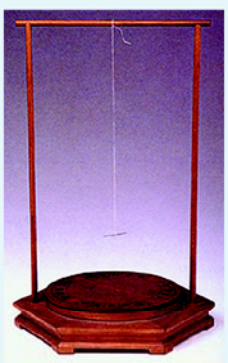
现在可知当时的装置形态共有五种：

一是“水浮”法。或是将磁针穿在灯草芯中，放在水面上；或是用铁片做成鱼形，钉上木片，浮在水面上，这就是指南鱼，对人而言，多几分生动感。

二是“指爪”法。是将磁针放在指甲盖上，让磁针自由转动指向。

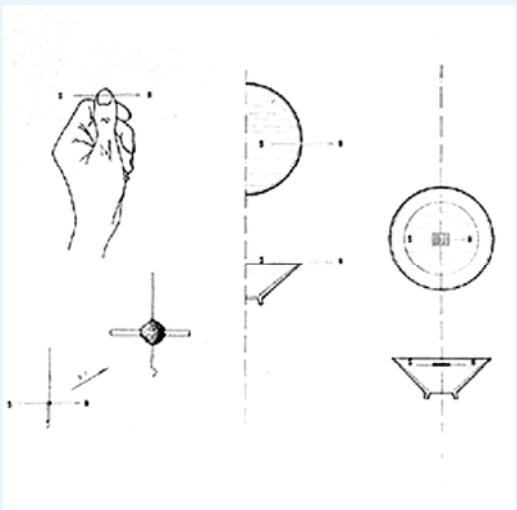
三是“碗唇”法。将磁针平放在碗唇上，磁针会自由转动。

四是“缕悬”法。用细丝系在磁针中间，用蜡少许固定，再悬挂在没有风的地方，磁针总是指向南方。(以上四法见《梦溪笔



缕悬法指南针
这是北宋四种指南针之一——缕悬法指南针(模型)。其结构是：以独根蚕丝用蜡粘接磁针中部，悬挂於木架上，架下放置方位盘。磁针垂于方位盘中心上方，静止时，因地磁作用，其两端分指南北。

谈》卷24，第一法又见《武经总要》前集卷15)



缕悬法、水浮法、指甲法、碗唇法指南针示意图

这是北宋时制造的缕悬法、水浮法、指甲法、碗唇法这四种磁性指南工具。缕悬法是用蚕丝粘接磁针中部，悬挂于木架上来指示南北。指甲法和碗唇法则是将磁针分别放在指甲或碗唇上，磁针以接触点为支撑，可左右摆动，静止时，其两端分指南北。

五是支点法。用较轻的木头刻一只乌龟，龟内安装磁铁一块，再在龟腹上挖出一个尖状的光滑小穴。另外用一块木板，竖立一根竹钉。再将龟腹的小穴对准安放在竹钉上，木龟能自由轻便地转动，就会头朝向南方。(此法见《事林广记》)

在以上诸法中，“水浮法”与“支点法”的价值最高，因为它们就是后世水罗盘与旱罗盘的先声。

指南针诞生以后，得益最大的要数航海事业。在此之前，白天以太阳定方位，黑夜以月亮、星辰定方位，如果是天阴而见不到日月星辰，也就无法定方位，只能停航了。自从有了指南针，就不管白天黑夜、天气如何，都能航行了。

早在北宋元符至崇宁间(公元1098—1106年)，朱彧《萍洲可谈》与稍后徐兢《宣和奉使高丽图经》中，都明确记载了用指南针导航的事实。

古代中国先民的这项卓越的发明创造，在丝绸之路的驼铃声中传到了阿拉伯国家。大约在公元1180年左右，又由阿拉伯传入了欧洲。

指南针发明后，人类全天候航行的能力得到了极大的提高，中国为全人类航行能力的提高作出了无可替代的卓越贡献！

地磁偏角示意图

这是地磁偏角示意图。地球本身是一磁场，有南北两个磁极，其连线称为磁子午线。地球南北极是人类用以标示方向的基点，其连线称地子午线。磁极与地极并不重合，故磁子午线与地子午线交叉，形成夹角，这就是地磁偏角。地磁偏角因地点、时间的不同而经常变化。北宋科学家沈括以缕悬法指南针作试验，首先发现了地磁偏角。





毕昇像

这是中国古代著名发明家毕昇，他于宋仁宗庆历年间(公元 1041 —1048 年)，发明了活字印刷术。

(三) 印刷第二篇

隋唐时期发明的雕版印刷，宋元时代大为普及，而且形成了汴梁、蜀中、建阳、杭州等印刷业的中心地区。

宋代初年，成都地区印行规模巨大的《大藏经》1076部5048卷，从开宝四年(公元 971 年)开始，历时 12 年才完工。到了南宋初绍兴二年(公元 1132 年)，王永从在湖州刻佛经 5400 卷，1 年就告完工。可见雕版印刷在当时发展之迅速。

宋版图书声誉极高，是古籍中的精品，这不仅是因为时代之早，还由于宋版书刻工精良、版式精美，每观其书，既能得到知识，又能得到美的享受，这是宋版书所独有的绝世风采！

雕版印刷的发明，是人类印刷史上一个重大的突破，但雕版印刷也有不足之处。这不足之处表现为：一是刻一部书费时费工，大部长卷甚至要多年才能完成；二是版片占地甚大，如果还想重印，保存就极不容易，如果印书多了，要用多少房子来保存呢?

终于，在宋代迎来了人类印刷史的第二篇——活字印刷。

据《梦溪笔谈》所载，北宋庆历年间(公元 1041 —1048 年)有一位平民毕昇，发明了用胶泥刻字，再用火烧硬，然后在一块铁板上将松香、蜡、纸灰等混在一起放上，围上铁框，将泥活字排满后，在火上一烘，松香和蜡就会融化，再冷却后就将所有的泥活字都粘在了板上。印完以后，再用火一烘，松香和蜡又都融化了，就能取下泥活字，以后再用。

当然，实际使用时，活字要多造一些，常用字与特别常用字就更要多造一些。这样，才能用得过来。

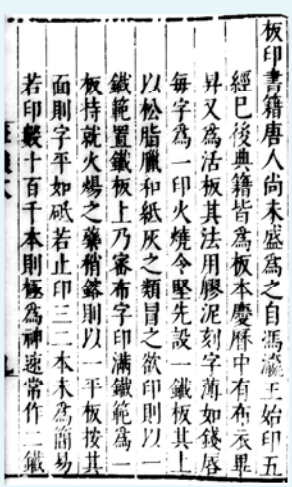
毕昇曾经尝试用木材试制活

《梦溪笔谈》中关于毕昇活字印刷的记载(底片 907、908)

这是北宋沈括所著的《梦溪笔谈》中关于毕昇活字印刷的记载。



板一板印刷一板已自布字此印者幾畢
則第二板已具更互用之瞬息可就每一
字皆有數印如之也等字每字有二十餘
印以備一板內有重複者不用則以紙
之每韻爲一貼木格貯之有奇字素無備
者旋刻之以草火燒瞬息可成不以木爲
之者文理有疎密沾水則高下不平兼與
藥相粘不可取不若燔土用訖再火令藥
鎔以手拂之其印自落殊不沾汚昇死其



板印書籍唐人尚未盛爲之自馮瀛王始印五
經已後典籍皆爲板本慶曆中有布衣畢
昇又爲活板其法用膠泥刻字薄如錢唇
每字爲一印火燒令堅先設一鐵板其上
以松脂臘和紙灰之類冒之欲印則以一
鐵範置鐵板上乃密布字印滿鐵範爲一
板持就火煬之藥稍鎔則以一平板按其
面則字平如砥若止印三二本未爲簡易
若印數十百千本則極爲神速常作二鐵



字，但当时由于一些技术问题未能解决，最后还是只能用泥活字。

但我们的先人们并没有因此而止步，他们继续不懈地努力，终于攻克了许多的技术难关，制成了木活字。木活字与泥活字相比，自然是更为经久耐用。

木活字最先是何人制成的，现在已经不得而知。今人所能见到最早有关木活字的记载，见于元代王祯的《农书》。



泥活字板

这是北宋毕昇发明的泥活字板印刷术(示意模型)。排版时用两块带框的铁板，板上铺一层松脂、蜡、纸灰的混合物。先将泥活字依据需要排在一块板上，用火烤板底，混合物遇热熔化，再取另一铁板将字压平，待混合剂凝固，就可印刷了。另一铁板接着排字，两版交替使用。第一版完后，再加热熔化药剂，就能将活字取下，另行排新字。

王祯在《农书》中，对于木活字的书写、刻制、修整与木活字排版印刷等问题有较详细的记载。从中可以看到，毕昇当年制作木活字未能成功的诸多问题，在王祯手下都已基本得到解决。

王祯还发明了转轮字架，一个排字工身边左右各放一个字架：一个是韵轮字架，是按音韵次序排列存放木活字；另一个是杂字轮字架，放上一般的常用杂字。工作时，一人在旁按稿件上的文字逐个报出韵部编号，排字工就能迅速地在架上取字排版，工作效率极高。

据记载，王祯在安徽旌德指导工匠制作了木活字三万多个，并且在元大德二年(公元1298年)试印六万多字的《旌德县志》，结果不到1个月就印出了100部，而且质量极佳。

＞知识百科＜

现存时代最早的活字印刷

现代对印刷技术探源的研究中，发现早在春秋中期的著名青铜器秦公簋的铭文中，就已经有了活字字体，明显地可以看到几个相同的字是用同一个字模制作出来的。

近年来，我国学者在整理俄罗斯所藏的旧黑水城西夏文献时，发现了4种现存最早的活字印刷文献，其中有泥活字印本《维摩诘所说经》、木活字印本《德行集》、《三代相照言集文》、《百法明镜集》，都是佛教经典。另外，敦煌博物院在丝绸之路上发现了6枚回鹘文的木活字。

所有这些，都是现存时代最早的活字印刷实物。



《吉祥遍至口和本续》

这是在宁夏贺兰出土的用西夏文木活字印刷的佛经《吉祥遍至口和本续》，是最早的木活字印本之一。



回鹘文木活字
这是在甘肃敦煌发现的元代回鹘文木活字。

从此，木活字逐渐地取代了泥活字，成为古代时期活字的主体。

从元代开始，还有人开始尝试制作金属活字，王祯的《农书》中就记载了“近世又铸锡作字”。此后，出现了铜、铅制作的活字，大大扩展了活字的材质，并且最终成为近代的主体活字。

活字是古代中国的一项伟大的发明，从雕版到活字，中国人民以其天才与勤奋为世界科学与文明作出了无与伦比的巨大贡献！

二、沈括

中国整部科学史中最卓越的人物



沈括画像
沈括(1031—1095)字存中，钱塘(今浙江杭州)人，我国北宋时期卓越的科学家。所著《梦溪笔谈》，涉及天文、历法、数学、物理、化学、医药、地理及工程技术等各个方面，是中国历史上最重要的科技著作之一。

在宋元这个古代中国科学技术最高的巅峰时期，人才辈出、成果卓著，而最杰出、最伟大的人物，要数宋代的天才大师沈括了。

英国著名科技史学者李约瑟称颂他是“中国整部科学史中最卓越的人物”。

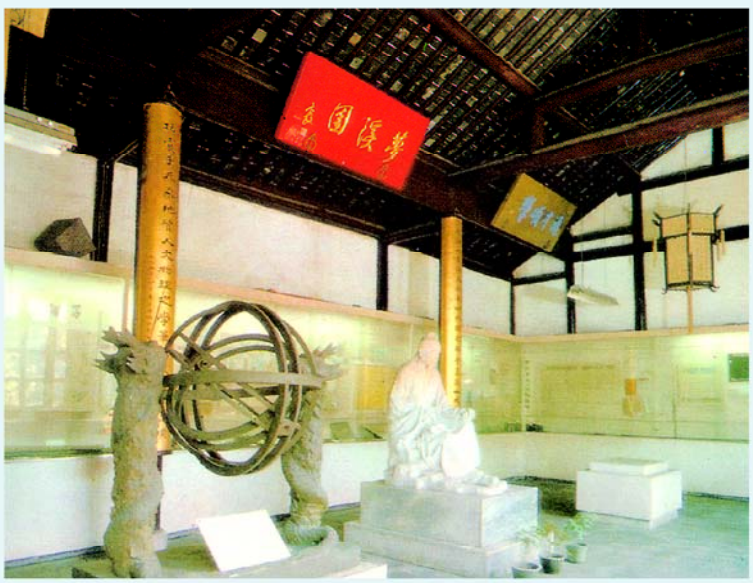
日本数学家山上义夫认为：“沈括这样的人物，在全世界数学史上找不到，唯有中国出了这样一个。我把沈括称做中国数学家的模范人物或理想人物，是很恰当的。”

美国科学史学者席文则称沈括是“中国科学与工程史上最多才多艺的人物之一”。

那么，沈括究竟有什么重要的贡献呢？

沈括(1031—1095)，字存中，北宋钱塘(今浙江杭州)人。

沈括出身于一个官宦世家，从小就受到良好的教育，打下



梦溪园内沈括纪念馆
这是镇江梦溪园内的沈括纪念馆。

了扎实的基础。

沈括弱冠时就踏上仕途，23岁考中进士，熙宁五年(公元1072年)兼任提举司天监，主持修撰奉元历以取代唐代的大衍历，后来又参加了王安石变法。几经坎坷后，在元佑二年(公元1087年)因完成《天下州县图》(亦名《守令图》)而被特许“任便居住”，次年(公元1088年)，他正式结束三十多年的仕途生涯而定居于润州(今江苏镇江)梦溪园，开始了晚年生活。就在这里，他写出了一系列重要的著作，一直到他故世。

从以上所述来看，沈括的一生似乎并没有什么惊天动地的创造发明，那么，他又是怎么获得世界学者们的高度评价的呢?

沈括在世界科技史上的崇高地位，是由这样两个方面的成就所奠定的。

一是具有极其渊博的科学技术知识。

沈括一生最美好的时段，都耗费在具体繁杂的政事上。从皇佑三年(公元1051年)到元佑二年(公元1087年)的36年中，沈括频繁地从一个官职调到另一个官职，大多的官职与科学技术没有什么直接的关系。但沈括对一切知识(包括自然科学与社会



《梦溪笔谈》书影
这是沈括的《梦溪笔谈》，集中体现了他的科技成就和科学思想。

科学)都有着痴爱之情，在繁忙的政务之余，在那点滴的缝隙之间，他像海绵吸水那样吸取一切知识。凭着这样的挤劲与钻劲，沈括成为了一个学识极其渊博的大学者。《宋史·沈括传》说他“博学善文，于天文、方志、律历、音乐、医药、卜算无所不通，皆有所论著”，非但毫不过分，反而还有些不足(因为沈括所通晓的领域远不止此)。

沈括一生的著述甚丰，共有40种左右，在《宋史·艺文志》中著录的就有22种155卷之多。可惜其中大多已经佚失了，现在能见到的只有《梦溪笔谈》、《补笔谈》、《续笔谈》、《苏沈良方》、《忘怀录》、《长兴集》等。

沈括的科学技术知识与思想，主要体现在《梦溪笔谈》(包括《补笔谈》、《续笔谈》)与《苏沈良方》中。《苏沈良方》是一部医方汇编，体现了沈括在医学领域耕耘的成果。《梦溪笔谈》则是沈括知识思想最集大成的总汇。

《梦溪笔谈》共有30卷，分17类、609条，共十余万字。按照李约瑟的统计，其中有207条与自然科学相关，涉及阴阳五行理论、数学、天文与历法、气象、地质与矿物学、地理与制图、物理学、化学、工程、冶金及工艺、灌溉与水利工程、建筑、生物学、植物学与动物学、农艺、医药与制药学等学科。实际上，涉及了古代自然科学所有的领域。

有着如此广博的知识，这世上又有几人能望其项背呢？

二是致力于极其精深的科技理论探索。

由于种种条件与原因的限制，沈括一生很少有缘亲自进行科学技术的实践，而且在这方面似乎不具备特别的天赋，因此，在有限的一些实践中虽然也取得了一些成就，但并没有取得特

别重大的突破。

沈括的天赋，主要在于理论上的探索，在这方面，他取得了超越当时人们的诸多成就。

在天文学领域，沈括曾兼任过提举司天监一职。在此任上，他主持制造的浑仪，一改唐代极繁的风习，最先删去了白道环，放大了窥管口；他主持制造的浮漏，把曲筒管改为直颈玉嘴，并移到了壶体下部，使流水更舒畅，这个改动一直延用到清代；沈括还主持制定了奉元历，这部立法没有什么出众之处，但他主张“根据实测来修历”的思想成为后来郭守敬修历的指导理论。

与这些并不怎么引人入胜的实践成果相比，他的“十二气历”发明倒是更具创造性、更有价值。

古代中国的历法是一种阴阳历，即以太阳的运行定年，以月亮的运行定月，但这两者在日期上极难吻合，于是就要以置闰来调整，操作上十分复杂麻烦。

针对这种状况，沈括破天荒地提出废弃阴历，即按节气来定月，每年以立春为一年的开始，每个月拥有 2 个节气，大月 31 日，小月 30 日。这样，不仅免除了阴历带来的麻烦，而且可以做到“岁岁齐尽，永无闰月”。

沈括的这个设想，实际上就是现代所通行的历法(只是岁首日与现代不同)，在当时完全是一个了不起的思想，只是当时的人们还无法接受，这也恰恰证明了他的超前意识与思想的领先性。后来英国在 20 世纪 30 年代为指导农业生产所用的萧伯纳历，实际上与“十二气历”是一个道理，但却晚了近 900 年。

在地理学上，沈括在他辗转于各地的旅途中，时时迸发出思想的火花。

他在按察河北西北路时，看到太行山的山崖间“往往衔螺蚌壳及石子如鸟卵者，横亘石壁如带”，沈括就作出了精辟的分析。沈括在这里首先是指出了海相沉积的结构特征——“横亘石壁如带”，这是史料记载的第一次。沈括又分析了沧海变桑田的另一个原因：水流搬运物质堆积而成。这是人类第一次提出

元代的铜壶滴漏

这是元代的铜壶滴漏，是古代的一种计时仪器。它由日壶、月壶、星壶和受水壶四壶组成，每壶都有盖，放在阶梯式的座架上。水从日壶中依次下滴，进入受水壶，壶中水位上升，木箭(标尺)随之上升。观其刻度，即知时间。





沈括的共振实验图

这是沈括正在做声学上的共振实验。他把两张琴上的弦都调好，使之一一对应，然后在一张琴的弦上放置一些剪好的小纸人。当他弹拨一张琴上的弦时，另一张琴相应的弦上的小纸人就会随之而跳动，而不相应的弦上的小纸人则不跳动。这一简单的实验提供了确凿的事实，验证了“同声相应”的共振原理。

“流水堆积作用”思想，并且第一次用这一思想解释华北平原这样具体地貌的成因。

沈括的这一思想，与我国原来已有的海水下降学说一起，组成了我国关于“海陆变迁”地质变化的早期理论，遥遥领先于整个世界。

沈括在浙东雁荡山游历考察时，对雁荡山的成因第一次作出了科学的分析。

雁荡山坐落在群山环抱的谷地中，在山外什么也看不到，而进入谷地，就满眼峭拔险怪的山峰。沈括仔细考察以后，指出这种奇特的地貌是“谷中大水冲激，沙土尽去”而造成的。这是人类第一次提出“流水侵蚀”的理论并运用解释的实例：流水将较松的沙土运走，从而留下如刀切般的峻峰与山谷，在某些下切不均匀的地段又形成瀑布，渗入地下的水流又侵蚀出地下洞穴，这就是雁荡山复杂奇特地貌的成因。

同时，沈括还指出：世上凡是类似的地貌，都出于同一种成因。如成皋、陕西的黄土高原地区，那些直立高达百尺的沟壁，与雁荡山地貌的成因一致。

在欧洲，这一理论出现于18世纪末英国学者赫顿《地球的理论》一书中，比沈括要晚700年左右。

化石是人类研究古生物、古地质学的重要物证，古代中国很早就有关于化石的记载，但最早正式定出的，是沈括，是《梦溪笔谈》。

沈括在出使契丹后，制作了比以往更科学的地形模型，使古代中国地形模型的制作技术上升到了新的水平。

在数学上，沈括有二项建树格外值得重视。一是“隙积术”，即首创了矩塔形堆垒物的计算公式$V=\frac{n}{b}[a(2b+B)+A(2B+b)+(B-b)]$，这也就是现代高阶等差级数求和的计算公式。这个“隙



积术”后来发展为“垛积术”，“而创始的功绩，应该归之于沈氏”(顾观光《九数存古》卷五)。

二是“会圆术”，是已知圆的直径与弓形的高而求弓形底(即弦长)和弓形弧(弧长)的公式。元代的郭守钧，在这一基础上发展建立起了球面三角学。

在物理学上，沈括的思想火花更是四处迸发，处处闪光。

在磁学方面，他提出了人工磁化技术与四种指南针安置方式。不仅指出了地磁偏角现象，而且还指出了磁石的两极性。更重要的是，他还提出了“何以磁石有极性”的问题，虽然当时无法解答，但沈括的钻研精神与对问题切入的敏感，确实胜于常人。

在光学方面，沈括进行针孔成像实验远远超过了《墨经》与《淮南子》的记载。在这个实验中，沈括改用了纸鸢进行移动的实验，使得成像的方向性更加清晰，而且，还首次获得了焦距1～2寸的数据，首次对焦点作出了“光聚为一点”的描述，首次将针孔成像与凹面镜成像用“碍”(小孔、焦点)这一概念联系了起来，使得我国对凹面镜的研究水平达到了领先于西方400余年的先进高度。

沈括还第一个尝试对“透光镜”的“透光”效应进行科学的分析，他认为：这是由于铜镜铸成后在冷却的过程中厚薄不均而造成了收缩的不均，背面的纹饰会在镜面上出现不明显的痕迹，于是才会出现如同透光一样的效果。沈括的这一解说，已经为现代光学理论所证明，只不过现代光学理论更为全面、更为精确。

在声学方面，沈括用纸人进行的基音共振(沈括名之为“应声”)实验，欧洲一直要到17世纪的诺布尔与皮戈特才有同类的实验。

在化学上，沈括首次作出了“石油”这一科学的命名，并从此取代了以往“石液”、“石漆”、“泥油”这些旧称。

沈括还创造了用石油制造炭黑的技术，再用这炭黑制成墨，质量远胜于松墨。制墨固然是一件小事，但用石油开发新产品的

思路与途径，则为现代石油的开发利用开辟了先河。昔日沈括预言的“此物后必大行于世”，在今天早已得到了实现，而且必将有更大的发展。

在生物学方面，《梦溪笔谈》用了大量的篇幅来记载动植物的形态、性质、功用与地理分布，这些篇幅在《梦溪笔谈》有关自然科学的条文中占了1/3强，可见沈括在这方面用力之多。

在医学上，《苏沈良方》无疑是沈括最主要的“用武之地”。

《苏沈良方》并不真是苏轼与沈括合作的医书，而是先有沈括所著的《良方》10卷，后人把苏轼的医药杂说也附入其中，才有了现今所见到的《苏沈良方》。

在书中，“秋石方”是世界上第一个用人尿制成激素药物的配方，而且还有阴、阳两种不同的制法，这比欧洲要早900年左右。

传统形成的中草药采集习俗，是在每年的二月与八月。沈括对此很不以为然，他认为世界上的植物生长规律千姿百态，不能拘泥于只在二月或八月采集。从此，这一旧俗被逐渐地打破。

旧时还有“人有三喉”的说法，沈括对此进行了辩驳，明确指出人只有咽与喉，“三喉”之说从此逐渐绝迹。

《苏沈良方》所录的医方，都附录了临床的验证，这是此前所少有的。这样的处理，使得医方的可信性大为提高。

通过以上简略的介绍，我们看到了一位观察仔细、善于思索、而且敢于推陈出新、敢于坚持真理的学者形象。

在古代中国科技史上，创造发明，强调实干，这是一个传统的特点。这个特点，有其长处，也有其不足。所谓不足，就是理性的思索少了一些，理论上的提升少了一些。而沈括作出的最大贡献，正是在于弥补了这种不足。因此，尽管他没有什么惊天动地的发明创造、重大突破，但他在诸多理论上的深入探讨，同样是立下了丰功伟绩。他的这个贡献，有助于将技术上升为科学。只有真正认识了这一点，才能理解沈括为什么是“中国整部科学史中最卓越的人物”。



三、天文仪器与天文历法

双登峰巅的时代

宋元，是古代中国天文学的巅峰时代！一系列精妙绝伦的天文仪器与一部空前卓越的历法，形成了“双峰入云”的壮观景象！

（一）天文仪器的峰巅

历史的发展，有时真是让人难以相信。宋元时期的天文仪器，竟然如潮涌一般，其规模之大、来势之猛、质量之高，都是前所未有的。

以规模而言，不仅传统的天文仪器(如圭表、漏壶、浑仪、浑象等)都有突飞猛进之势，而且还创制出了许多新的仪器(如仰仪、简仪等)，面广量大。

以来势而言，如同赛场一般，竞相涌现，仅北宋时期公元995年至1093年这百年不到的时间里，就造出了4架巨型浑仪(合称“四大浑仪”)，令人目不暇接。

以质量而言，无论是传统的还是新创的，无论是简单的还是复杂的，都造出了极其先进(甚至是世界领先)的制品。

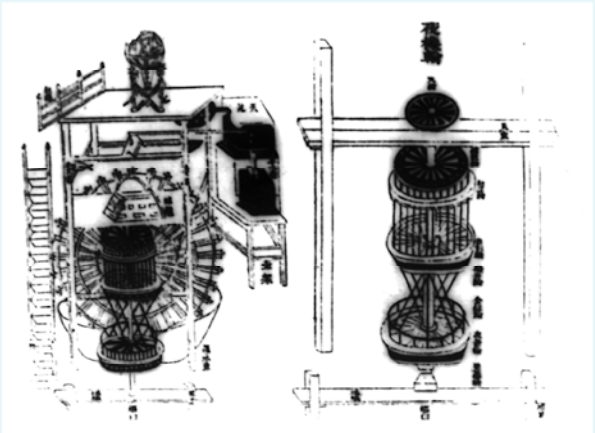
在如此众多而又美不胜收的仪器中，最为著名的，要数北宋时期苏颂、韩公廉所造的水运仪象台与元代科学巨匠郭守敬所制造的一批仪器。



苏颂像
这是宋代天文学家苏颂，他与韩公廉等合作创造了著名的水运仪象台。

1．水运仪象台

水运仪象台，是苏颂与韩公廉在北宋元祐三年(公元1088年)所造的。顾名思义，水运仪象台的“仪”就是浑仪，“象”就



苏颂水运仪象台原图
这是苏颂《新仪象法要》一书中所附的水运仪象台原图。

是浑象，“水运仪象台”就是将浑仪与浑象组合为一个楼台，以水流为动力推动浑象(包括极时装置)运转。

整座仪器，底为宽约 7 米的正方形，往上略有收缩，上有顶盖，总高约 12 米，远远望去，宛如一座三四层楼高的楼房。

它的最上层是一个有屋顶的平台，放置浑仪一座，屋顶能够随意开闭，以利于用浑仪观测天体天象。这一层结构的构思相当精妙，完全是现代天文台活动屋顶的先声。

中层是密闭的暗室，放置浑象，浑象半露半藏，由机轮带动，与实际天象同步旋转。

下层最为复杂，分为五个小层，每层朝南都有门。第一层有名为“正衙钟鼓楼”，有红衣木人报每个时辰的时初，紫衣木人报时正，绿衣木人报时刻。

第二小层设 24 个司辰木人，报时初与时正。

第三小层有 24 个木人报时初与时正，又有 72 个木人报刻。

第四小层设木人专报夜间的更数。

第五小层设 38 个木人，报昏、晓、日出、日落与更筹。

浑象与报时装置的运转全靠水力推动，再以一套传动装置将这种动力传到每个要动的部件。这里才是最为关键的要处。特别是那一套控制恒定速度的“卡子”，完全是现代钟表擒纵器的先声。

整个仪象台如果分割开来的话，实际上就是浑仪与水运浑象的组合，而浑仪与水运浑象都是早已有之的。苏颂的浑仪与前代的浑仪相比，只是多加了二分圈与二至圈这两道并不怎么重要的环圈，其他并无什么不同之处。他的水运浑象，是沿张衡与一



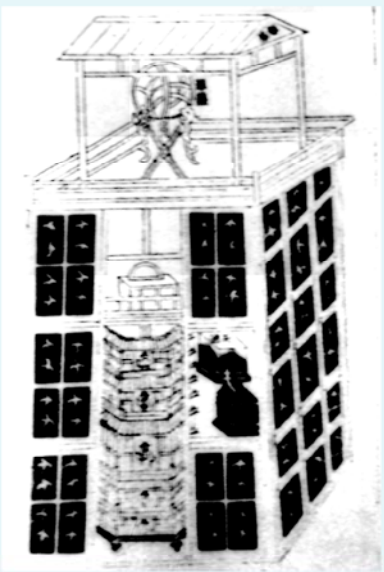
行等思路而来的，报时装置多了些花样，其他没什么两样。一切正如苏颂自己所说的，水运仪象台是“兼采诸家之说，备存仪象之器”。

但是，苏颂、韩公廉依然居功至伟：

首先，能巧妙地将浑仪与水运浑象组合成一个整体，就是一个很了不起的创举。浑仪与水运浑象本来都只是单一独用的仪器，现在将它们结合起来，犹如一座天文台。事实上，也就是现代天文台的先声。这一创举的意义，并不亚于那些具体的创造发明。更何况在具体的局部上，也有一定的创新，不仅仅是全盘的照搬。

其次，尤为重要的是：给后世留下了《新仪象法要》这部宝贵的文献。从汉代开始，制造浑仪的记载连绵不绝；张衡、一行等都造过水运浑象(包括报时装置)。但无论是浑仪还是水运浑象，历来都不见有具体的制造工艺记载。浑仪还好一些，因为各朝代都有保存，制造技术相对容易些。而水运浑象就完全是罕见之物，张衡、一行僧等所造的浑象早已佚失了。可能在专业圈子里有某种传承的途径，所以一行、苏颂能够复制。但也有可能，这几个人所造的水运浑象具体结构是各不相同的。虽然前一种可能性略大一些(从苏颂自己所说的话来看，也证明这种可能性较大)，但毕竟大多的人都不知道这其中的“奥妙”。事实正是如此，如果没有《新仪象法要》一书，后世的人们是根本无法知道其内部结构的。

《新仪象法要》共有3卷，分别记载了浑仪、浑象、仪象台(报时装置与水运装置)的具体结构与制造情况。特别值得指出的是，本书还附有各种图纸六十余幅，这是我国现存最早的机械图纸，其价值之高无可比拟。正是依靠这些图纸与文字记载，后人才了解了仪器的结构奥妙，才较为正确而顺利地复制成功这件古代的宝贵仪器(50年代中国历史博物馆王振铎先生最先复制成功，1997年苏州古代天文计时仪器研究所与河南省博物馆



水运仪象台

这是水运仪象台，是北宋天文学家苏颂和韩公廉等人合作创造的大型天文仪器。它把观测星空的浑仪、作人造星空表演的浑象和计时报时装置结合在一起，其中的擒纵器是钟表的关键部件，被认为“很可能是后来欧洲中世纪天文钟的直接祖先”(李约瑟语)。它利用一套齿轮系统，在漏壶流水的推动下使仪器保持一个恒定的速度，以与天体运动相一致，所以叫水运仪象台。



郭守敬像
这是元代天文学家郭守敬，他主持编制的《授时历》是中国古代最优良的历法。

也联合复制成功)。围绕这部著作与水运仪象台，形成了一个专门的学问。

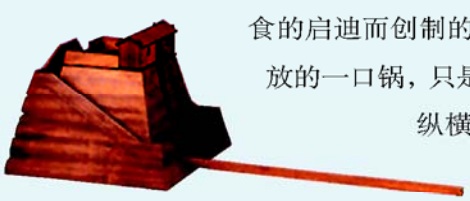
水运仪象台与《新仪象法要》所取得的成就，至少领先于世界有五六个世纪之久，成为中华民族的又一份自豪！

2．郭守敬的天文仪器

元代初年，为了制订新历，元世祖忽必烈亲自征调郭守敬与王恂具体主持测验与推步工作。为了进行测验，郭守敬先创制了一系列的天文仪器，有圭表、仰仪、简仪、候极仪、浑天象、玲珑仪、立运仪、证理仪、景符、窥几、日月食仪、大明殿灯漏等近二十种仪器。其中，最引人注目的是圭表、仰仪与简仪。

圭表本是最古代、最简单的仪器(见第一章)，郭守敬对它作了几项革新，从而大大提高了测验的精确度。首先，郭守敬创制出一个名为“景(影)符”的构件，是一块中间打出小孔的钢片。将它装在圭表的顶端，利用小孔成像的原理，能清晰地看到投影点，克服了过去表端影像边缘不清晰而影响测定精确度的缺点。其次，郭守敬将圭表的高度从原来的8尺一下子提高到40尺，是原来的整整5倍。同时，又将测量的精确度从原来的“分”提高到“厘”。在这样一系列的改进后，这一最先进的圭表测得了当时最精确的回归年长度值等重要数值。明代的邢云路沿用郭守敬的方法，把表高提至60尺，测得了比现代理论值只差2秒左右的回归年长度超级精确值，遥遥领先于世界当时的水平。

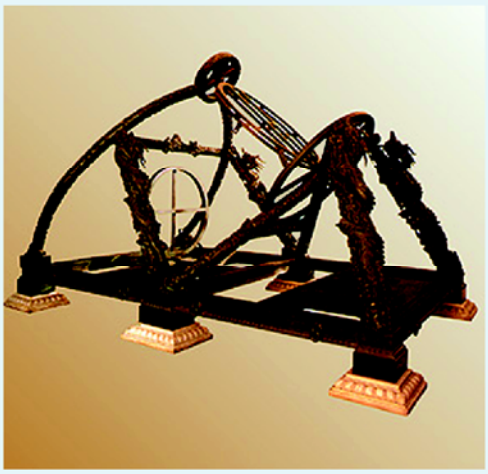
仰仪，是郭守敬发明的一种用于观测太阳赤道坐标的仪器。它很可能是受到传统的用油锅观测太阳与日食的启迪而创制的，所以主体也是如同仰放的一口锅，只是锅内不放油，而是刻有纵横交错的赤道与地平坐标网格。锅口上安有十



登封观景台(模型)
这是位于河南省登封县告成镇的元代观景台(模型)。台北正中地面平铺一道石梁，全长31.19米，此即石圭，俗称量天尺。根据日影在石圭上的长短变化，划分春分、秋分、冬至、夏至以及四季。据实地测验，采用针孔成像法以横梁在石圭上的投影来确定日影长，可准确到±0.2厘米，相当于太阳顶距误差$\frac{1}{3}$角分，比晚于此台三百年的西方最精密的天文观测还要精确。



字交错的竿架，上设一小板，板上开有一个小孔。日光透过小孔，在锅内投下亮点，就能在网格上读出太阳的具体方位与位置。利用这个仪器，还能通过小孔成像观测到日食的过程，不仅可以避免用肉眼直接观测太阳的不便，而且精确度更高，这就是仰仪的妙处。



简仪（模型）

这是元代天文学家郭守敬设计和制作的简仪。简仪突破了浑仪环圈交错不便观测的缺点，将环组分别架立，装置简便，而效用更广。这是当时世界最先进的天文仪器。

唐宋时期的浑仪复杂到了顶点，这不是制造者们故意画蛇添足，而是观测精确度提高与范围扩大的必然结果。因此，虽然复杂的浑仪使用起来大为不便，但也不是简单地除去一些环圈就能消除的，因为这些环圈不是随意能除去的。

怎样才能既不影响精确度与范围而又观测方便呢？

解决这一难题的，就是郭守敬创制的简仪。简仪是郭守敬制造的仪器中最优秀、最杰出的一件，它是我国古代天文学的核心仪器——浑仪的脱胎换骨，但却是青出于蓝而胜于蓝。

简仪所采取的是“釜底抽薪”的办法，干脆将浑仪解体而分为两个装置，即赤道装置与地平装置。

赤道装置是整个仪器的主体部分，它有北高南低两个支架托起一根正南北方向的极轴，极轴中间装有可旋转的四游环，环上刻有周天度数，中间安有窥管，窥管两端有十字线。轴的北端

＞知识百科＜

简仪

在郭守敬创制简仪时，相传还有一段中外文化交流的佳话。早在公元1170年左右，曾有一位西班牙穆斯林天文学家贾博·伊本·阿弗拉，曾将一个浑仪拆散，想制成一个能将球面坐标装置变成黄赤道转换器的计算器(或称土耳其仪器)。到公元1267年，马拉加天文学家札马鲁丁率一个使团从波斯伊儿汗国来到中国，据说有可能带来了黄赤道转换器的信息。10年以后，郭守敬在制作简仪时，很有可能参考了这一信息。

装有定极环，南端装有赤道环与百刻环。经过这样的处理后，观测时就无阻无碍，十分便捷。

地平装置安在赤道装置的北面，由一对圆环构成：一个是阴纬环(即地平圈)，上刻有方位，水平放置；一个是立运双环(即地径圈)，垂直立于阴纬环的中心，还可以立着旋转，所以称为立运环。环的中间安有窥管，通过窥管对准某天体时，就能在环上读出地平经度与纬度。

郭守敬创制的简仪达到了空前的先进水平，遥遥领先于世界各国。西方要到1598年丹麦天文学家第谷所创制的仪器才达到这样的水平。近现代出现的天文望远镜上的赤道式装置，尤其是英国式的，简直与简仪如出一胎。因此，可以毫不客气地说：郭守敬创制的简仪就是现代天文仪器赤道装置的鼻祖！

可惜的是，郭守敬所制的简仪原件，在康熙五十四年(公元1715年)被传教士纪理安熔毁了。现在南京紫金山天文台所保存的简仪，是明正统年间(公元1437—1442年)的复制品，曾被八国联军掠走，直到第一次世界大战后才归还我国，以后又遭到侵华日军的破坏，是近代苦难中国又一件血泪见证。

(二) 天文历法的峰巅

在宋元时代所有颁行与未颁行的历法中，最值得注目的历法有两部：一部是最富有创造性的，即上一节中已经介绍过的沈括编制的“十二气历”；另一部是传统历法中成就最高的，郭守敬编制的授时历。

郭守敬的授时历，是从至元十三年(公元1276年)起到至元十七年(公元1280年)编制完成的，至元十八年(公元1281年)起正式实行，一直用到明代(明大统历实际只是授时历的换名)，共使用了364年，成为我国古代使用时间最长的一部历法。

授时历能使用如此长的时间，完全是由它优异、先进的成就所决定的。古代中国的历法，除去国外传入与根据西法修订的以



外，约有八九十部，而授时历是最优秀、最杰出的一部，达到了天文历法最高的峰巅。

我国著名科技史专家钱宝琮曾对《授时历》的成就作了两大概括：一是“考正者七事”，即冬至、岁余、日躔、月离、入交、二十八宿距度、日出入昼夜刻；二是“创法者五事”，即用五招差求每日太阳盈缩初末极差、用垛垒招求求月行转分进退及迟疾度数、用勾股弧矢之法求黄赤道差、用圆容方直矢接勾股之法求黄道去极度、用立浑比量求白赤道正交与黄赤道正交之距限。

如果我们将这两大概括略加整理，可以看到授时历在历法原理、计算方法、具体数值等方面有着突出的成就，有的还是世界领先的成就。

第一，授时历的优秀与杰出，首先就表现在一系列数据上。这些数据，有的是自己新测定的，有的是取用历史上最精确的。如，回归年长度值与南宋杨忠辅的统天历一样，为365.2425日，这是当时领先于世界的一个数值。西方使用这一数值，是16世纪出现并一直使用到现在的格里历(即公历)，比授时历与统天历要晚三四百年。

授时历的朔望月、近点月、交点月数值(分别为29.530593日、27.5546日、27.212224日)与金朝重修的大明历一致，与现代的精确值也极为接近。

授时历的黄赤交角值为23° 90′ 30″(《元史·郭守敬传》记载为23° 90′)，折合今值分别为23° 33′ 34″ 与23° 33′ 23″ ，与现代值只差1′ 多。法国天文学家拉普拉斯在论述黄赤交角值是越变越小时，曾引用授时历的这个数值为据。

除此以外，二十八宿宿度、矩度、去极度也比以前各历都要精确得多。

第二，授时历吸取了唐代曹士为符天历开创的废弃“上元”的正确做法，采取了“截元”。“上元”是古代中国历法中一个虚伪的起点、一个“盲肠”，但为割弃这个“盲肠”，有许多的

天文学家为之作了长期的努力，一直到授时历才真正实现这个目标。

第三，授时历在解释二十八宿度值的变化时，说到原因主要是前人测量未密与星宿本身“微有动移”。这“微有动移”的解说是一个极了不起的突破，在西方，到近现代才有恒星位移的理论，而这比授时历晚多了。

第四，授时历全面地摈弃了我国古代历法传统的奇零部分都用分数记数法的做法，改用了小数记数法。这一做法创始于唐代南宫说的神龙历，它把所有的分数都用100为分母来表示。曹士劳的符天历也以一日为一万分，具有小数的意味。

授时历的记数更为出新，把一天分为一百刻，一刻分为一百分，一分分为一百秒。圆弧的弧度，一度也分为一百分，一分分为一百秒。在秒以下，再分为微、纤，都以一百进位。这些都可以很方便地转化为现代的小数。

授时历的这一记数方式，虽然与现代的记数体系不一致，但小数化倾向却是相当明显的。

第五，授时历用招差法推算日月五星的运行，比欧洲要早近四百年。隋代的刘焯创造了用等间距二次差内插法的计算公式，唐代的一行又发展出了不等间距的二次差内插法公式，郭守敬又发展到了平立定三次差内插法公式。

招差法的意义绝不止于天文历法，在数学上的意义更大，因为它可以推及到任何高次差数。而首创这个方法的，是我国的学者。

第六，授时历首创了球面三角公式，从太阳黄经求其赤经纬度，虽然由于当时的三角函数值相当粗疏而影响了计算结果的精确度，但为黄、赤坐标的换算开辟了一条正确的道路。

对于授时历的成就，清代著名的历算大师梅文鼎赞美它是“集诸家之大成”，而且是“盖自西历以前，未有精于授时者也”，这是一个毫不过分的评价，因为授时历的不少地方在当时的世界上的确是最先进的。



郭守敬创制的天文仪器与授时历，将古代中国的天文学推到了最高的峰巅，并争得了世界性荣誉，中华民族将永远铭记他的伟大功绩！

四、贾宪三角与宋元四杰

与天文学交相辉映的数学成就

这一时期有五位数学大师将我国传统的数学计算优势推到了一个前所未有的高度，使数学与天文学交相辉映，同登巅峰！

（一）贾宪三角

在杨辉的《详解九章算法》中有“开方作法本源图”，有人把它称为“杨辉三角”。但杨辉在书中很确凿地载明：此图“出释锁算书，贾宪用此术”，所以后来都改称“贾宪三角”了。

这幅“开方作法本源图”是什么意思呢？

实际上它就是指数为正整数的二项式展开系数表。我们将这个表与现代数学的二项展开式相对应起来，就会十分清楚地看到这一点。

①　　$(a+b)^0=1$

①①　$(a+b)^1=a+b$

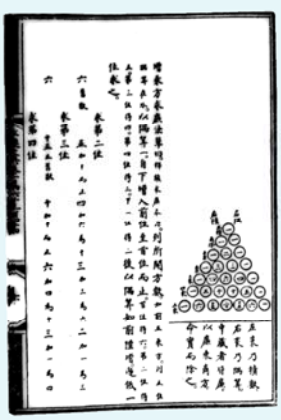
①②①　$(a+b)^2=a^2+2ab+b^2$

①③③①　$(a+b)^3=a^3+3a^2b+3ab^2+b^3$

①④⑥④①　$(a+b)^4=a^4+4a^3b+6a^2b^2+4ab^3+b^4$

……

（请注意展开式的系数与表上数字完全吻合。）



贾宪的“开方作法本源图”

这是北宋数学家贾宪给出的“开方作法本源图”，是一个指数为正整数的二项式定理的系数表。利用它可以开任意高次方。这个表比欧洲的“帕斯卡三角”早六百年。

西方将这种二项式展开系数的规律表称为“帕斯卡三角形”。帕斯卡是法国数学家，在他1654年出版的著作中给出了类似的三角形表。但实际上在他之前，德国人阿皮纳斯在1527年就提出了这种表，比阿皮纳斯更早的还有阿拉伯数学家阿尔·卡西，他在1427年的《算术之钥》中已经给出了这样的表。而所有这些人，都比贾宪要晚，甚至比杨辉、朱世杰还要晚，“贾宪三角”理应取代“帕斯卡三角形”的地位！

贾宪不仅给出了这个图，还给出了这个图的简捷制作规律。从第三行(即2次幂)开始，两端最边上的数字都是1，而中间的任何一个数字都是这个数在上一行相邻两数的和。以第6行为例，所有中间的数字都可以如此求得。

用这样的方法可以求出任意次幂的系数，直至无穷大。

在贾宪之前，只能开平方与开立方，自从贾宪发明此表与“增成开方法”后，就首次开辟了求解高次方程的真正通途。

在贾宪之后，我国数学家又进一步探索了系数中有负整数的方程解法，最终由南宋秦九韶发明的“正负开方法”彻底解决了这个问题，比英国数学家霍纳1819年求得这一解法(西方称为“霍纳法”)要早五百多年。

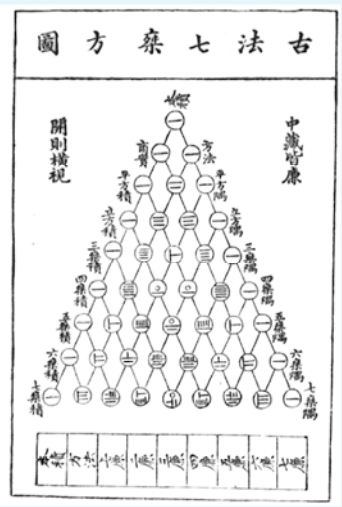
(二) 宋元四杰

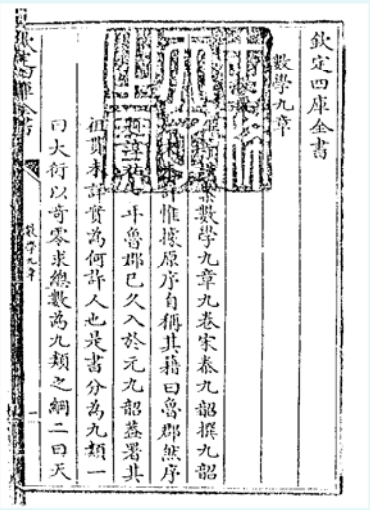
宋元四杰，就是宋元时期最杰出的四位数学家——秦九韶、李冶、杨辉、朱世杰。

1．秦九韶

秦九韶(1202?——1261) 字道古，鲁郡(今山东曲阜)人，是一位多才多艺的才子。他的数学成就，体现在他的《数学九章》中。其中最突出的有两项：一项上文介绍过的是“正负开方术”另一项是下面介绍的“大衍求一术”。

《孙子算经》(唐代所定“算学十经”之一)中有这样一道题：





朱世杰对“贾宪三角”的进一步推广

元初数学家朱世杰把“贾宪三角”由七层推广到了九层(八次幂)，为高阶等差级数求和问题和高次招差术的发展，提供了有力的数学工具。

秦九韶的《数书九章》

《数书九章》又称《数学九章》，是南宋时期数学家秦九韶的数学杰作。其中高次方程数值解法和一次同余式组解法，代表了当时中国和世界数学发展的最高水平。图为保存至今的《四库全书》本《数书九章》。

有一个数，被 3 除余 2，被 5 除余 3，被 7 除余 2，求这个数。

在数学上，这属于同余式题目，在没有找出科学的解法前，要顺利而简捷地解出这样的题目，是很不容易的。

《孙子算经》自己给出的解式是：

$70 \times 2+21 \times 3+15 \times 2-105 \times 2 = 23$

但为什么能这么解，70、21、15、105 这些数字是怎么出来的，再复杂一些的同余式又怎样解，则都没有交代。

秦九韶的“大衍求一术”，就是解这一类同余式题目的一个方法，它的目标就是如何求出 70、21、15、105 这些关键数字。

这 4 个数字中，105 是 3、5、7 的最小公倍数，比较容易求得。其他 3 个数字又是怎样求得的呢?以“大衍求一术”分析，70 是 5、7 的倍数而被 3 除则余 1，21 是 3 和 7 的倍数而被 5 除则余 1，15 是 3、5 的倍数而被 7 除则余 1。也就是说，用这一规律能很快求得这些关键数字，题目也就很快解出了。

“大衍求一术”为求解同余式题目找到了一条科学的途径，从而诞生出了“中国剩余定理”。在西方，这一定理是德国著名数学家高斯于 1801 年出版的《算术探究》中提出的，比秦九韶晚了五百多年。所以，英国传教士伟烈亚力 1852 年将它命名为



李冶画像

李冶(1192—1279)字仁卿，号敬斋，真定栾城(今河北栾城)人，我国金元之际的数学家。其数学代表作为《测圆海镜》和《益古演段》。书中总结的“天元术”(即现代数学中列方程的方法)，是世界最早的半符号代数学，代表了当时中国和世界数学的最高水平。



《测圆海镜》中的天元式表示图

这是李冶《测圆海镜》中的天元式表示图。其中旁边记有“元”字的一行筹式为一次项，上一行为二次项，再上一行为三次项，每上一行增加一次幂。“元”字的下一行筹式则是常数项。

“中国剩余定理”，是还了历史的真实！

2．李冶

李冶(1192—1279)原名李治，字仁卿，号敬斋，真定栾城(今河北栾城)人。李冶原好文学，与著名文学家元好问是密友，人称“小元李”。蒙古攻破钧州后，李冶微服出逃，从此始攻数学，长期隐居，屡次推却元朝的征召。

李冶一生著述甚丰，数学著作有《测圆海镜》(1248年成)与《益古演段》(1259年成)。李冶自己最看重的著作，就是《测圆海镜》。

李冶在数学上的最大贡献，就是总结、发展并完善了“天元术”。

什么是天元术呢？

天元术就是现代的列方程，即根据题意列出一个包含未知数的数学题式。天元相当于现代的X。古代还没有引进X这个字母，就用“元”字表示(但只写在数字边上)，或者用一个“太”字表示常数项(也只写在数字边上)。

$x^3+336x^2+4184x+2488320=0$

列方程式，在现代是很普通、很浅显的数学问题，但在古代并不容易。李冶发明的用“元”表示含未知数项的方法，具有了半符号代数学的性质。在西方，半符号代数是16世纪后才出现的，比李冶要晚三百多年。

3．杨辉

杨辉(出生年月不详)，字谦光，钱塘(今杭州)人。

杨辉的数学著作甚多，有《详解九章算法》(12卷，1261年成)、《日用算法》(2卷，1262年成)、《乘除通变本末》(3卷，1274年成)、《田亩比类乘除捷法》(2卷，1275年成)、《续古摘奇算法》(2卷，1275年成)。

杨辉在数学上的造诣极深，涉猎极广，许多优秀的前人成



果，都由于杨辉的记载而得以保存下来(如上文所讲的贾宪三角与增乘开方法)。他在北宋沈括“隙积术”的基础上，又发展出“垛积术”，在高阶等差级数的计算上达到了新的高度。而他最为世人注目的，则是对“纵横图”的收集与研究。

“纵横图”，又称幻方、方阵等。纵横图的特点，就是每行、每列及对角线上各数之和都相等，用现代数学的公式来表示，就是 $Nn=\frac{1}{2}n(n^2+1)$ [n表示每行上的数字个数]。有n个数，也就称为n阶的纵横图。

1	20	21	40	41	60	61	80	81	100
99	82	79	62	59	42	39	22	19	2
3	18	23	38	43	58	63	78	83	98
97	84	77	64	57	44	37	24	17	4
5	16	25	36	45	56	65	76	85	96
95	86	75	66	55	46	35	26	15	6
14	7	34	27	54	47	74	67	94	87
88	93	68	73	48	53	28	33	8	13
12	9	32	29	52	49	72	69	92	89
91	90	71	70	51	50	31	30	11	10

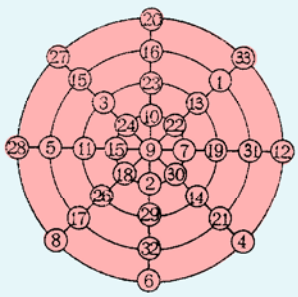
杨辉的“百子图”
这是杨辉在书中给出的“百子图”(十阶幻方)。它用1～100这一百个数字排成纵横各10行的方图，使其每一横列和每一直列的十个数之和都等于505。

杨辉在《续古摘奇算法》中，收集了从三阶到十阶的方形纵横图共有13幅，另外还有“洛书数”、“四四阴图”、“聚数图”、“连环图”等等，使纵横图的形态更加丰富多彩。明代的一些数学家更发展出“瓜瓞图”、“立方图”、“浑三角图”、“六道浑天图”等等，将这类图推到了新的高峰。

4．朱世杰

朱世杰(出生年月不详)，字汉卿，号松庭，燕山一带人。

朱世杰可以说在宋元四杰中是成就最高、声望最高的一位。他在1299年撰成《算学启蒙》，这是一部普及性的数学教科书。1303年撰成《四元玉鉴》，则是当时最高水平的数学专著（连国外的学者也认为，朱世杰的数学著作《四元玉



杨辉的“攒九图”
这是杨辉在书中给出“攒九图”，是在纵横图的方图基础上的进一步衍化。图中除了中间那个数9以外，其每一个圆周上的8个数字之和以及每一条直线上的8个数字之和都等于138。

>知识百科<

纵横图

我国汉代的《大戴礼记·明堂篇》中，就有著名的九宫数，将它排列起来，也就是一个三阶纵横图(如图)，这是世界上最早见于记载的纵横图。

4	9	2
3	5	7
8	1	6

纵横图几乎没有什么实用的意义，只有些趣味性，在古代还具有某种宗教的意味，但它对于数学家们的头脑锻炼颇有益处。因此，直至当今还有不少的科学家在进行纵横图的研究。

“四元术”表示图
这是朱世杰《四元玉鉴》书中关于“四元术”的表示图。

物^{3}地^{3}	物^{3}地	物^{2}	人物^{2}	人^{2}物^{3}
物地^{3}	物地	物(u)	人物	人^{2}物
地^{3}	地(y)	太	人(z)	人^{2}
地^{3}天	地天	天(x)	天人	天人^{2}
地^{3}天^{2}	地天^{2}	天^{2}	天^{2}人	天^{2}人^{2}

鉴》是“中世纪最杰出的数学著作之一”)。在这部著作中，朱世杰向世人贡献了他最主要的数学成就——“四元术”。

在李冶发明“天元术”——一元高次方程的列法以后，李德载发展至二元高次方程组，刘大鉴推衍到三元高次方程组，朱世杰则发展到了“四元术”——四元高次方程组的列法与消元法。

在“四元术”中，用“天”、“地”、“人”、“物”这四个字分别表示四个未知数，以“太”字表示常数项。但实际使用中，则是将“天”、“地”、“人”、“物”这四项按下、左、右、上的位置排出，将常数项排在中间，用“太”字表示。这样，实际上只要注明常数项就可以了。幂次由它们与“太”字的距离来决定，离开愈远的，幂次愈高。相邻两元幂次之积则记入各行列的交叉处。

一个方程列一个筹式，有几元，就列几个筹式。这是古代时期的多元高次方程分离系数表示法。在实际的演算中，十分便捷。

“四元术”的消元法，与现代数学基本相同，逐级消元，最终变为一个一元高次方程来求解。

朱世杰创造的“四元术”，西方要到18世纪才达到这样的水平，比朱世杰落后近五百年。

五、两部《农书》率群谱

农学著作，繁花似锦

宋元时期的众多农学著作中，有两部都题名为《农书》的著作特别出色，而大量动、植物志与谱录的问世，形成了一个宛如繁花似锦的高潮时期。

（一）陈旉的《农书》

陈旉，史书无传，只知道他自号“西山隐居全真子”，又称“如是庵全真子”，看来这是一位道教的信徒。因为要躲避金兵，只能在长江南北奔波，在住地“种药治圃”。因此，有机缘接触农夫与农业，为他撰著《农书》创造了条件。

《农书》成于南宋绍兴十九年(公元1149年)，这时陈旉已经是74岁的老人了。这是我国现存时代最早记载江南地区农业生产技术的农书。这部《农书》共有1.2万余字，分为上、中、下三卷。



陈旉向农民请教农业知识

这是陈旉正在虚心向农民学习，请教农业科技知识。

上卷共有14篇，占了全书的2/3，主要讲述水稻的种植技术。光是整地，书中对高田、下田、坡地、葑田、湖田与旱田、晚田等不同类型田地的整治都有具体的记载。其中，对高田的记载尤为详细。他讲到在坡塘的堤上可以种桑，塘里可以养鱼，水可以灌田，使得农、渔、副可以同时发展，很有现代生态农业的风采。

书中十分强调传统的“因地之宜”，但又显现出较强的进取性与能动性。特别是对一些衰

田，书中更注重的是改造。

在水稻育秧技术上，书中确立了适时、选田、施肥、管理四大要点。

书中对中耕非常重视，特别指出：即使没有草也要耘田。书中还对“烤田”技术作了发展，比《齐民要求》更为详明、进步。

中卷是讲述水牛的饲养管理、疾病防治；下卷是讲述植桑种麻，其中特别推荐桑麻的套种。这两卷的篇幅较小，内容不如上卷丰富。

陈旉的《农书》，对于我国古代农业技术体系的完善有着重要的作用，对于实际的生产更有着重要的指导意义。特别是他积极进取的精神与充分开发的思想，为世人所称道。



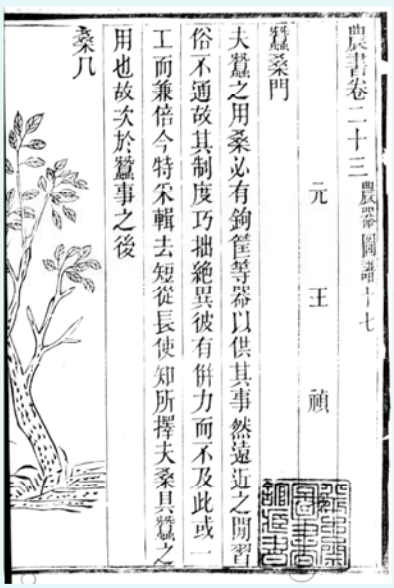
王祯像

这是我国元代著名农学家王祯。他与西汉氾胜之、北魏贾思勰、明末徐光启并称为我国古代四大农学家。所著《王祯农书》，是我国农业科技的重要遗产。

（二）王祯的《农书》

与陈旉的《农书》相比，王祯的《农书》成就更大、名声更响，是继《齐民要术》之后又一部杰出的农业百科全书。

王祯，字伯善，山东东平人，曾在元成宗时做过宣州旌德(今安徽旌德)与信州永丰(今江西广丰)的县尹。

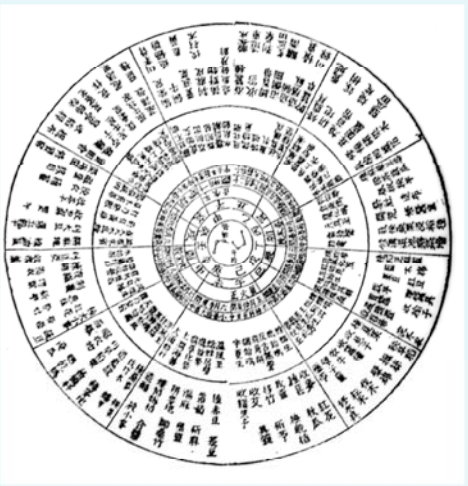


《王祯农书》书影

这是元代农学家王祯撰著的《王祯农书》，是我国历史上继《齐民要术》之后的又一部系统完整、内容丰富的农业科学技术巨著。全书共37卷，约13万字，插图300多幅，包括《农桑通诀》、《百谷谱》、《农器图谱》三大部分，图文并茂，体例完整，涉及17个省，力图从全国范围对整个农业生产作系统全面的论述，为任何古农书所不及。其中最有特色和最有价值的是《农器图谱》部分，约占全书的$\frac{4}{5}$篇幅，是全书的重点。

王祯在任上十分关注、重视农业生产，身体力行，推广农桑，奖励耕植，改进和创制农机农具，同时注意收集资料，听取经验，最终写出了这部著名的《农书》。

《农书》共37卷(今存36卷，另有22卷本)，约13万字，插图306幅。全书分为《农桑通诀》、《百





授时指掌活法之图

这是《王祯农书》中的“授时指掌活法之图”，是王祯的一项重要创作。图中指出各个节气的物候和农业上应做的各种事项，对农作物的栽培和管理很有用，是世界上最早的农业生产作业进度指示书。

谷谱》、《农器图谱》三大部分，体系相当完整。书中所写的农业区域，兼及黄河与长江两大流域、水旱两种种植地区，范围极其广阔。

《农桑通诀》，是全书的总论部分，对农业的重要性、农业生产起源与发展的历史、农业生产的经验与技术(包括林、牧、副、渔)，都作了全面而系统的总结。

“不违农时”是农业生产的第一要诀，《授时篇》专论掌握农时的重要性与具体要领。他还绘制了一张“授时指掌活法之图”(简称“授时图”)，将时间、节气、物候与对应的农事绘写在一幅图上，使用起来十分便利。王祯强调指出，由于各地气候条件千差万别，务必根据实际情况安排农事，切不可死记硬背。

“因地制宜”是农业生产的又一要诀，《地利篇》专论各种土地与作物间的对应关系。他绘制了一幅“天下农种总要图”，以指导各地安排种植。同时，他也批判了“风土限制论”，指出作物的习性经过培育是可以改变的。

再接下来，便是《垦耕》、《耙耢》、《播种》、《锄治》、《粪壤》、《收获》诸篇，完整而系列地逐一介绍各项农业生产技术。如此完整地对各项技术设立专篇，是前所未有的，比《齐民要术》有了明显的进步，显示出当时的农业生产技术正在不断地发展、



成熟。

《百谷谱》部分，是对所有的农作物进行具体的介绍，文中对八十多种粮食作物与经济作物的起源、品种、种植技术、贮藏、使用等等都有详细的论述。

书中将农作物分为谷、瓜、蔬、果、竹木、杂类这样六类，虽然尚不够精确，但大致符合客观实际，具有了科学分类的初步形态。

书中对农作物的形态、性能有相当细致的描述，这与宋代以来动植物谱录大量涌现密切相关，是这个时期特有的风格。

《农器图谱》，是全书最具特色、最有价值的部分。这一部分介绍了257种农具，在306幅图下，都有具体的文字说明，因此洋洋洒洒占了全书的4/5，在篇幅上表明这是全书的重点与核心。

文字部分不仅有详细的描述与说明，还有诗咏颂(后世有人将这些诗单独编成一部诗集《农务集》，被选入《元诗选》中)，这在农学著作中是少见的。

图谱部分当然更为出色。王祯本身对于机械非常熟悉，曾亲自设计、创制了不少农具，因此把这些图画得十分准确、传神，有的还画出了分体图与零件图，对于后世仿制极为便利。

图谱部分共分为田制、耒耜、镵臿、钱镈、铚艾、杷枧、蓑笠、荼簝、杵臼、仓廪、鼎釜、舟车、灌溉、利用、麰麦、蚕缫、蚕桑、织纴、纩絮、麻苎等20门，如果我们按农具的功用来分，则大致可分为：

耕地农具有郦(犁)刀，播种农具有耧车，中耕除草农具有耨、锄、铲、耙、耧锄、薅马、耘荡、耘爪等，收获农具有粟鉴、铚、艾、钐、收麦器等。

在这些农具中，有不少是王祯在前人的基础上加以革新改进的，如“水转翻车”、“高转筒车”、“水轮三事”等等；还有的是少数过去曾出现过而已经失传的，王祯自己经过反复的研究而复

《王祯农书》中的秧马图

这是《王祯农书》中的秧马，是古代劳动人民为免除弯腰插秧的劳累、提高插秧的效率而创造的。



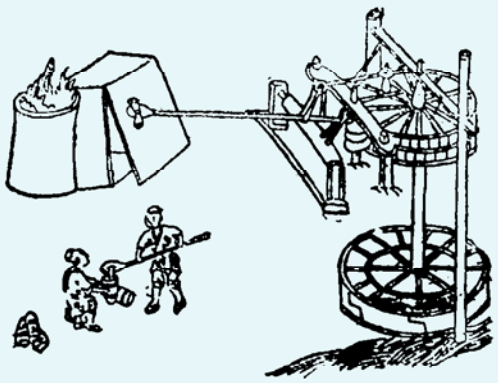
《王祯农书》中关于秧马的介绍

这是《王祯农书》中关于秧马的介绍，说人骑上秧马，可以雀跃于泥中，日行千畦，比弯腰插秧轻松多了。



原出来，如“水排”；当然更多的是早已有之但未被图录的。

总之，在古代中国的农学史上，王祯的《农书》确实无愧于“四大农书”之一的美名，是一部具有划时代意义的不朽之作。



卧轮水排图

这是《王祯农书》中的卧轮水排图。水排是我国古代的一种冶铁鼓风装置，早在东汉初年就已发明。但关于水排构造的记述，最早出现在《王祯农书》中。

（三）谱录的高潮

宋代时期，在很短的时期里竟然一下子涌现出了50部左右的植物谱录，形成了一个不大不小的高潮。

所谓“谱录”，是指这一类书大多以“谱”、“录”、“记”这几个字为书名的结尾字(也是定性字)，如《扬州芍药谱》、《菊谱》、《荔枝谱》、《橘录》、《茶录》、《东溪试茶录》、《品茶要录》、《宣和北苑贡茶录》、《洛阳牡丹记》、《天彭牡丹记》等等。

这些谱录记载的对象，主要是这样三类：一类是花，一类是果，还有一类是茶，而且大多以越出名、越上品的为主。于是，通过这些谱录，使得名花、名果、名茶更加名声大振。

谱录的内容，是记载这些园艺植物的源生、沿革、性状、特色、分类、品种，以及栽培技术、保藏、欣赏或食用等等。

写这些谱录的，都是当时的文人，甚至像欧阳修、陆游等也投身其中。他们写这些谱录，固然有自然科学方面的内容，但也融入了文化欣赏的雅韵在其中。与大田农作相比，园艺种植与欣赏、食用更具有一定的艺术雕琢的韵味，所以在一时间文人雅士乐此不疲、竞相参与。

科学与艺术的结合，文化韵味浓郁，这就是宋代谱录高潮的特色！这个特色源起于唐代陆羽的《茶经》，延续至当今，成为中国园艺著作的特有风格。

六、方志热·地图热

方志史与地图史上的先行之功

（一）地理志的兴起

唐代图经形式的地理著作到宋代开始图、经分离，图经走向式微，而另一种形式——地方志则兴盛起来。

地方志，就是地方性、局部性的地理志。

早期的、没有成熟定型的地方志，大约在东汉开始出现，以后零零散散在各代都有。但形成热潮，在格式与体裁上定型化，特别是郡县志的涌现，则是在宋代。因此，可以说宋代是地方志真正的源生时期。

地方志在宋代产生后，发展极为迅猛。据《宋史·艺文志》的记载，宋代的地方志共有一百数十种之多，可见确实发展极快。

当时最著名的全国总志有两部：一是北宋乐史所编、成书于公元976～984年间的《太平寰宇记》；一是北宋王存等编、成书于公元1068～1085年间的《元丰九域志》。

《太平寰宇记》是一部多达200卷的鸿篇巨制，在内容与形式上继承和保持了唐代《元和郡县志》的传统。从某种意义上来说，是《元和郡县志》的续篇。

《太平寰宇记》与《元和郡县志》的不同之处，或者说是发展之处，是增加了不少人物与艺文的篇章，从而开创了在方志中列入人物、艺文的新体例。它的体系较为完整，规模宏大，是一部影响很大的著作。后世元代修撰《大元一统志》(规模更大，达到1300卷)时，就大量地引述《太平寰宇记》的记载。

《元丰九域志》的影响虽不如《太平寰宇记》，但它有自己的



特色。特别是在道里上十分细密，可以称之为宋代道里准标。

宋代郡县的地方志相当丰富，现存的还有20余种，其中颇为人称道的，是《吴郡志》、《临安志》三种与《四明志》。

《吴郡志》，因题名为范成大所著而格外为人所重，但当年即因对作者有争议而推迟印行。内容止于南宋绍熙三年(公元1192年)，是较早的一部，确有其价值。全书项目较多，但详略不一。以吴县为重，其他皆略。最有价值的部分，是有关水利的记载，为后代地方志不及之处。

《临安志》三种，分别以年号标明。乾道《临安志》，周淙主编，成书于乾道五年(公元1169年)，今存1～3卷。淳佑《临安志》，施谔主编，成书于淳佑年间(公元1241—1251年)，原书已佚失。咸淳《临安志》，潜悦友编，咸淳年间(公元1265—1274年)成书，今本略残。

《四明志》，罗濬编，成书于宝庆四年(公元1228年)。四明范围大约相当于清代的宁波府，这是宋代重要的海运港口，因此在内容上列有“市舶”一节，专门讲述海运管理机构与具体的市舶业务，这是其他方志所不见的。

宋代兴起的方志热潮，意义不在于几部现存的宋代方志是如何的宝贵，更重要的是开创了方志这一重要的体例，兴起了方志修撰的热潮，这对于保存我国各地史料的意义更为重大。宋代在方志史上具有特殊的地位。

（二）地图绘制的高潮

宋代是在五代十国之后建立起来的国家，为巩固中央集权的需要，地图绘制成为当务之急。另外，宋代的疆域较小，为了恢复盛唐时期的国土，同样需要大量的地图。于是，出现了地图绘制高潮。

宋代的地图绘制高潮，有两个鲜明的特点：一是规模盛大，一是形式多样。

地图是古代中国的重要文化形态之一，历代都很重视，但在数量上都不足以与宋代相比。现在我国尚存的古代地图，宋代以前寥寥无几，而到宋代却一下子多了起来，这是宋代地图数量巨大的合理结果。

宋代地图记录的范围较为广阔，不仅容纳了宋代本身的疆域，而且将边疆与边远民族地区尽可能地囊括进来。同时，还出现了许多专门的异族国域地图，这既反映了当时民族间战争的实际需要，也反映了宋王朝希望恢复与扩大疆域的心情。

宋代地图的图幅，大大超过了前代。当时最大的《淳化天下图》，是用一百匹绢合制成的，可谓创纪录的庞大。像沈括所制的《天下图》高一丈二尺、广一丈的规模，在当时恐怕不止一幅、两幅。

在形式上，当时不仅在地方志等书籍中有大量的版刻纸印地图，还有像《淳化天下图》这样的绢绘地图，这都不足称奇。而大量的木刻图与刻石图，才是开创了地图制作的新形式。木刻的地图相传起于南北朝时期，其真正兴盛则是在宋代。木质的图版不易保存，现代已经见不到了，但刻石地图却有许多保存了下来，能让我们重睹当年的风采。

在宋代，还出现了地形模型热。当时，除了沈括制作过地形模型外，朱熹、黄裳也都制作过类似的地形模型。地形模型比地图更直观，更形象，是现代沙盘制作的前身。沈括尝试用面糊木屑与熔蜡，朱熹尝试用胶泥起草，这对地形模型的制作技术提高作出了应有的贡献。

宋代的地图众多，至今犹存的不少，以下略举数例推荐给大家。

名列首位的，当然是《淳化天下图》。这是宋真宗在淳化四年(公元993年)诏集画工根据各州地图而绘制的特大型地图，用去绢达一百匹，制成后藏于秘阁。但可惜的是，此图后来不知去向。

《景德山川形势图》，制成于景德四年(公元1007年)，藏于



枢密院，今亦不存。

《熙宁十八路图》，制成于熙宁四年(公元 1071 年)，有《图副》二十卷，今亦不存。

《天下州县图》，元佑三年(公元 1088 年)由沈括绘制，又称《守令图》，今亦不存。

以上四图都是宏图巨制，由政府收藏。

宋王应麟《玉海》卷 14、16 记载，太祖年间《公元980—975年)有幽燕地图，至道元年(公元995年)与嘉祐二年(公元1057年)有契丹地图，咸平(公元998—1003年)与祥符七年(公元1014年)各有《河西陇右图》、旧有《西界对境图》，元丰五年(公元1082年)有《五路都对境图》、《景德交州图》，沈括曾绘制过契丹地图，以上都是边疆与民族疆域地区的地图，自然也都早已佚失了。

现今仍然可以见到的，是保存在西安与苏州的三幅石刻地图。

现今在西安历史博物馆内的碑林中，有两块宋代石碑，上面分别刻有《禹迹图》与《华夷图》。据碑上的题记，都刻于阜昌七年(公元 1137 年)。《禹迹图》据说原是裴秀的作品，《华夷图》据说原是贾耽的作品，但碑刻上的《禹迹图》与《华夷图》恐怕未必真是裴秀与贾耽的作品。虽然如此，这两幅图毕竟是宋代的作品，所以珍贵也就是无可挑剔的。

在苏州原孔庙中所藏的《地理图》，是南宋淳祐七年据著名地图家黄裳的原稿所刻，自然名声不小。

《禹迹图》上刻有“《禹贡》山川名”、“古今州郡名”、“古今山水名”，实际成了一幅沿革地理图。图上打有纵横交错的方格、以每方折百里计算，这幅图的范围是东西7000里，南北7300里。这是目前所见最大的有画方的地图，代表了当时先进的地图制作技术。现代研究者有认为这与沈括的制图理论相同，故提出可能是沈括所作，这是一种可供参考的见解。

《华夷图》可谓是当时的世界地图，但实际疆域并不大。这幅地图的绘制技术显然不如《禹迹图》，但有一些特色，如山岳

用一个或两个三角形表示，在大图上又画了两个小插图。特别是后者，现代地图仍然在使用这个做法，只是现代地图加了方框以示区别，但宋代先人们的先行之功是不能忘怀的。

《地理图》是一幅宋代的政治地理图，图中各路首府与驻军中心刻为阳文，其他都为阴文。重点在宋朝疆域内，边远地区就不能按比例画了。由于山脉都层峦叠嶂，所以显得过于拥挤了些，但仍不失为一幅较好的地图。

七、中医

科学化与成熟化的进程

（一）国家的作用

宋元时期，隋唐两代兴起的国家对医药进行管理与教育的模式，得到了进一步的加强与发展。

宋代的医学管理机构与教育机构是分开设立的，新设翰林医官院是管理机构，太医局则是医学教育机构，这与唐代有所不同。元代以太医院为管理机构、医学提举司为教育机构，名称虽不同，路子是一样的。

作为国家的医学教育机构，对医学的分类是整个医学技术水平的重要标志之一，成为对医学发展起促进作用的重要因素之一。

唐代的医学教育分为四科：医科、针灸科、按摩科、咒禁科，显然较为粗糙。宋代分为九科：大方脉科、风科、针灸科、小方脉科、眼科、产科、口齿咽喉科、疮肿兼折疡科、金镞书禁科，比唐代一下子多了一倍以上。元代更是增加到了十三科：



大方脉科、风科、针灸科、小方脉科、眼科、产科、口齿科、咽喉科、正骨科、金疮肿科、杂医科、祝由科、禁科，是唐代的三倍多。

从唐代到元代，医学分科的发展速度相当之快。这种快速的发展，正说明原来的不成熟。而从元代再往后，分科的速度又趋缓，则表明了宋、元时代是从不成熟到成熟的重要时期。

医学分科的成熟与精细，对于医学人员的专门化、技术的精益化，有着重要的促进作用。

国家对医药技术发展更直接的促进措施，是国家组织编纂医药著作，主要是本草类与医方类的医书。

在本草方面，宋政府先后编撰了《开宝本草》、《嘉祐本草》、《图经本草》。此外，根据当时唐慎微私人撰修的《证类本草》三次加以重修而出版——《大观经史证类备用本草》、《重修政和经史证类备用本草》、《绍兴校定经史证类备急本书》，成为明代李时珍《本草纲目》以前最优秀的本草类著作。

在医方方面，先后组织编纂了《神医普救方》1000卷、《太平圣惠方》100卷、《圣济总录》200卷，成为收方最多的著作。

像这样的大型医药书籍，一般的私人自然是无力组织进行的，而它们的作用是极其重要的。由国家组织编纂医书，其功至伟。

北宋景祐二年(公元1035年)，宋仁宗下诏编修院设置校正医书局，组织校正出版重要的医书。这是个重要的举措，对于重要医书的出版起了保证作用。

除此之外，还有一系列促进医学发展的举措。

如北宋天圣五年(公元1027年)，翰林医官院铸造了俞穴铜人两个，作为针灸教学与考试医生之用。这两个铜人的声名甚至传到了金国，以至在高宗建炎二年金宋议和时，金方居然将索要铜人作为议和的条件之一。

又如，北宋熙宁九年(公元1076年)在开封设立了太医局卖药所(又称熟药所)。接着，又陆续在各地开设和剂惠民局(简称惠

民局或和剂局)。这种药局既卖药也看病，完全是现代国立医院门诊的雏形。这是一个了不起的创举，因此，元、明两代也依然采用。

在国家对医药事业的大力推动下，整个国家的大形势对医药的发展极为有利，从而为这时期的医药科学发展创造了良好的有利条件。

(二) 迟迟成形的法医学与艰难起步的解剖学

法医检验，是对凡有人生伤亡案件进行审理的首要且重要的步骤。

在《礼记·月令》、云梦睡虎地秦简律书中，都有临案勘察伤亡情况的记录，这是我国最早的法医萌芽状况。

法医学的起源虽早，但成形较迟。据说在北齐有徐之才的《明冤录》，是我国最早的法医学专著。但这部书不久就失传了，具体内容无从知晓，反映出法医这一学科依然没有得到应有的重视，没有成形。

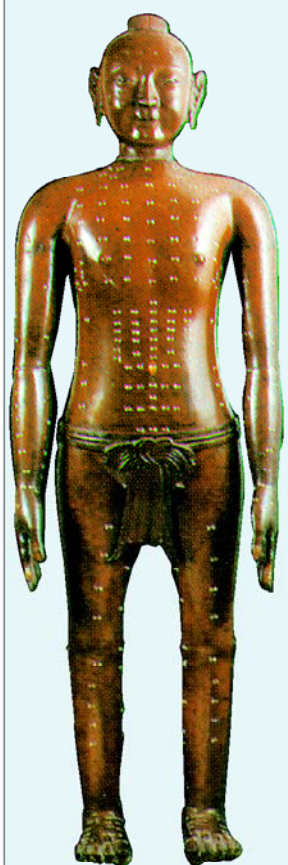
但经历了千余年沧桑磨炼考验，法医学成形的时刻有幸降临在五代至北宋时期。

五代时期，和凝、和蒙父子联手撰著了《疑狱集》(公元951年)。

到两宋时期，这类著作犹如雨后春笋一般一下子涌现出了许多部，如无名氏的《内恕录》、郑克的《折狱龟鉴》(公元1200年)、桂万荣《棠阴比事》(公元1213年)、赵逸斋的《平冤录》、郑兴裔的《检验格目》等等。在淳祐七年(公元1247年)诞生了一部汇集众说，体系完整的法医学名著——《洗冤录》。

《洗冤录》，又名《洗冤集录》、《宋提刑洗冤集录》，五卷，宋慈撰著。

宋慈(1186?——1249)，字惠父，福建建宁建阳童游里人，嘉定十年(公元1217年)进士。宋慈长期职事政务，尤其是历任



针灸铜人

这是针灸铜人，是北宋医官王惟一在总结前人经验的基础上铸造的医学教具。它大小与真人相似，周身有666个针点，359个穴位名称。考试时，体外涂蜡，体内灌水，下针准确则针入水出，从而判断学习的优劣。王惟一所制针灸铜人的原物现已不存，这具针灸铜人是明代英宗八年(公元1443年)重新铸造的。

广东、江西、湖南等处提刑，对于法医学有着丰富的实践经验。

《洗冤录》卷一载《条令》等4篇，总论法医的法令原则与基本方法；卷二载《初检》等12篇，讲述各种尸体的情况与尸检方法；卷三载《验骨》等5篇，卷四载《验他物及手足伤死》等10篇，卷五载《验罪囚死》等22篇，都是讲述各种伤亡的状况与原因，以及尸体发掘、救死方法等。

宋慈对法医的重要性、法医的职责，有许多重要的论述，对法医的责任心尤其重视，强调必须不惧脏累，“审之又审，不敢萌一毫慢易心”。



《洗冤集录》中的髑骨图
这是宋慈《洗冤集录》中的髑骨图。《洗冤集录》是世界上最早的法医学著作，不仅在国内广为流传，而且后来还被译为荷、法、德、英、日、俄、朝等国文字，在世界法医学界享有很高威望。

宋慈指出，法医的工作程序应该是：到达现场后，先要进行对有关人员的询问，再记下尸体的位置，验看周围场所，最后进行尸检。

宋慈对于各种伤亡的鉴别极为精细、准确，对自杀、他杀、病故的区别十分精细和准确。

如，对于吊尸，宋慈指出：要仔细观察吊起的现场与被吊者颈部的情况，还有绳索的情况。要注意吊的高度、绳子的结法、上面有没有尘土、绳子是否移动过。如果是死后遭绳扎的，死尸上就没有“紫赤”、“血阴”而只有“白痕”。

其他如溺死、烧死、自刑与杀伤等等，都有详细的阐述。

在书末，还附有各种救死方。如人工呼吸、用明矾蛋白解砒霜毒等等，有些至今仍在使用。

《洗冤录》是一部集大成的法医著作，既是《内恕录》等著作的经验总结，也有宋慈自己的经验心得，达到了一个相当系统而高超的水平，标志着我国古代法医学的正式形成。

在《洗冤录》问世后直到西方近现代法医学传入以前，它一直是古代中国法医学的指导性著作。在现代，《洗冤录》已经被译成荷、法、德、日、朝、英、俄等多国文字，真正成为了世界法医学宝库中的一颗明珠！

与法医事业紧密相关的是解剖尸体的工作。

在世界上许多国家与地区，尸体解剖是一件不足为奇的医学工作，对于医学的发展具有重要的作用。但在古代中国却是一个不见于明文的“禁区”，是一个不可逾越一步的“雷池”。

但历史记载在宋代有两次尸体解剖，而且绘成了图谱，难道是这“禁区”与“雷池”从此就被打破了？

第一次尸体解剖是在庆历年间(公元1041—1048年)，由画工宋景绘成《欧希范五脏图》。

第二次是崇宁年间(公元1102—1106年)，也由画工绘成图，经医生杨介整理校对，著成《存真图》一卷。

这两幅图的原件都没有能流传下来，但《存真图》的图谱被元代孙煥的《重刊玄门脉诀内照图》录用而保存了下来，多少还能让后人有些幸运感。

从当时的记载来看，解剖是成功的，记载的内容是基本正确的，所存的图虽然疏略粗糙，但价值依然极高，因为这毕竟是中国现存最早的人体解剖图著。

可从此以后，人体解剖又在中国销声匿迹了。于是，不由人们要探究宋代解剖的人体究竟是什么人。

幸好在文献中有据可查，才使后人不致永远被蒙在鼓中。第一次被解剖的，图名中写得很明白，姓名是欧希范。欧希范是何许人呢？原来他本是广西的一位农民起义领袖，被统治者诱杀后，又被剖腹刳肠(参见郑景璧《剧读录》)。第二次被解剖的，人名已经无从可知了，但也可能是一位农民起义者(杨介《存真图》自序。皆录自《中国医籍考》)。

由此可知，宋代的解剖实在是偶尔为之的特殊例子，“禁区”与“雷池”并没有被打破，一切依然如旧。

然而，正因为如此，宋代的两次解剖，在中国传统的医学史上具有特殊的重要价值。

“金、元四大家”，即刘完素、张从正、李杲、朱震亨。他们的共同特点是：既恪守《内经》、《伤寒》的传统体系，又各有所创新，形成各自的风格。



（三）金、元四大家

这一时期，临床医学蓬蓬勃勃地发展起来，名医与流派层出不穷。达到这一时期最高水平的、最负盛名的，则是著名的“金、元四大家”。

“金、元四大家”，即刘完素、张从正、李杲、朱震亨。他们的共同特点是：既恪守《内经》、《伤寒》的传统体系，又各有所创新，形成各自的风格。



刘完素像

刘完素(1110—1200)，又称刘河间，我国金代著名医学家。治病以寒凉药物的运用见长，故有“寒凉派”之称。著有《素问要旨》、《素问玄机原病式》、《宣明论方》和《伤寒直格》等医学著作。

1．刘完素

刘完素(1110—1200?)字守真，河北河间人，人称“刘河间”。

刘完素一生嗜好医学，不愿为官，坚持在民间行医。由于他医德高尚，医技精良，深得民众欢迎。他一生医著甚多，有《素问要旨》、《宣明论方》、《素问玄机原病式》、《素问病机气宜保命集》、《素问药证》、《伤寒直格》、《医方精要》、《三消论》等。其中《素问病机气宜保命集》与《三消论》两书，后人疑为托名之作。

《素问要旨》，主要论述五运六气。《素问玄机原病式》是将《素问·至真要大论》的“病机十九条”加以引申、发挥，从而确立他的火热立论的主张。《宣明论方》也是在于阐发他的运气之理。《伤寒直格》是将致病机理中的寒、热二症加以区分，并继续主张他的热病之长。

总的来看，刘完素在运气学说上颇有发展，强调运气的“常”与“变”应该辩证相待。在致病机理上，对火、热的因素更有心得，治疗也以寒凉药物的运用为长，故有“寒凉派”之称。



张从正像

张从正，我国金代著名医学家。治病以汗、吐、下三法为主，有“攻下派”之称。著作有《儒门事亲》。

2．张从正

张从正(1156—1228)字子和，自称“戴人”，睢州考城(今河南兰考)人。兴定中(公元1217—1222年)曾任太医，但不久即辞去，亦在民间从医。他的著作较少，今存仅《儒门事亲》一书。

《儒门事亲》15卷，由零散的10种著作合成，为后人所编。前3卷是原本《儒门事亲》，张从正原著。其余部分是他对学生麻知几、常仲明等“讲求医里”的实录，由麻氏等编辑成书。

除前3卷《儒门事亲》外，其余卷4～5为《直言治病百法》，卷6～8为《十形三疗》，卷9为《杂记九门》，卷10为《撮要图》，卷11为《治病杂论》，卷12为《三法六门》，卷13为《治法心要》，卷15为《世传神效名方》，另有《三复指迷》1卷，文已佚失。又，《撮要图》后附有《扁鹊华佗察声色定生死诀》与《病机》，在《治病杂论》后附有《河间先生三消论》，最后附有《太医先生辞世诗》5首。

张从正的医学思想沿着刘完素的思路而又有所发展，他赞从刘完素一直信仰的“六气致病”说，把各种疾病的主要致病因素归于六淫的邪气入侵，在治病原则上很自然地以“攻邪”为主，补养为次，在具体治疗手段上也就以汗、吐、下这三法为主，甚至认为攻就是补，于是得了“攻下派”的称呼。

张从正的医学风格十分鲜明，三法的运用有独到之处，但他的“速攻”之策颇招致异议，因此对他的评价往往赞扬与批评兼而有之。

3．李杲

李杲(1180—1251)字明之，晚年自号东垣老人，河北真定(今河北正定)人。

李杲出身于“赀富乡里”的财主之家，因母病死于庸医而立志学医，拜张元素为师，学成后名在其师之上。

李杲的医学著作有《内外伤辨惑论》、《兰室秘藏》、《脾胃论》、《医学发明》、《用药法象》等。

李杲的行医特点非常鲜明，他的医学思想集中在脾胃诊治上，他以传统的五行理论“脾胃为土”——土为万物之母，脾胃为生化之源为基础，建立起他的理论：(一)元气为人生之本，脾胃为元气之源；(二)脾胃之气必须升降有序，序乱则致病；



(三)火为元气之贼，治则以“甘温除热”为主。

李杲这一思想，是与“外感”论相反的学说，因此他力主内补除病。他的这种偏重于内的倾向，也在获得好评的同时招致了某些批评。

4．朱震亨

朱震亨(1281—1358)字彦修，义乌(浙江义乌)人，人称丹溪翁。

朱震亨学初宗文，后因母病、师病而改学医，44岁始师从刘完素再传弟子罗知悌。学成后，又深研《内经》、张仲景、张从正、李杲等学说，参以《易经》太极之理，作“相火”与“阳有余、阴不足”之论，名声始传于四方。

朱震亨的著作有《格致余论》、《局方发挥》、《伤寒辨疑》、《本草衍义补遗》、《外科精要新论》等，以《格致余论》与《局方发挥》最为著名。

朱震亨最著名的思想就是“相火”与“阳有余，阴不足”理论。

“相火”论的要点为：(一)人有居火(心火)与相火(在肝肾、膀胱、三焦、心包、胆)；(二)相火主动，所以能生生不息；(三)相火为元气之贼。

“阳有余，阴不足”论的要点为：(一)天地、人身都是“阳有余，阴不足”；(二)相火易动，故阴易泄，故阳更有余而阴更不足。

朱氏的这一思想，是刘完素火热说的新发展，因此他的医术强调滋阴降火，并创制了“越鞠丸”、“大补阴丸”、“琼玉膏”等养阴膏丸，从而得到了“滋阴派”(或称“养阴派”)之名。

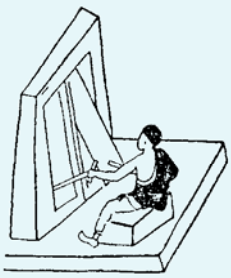


朱震亨像

朱震亨(1281—1358)，字彦修，又称朱丹溪，我国元代著名医学家。他倡导“相火论”，治病以滋阴降火为主，故有“养阴派”之称。医学著作有《格致余论》、《局方发挥》等。

八、冶金·建筑·纺织·瓷器

百工竞百技



木扇图
这是在甘肃敦煌榆林窟西夏锻铁壁画中的木扇图(摹本)。

在隋唐时期手工业的兴盛之后，宋元时期继续了这种态势，但一切又都变得更为成熟、更为进步。

(一) 冶金

宋元时代的冶金业，有三项进展尤为重要。

一、木风箱

在敦煌榆林窟西夏壁画的锻铁图中，就有了木扇，王祯的《农书》在记载水排中也说到："古用韦囊，今用木扇。"

这种"木扇"，实际上就是简易的木风箱。在箱头部分装有两块长方形的盖板，上面安装有拉杆，一人用左右手分别作推与拉的操作，就可以鼓风。

在北宋曾公亮的《武经总要·前集》与元代陈椿的《熬波图》中，都记载有一种更为进步的木风箱，并附有图谱。这种木风箱装有简单的活门，比欧洲要早五六百年。

比这种简单木风箱更进步的，是活塞式鼓风的木风箱，至迟在明代已经产生。

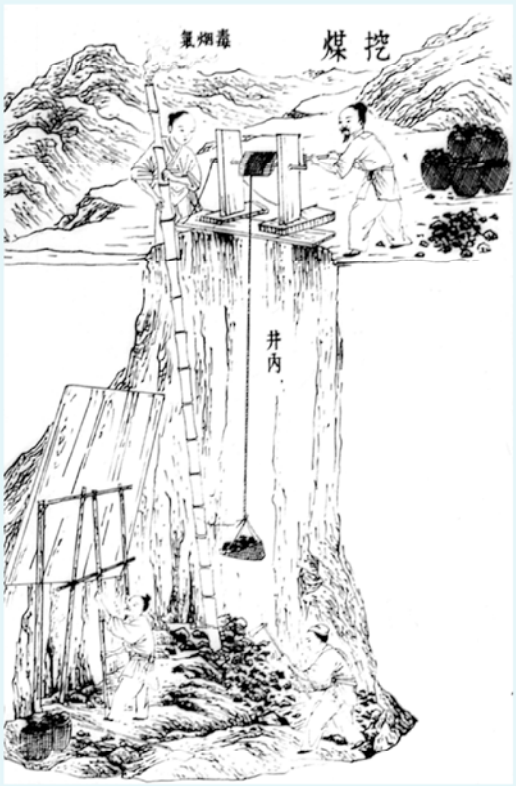
木风箱较为牢固，风量较大，还可以改装成畜力与水力推动，因此，是现代鼓风机发明以前最先进的鼓风器具。而现代鼓风机的发明，是在木风箱的基础上产生的。木风箱的发明与使用，是古代中国的又一项重要贡献!



二、煤

用煤作为冶铁的燃料，创始于南北朝时期。而普遍地在冶铁中使用，则是在宋代。特别是在北方地区，更为普遍，从而形成了北方用煤、南方用炭的基本格局。这种格局，一直到明代发明了炼焦技术后，才又开始都向用焦炭冶炼的方向演变。

用煤冶铁可以节约大量的木材，但也存在铁的质量较差的缺点(因为含硫量过高)，后来直到焦炭的使用才有所改变。



《天工开物》中的挖煤图
这是《天工开物》中的挖煤图。我国在西汉时已正式用煤炼铁，至宋代煤矿开采已有一套比较完整的技术。明代宋应星的《天工开物》一书中，对采煤技术有比较详细的记载，其中讲到用竹筒排毒气，是一种很科学的方法。

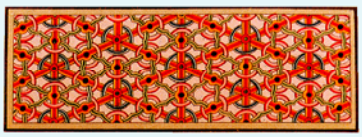
三、胆铜法

胆铜法，又称“水法炼铜”。早在西汉时期的炼丹家们将铁砂投入蓝色的胆水中，眼瞧着黑灰色的铁砂渐渐地变成了金黄色，开始以为发现了能“点铁成金”的法术，可最终才知道那诱人的金黄色只是一层铜，而不是黄金。

然而，从科学的角度来看，从人类更长远的利益上看，炼丹家们的收获远远超过了黄金的价值。因为，单从炼铜这一生产来看，胆铜法与火法炼铜相比，成本低、速度快、质量高，优势十分明显。所以，人们纷纷用此法炼铜。

到宋代，胆铜法技术工艺已经相当完善了，成为了炼铜的主要方法之一。北宋时期，用胆铜法炼铜的作坊有十多处，年产铜达100多万斤，占当时铜产量的20%左右。到南宋时，更占到了85%左右，可见规模之大。

在欧洲，胆铜法的发明要比我国晚五百多年，而且迟迟没有形成规模生产。直至15世纪50年代，这一方法也只有少数人才知道，根本没有类似我国大规模生产的景象。

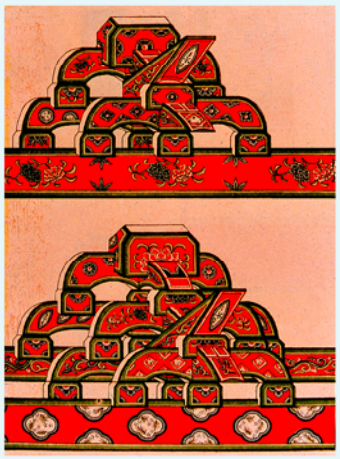






左为《营造法式》中的建筑结构图(一)
这是《营造法式》中的五彩琐文图。

右为《营造法式》中的建筑结构图(二)
这是《营造法式》中的解绿结华装名件图。



(二) 建筑

宋元时期的城市建设(如开封、杭州、元大都)、木结构建筑(如河北正定隆兴寺与诸多的寺塔)、桥梁(如泉州洛阳桥、汴桥、芦沟桥)等等，都取得了足以称道的成就，呈现出一派兴盛的面貌。

与实际的建筑成就相辉映的，是这时期诞生了古代中国第一部木构建筑的技术法典——《营造法式》。

《营造法式》是当时主管国家建筑的官员李诫受命编纂的，从绍圣四年(公元1097年)至元符三年(公元1100年)，长达14年才修成，崇宁二年(公元1103年)正式颁行。

《营造法式》全书共36卷，除去“看详(即说明)”与目录，正文共34卷(含357篇、3555条)，内容可分为五大部分：

(一) 名例(卷1～2)，是对建筑专用名词术语的解释与定型，以克服名词的混乱。同时，对一些基本的建筑数据作了统一规定(如圆周率值为 22/7 等)。

(二) 制度(卷3～15)，对壕寨、石作、大木作、小木作、雕作、旋作、锯作、竹作、瓦作、泥作、彩画作、砖作、窑作这13种(共176项)工程的尺度标准、操作规程与要求作出了具体的规定，与现代的建筑工程标准、规范基本相同。





晋江安平桥

这是晋江的安平桥，又叫“五里桥”，建于南宋绍兴八年至二十一年（公元1138—1151），是我国现存最长的石桥。

（三）功限（卷16～25），主要记载各种工程构件的劳动定额与计算方式。

（四）料例（卷26～28），规定各种工程的用料定额。

（五）图样（卷29～34），是古代建筑图样的汇编。

《营造法式》是我国到宋代为止木构建筑技术的经验总结，对各种建筑的式样、规格、技术都有详尽的记载，特别是第一次详细记录了古代的模数制（各种构件的具体尺寸比例），第一次载录了古代的建筑图样，价值极高。

《营造法式》不仅是古代中国建筑工程的法典与百科全书，而且在当时的世界上也是一部内容最全面、规制最严整的经典著作，是世界建筑史宝库中的一颗耀眼的明珠！

（三）纺织

宋元时期的纺织业，延续了隋唐的兴盛，形成了自己的特色。

首先是形成了以江南为中心的织造格局。

由于北方地区是战争的不宁之地，早已开始的经济重心南移的倾向更为显著。到宋代，纺织业的中心移到了长江中下游的江南地区（或者说是太湖地区）。



黄道婆像

这是黄道婆，松江乌泥泾人，我国宋末元初的棉纺织技术革新家。



黄道婆与脚踏纺车（雕塑）
这是位于黄母祠景区中的黄道婆与脚踏纺车雕塑。

其次是纺车织机的改进提高。

当时的纺车主要是这样几种：卧式手摇纺车、立式手摇纺车、脚踏纺车、水力大纺车。其中，脚踏纺车与水力大纺车尤为先进。

脚踏纺车是由一位民间的女纺织家黄道婆发明的，它的结构特点，是利用杠杆曲柄结构把脚的往复运动变为圆周运动。由于纺车上可以安2缫、3缫直至5缫，大大提高了工作效率，这是世界上最早的多绽纺车。而在西方，直到19世纪，还只有单绽的纺车。

水力大纺车自然更为先进。它不仅以水为动力，大大节省

＞知识百科＜

棉毯与织机记载

1966年在浙江兰溪曾发现了一条南宋淳熙年间织造的棉毯，幅宽1.18米。这样宽度的织物，肯定是由宽幅织机织成的，这种织机应由两人操作。

可惜的是，这样的织机未见于记载。织机在元代薛景石的《梓人遗制》中(原本已失传，今仅在《永乐大典》中有过记录，但恐非全本)著录有：华机子(提花机)、立机子(立织机)、小布卧机子(丝麻织机)、罗机子(罗类织机)等。书中对这些织机的记载十分详细，且拥有许多的独家史料。

脚踏纺车是由一位民间的女纺织家黄道婆发明的，它的结构特点，是利用杠杆曲柄结构把脚的往复运动变为圆周运动。



黄母祠

这是上海人民为纪念黄道婆而建的黄母祠一角。黄母祠现已成为上海植物园中的一个重要景区。

了人力。更重要的是，它的车身大，长约2丈多，宽约5尺，绽数多达32个，昼夜纺纱可达百斤。在欧洲，直到18世纪才由英国人发明了水力纺机，比我国晚了四百多年。

第三是纺织品的丰富多彩。

宋元的织品，棉、麻、毛、丝及刺绣品极为丰富多彩，以丝织品最为突出，特别是加金丝织品与缂丝品尤负盛名。

加金织物大约在东汉已经产生，成熟则在宋元时期。当时的加金技术，已经有18种之多。尽管如此，加金只是增加富贵成份而已，科学与艺术的因素并不大。

真正值得赞美的是缂丝，缂丝的魅力在于能够逼真地织出绘画作品。当时最为著名的画家兼缂丝名家朱克柔、有“茶花”、“牡丹”、“莲塘乳鸭图”等传世珍品。她的缂丝，不仅是达官富豪们的宠物，连皇帝也要派员去搜刮。另外，像沈子蕃、赵昌、崔白等，都是当时著名的缂丝名家，他们的作品都可称为绝世精品。

缂丝所显示的高超技艺，是世界纺织品中的一朵奇葩！

（四）瓷器



钧窑带匣钵天青釉玫瑰紫斑碗
这是元代钧窑带有匣钵的天青釉玫瑰紫斑碗。匣钵是重要的制瓷工具，种类很多。利用匣钵，可使瓷受热均匀，不因烟熏而变色，又可增大炉窑容量。

宋元瓷器天下闻名，至今犹然。

在宋元瓷窑的缕缕青烟中，光彩夺目、仪态万方的瓷器源源不断地被烧制出来。当时的瓷窑星罗棋布，遍布全国。最出名的有定窑、磁州窑、均窑、耀窑、景德镇窑、赵窑、龙泉窑、建窑这八大最著名的窑址。

当时的瓷器格局，主体上依然是北白南青两大体系，但实际上则是交汇融合，更趋丰富多彩。

南方的瓷器，在瓷土的选用上有了很大的进展，许多瓷器的胎体已相当洁白，远胜以往。

北方的窑炉一般较小，于是就有“覆烧工艺”(将胎器覆套迭合烧制)的发明，后来传到了南方。而南方的一些窑炉，则采取了扩大容积的技术，甚至一窑就能烧制1～2万件左右。



耀州窑凸花莱菔尊
这是宋代耀州窑的凸花莱菔尊。耀州窑始於唐，宋代最盛，金元时持续生产，到明代停止。它是中国北方重要的产瓷区，以今陕西省铜川黄堡镇窑为中心。产品有黑釉、青釉、白釉和刻花青瓷器等。

在品种上，南方烧出了粉青与梅子青釉，北方烧出了铜红釉与釉里红、白地黑花、釉上红绿彩等新品种，而且还发明了印花装饰、刻花装饰等等。元代的青花釉瓷器，是釉下彩的新品，是元代瓷器的一大标志性新品。尤其是景德镇生产的孔雀绿釉、釉下青花的新品种，更是罕见的绝世精品。元代的“枢府”瓷器，同样声名显赫。

宋元瓷器显示出更为成熟的



趋势，从而在古代中国的瓷器史上具有非常重要的地位。瓷器的对外输出占据了更大的比重，为丰富世界人民的生活作出了直接的贡献！



青花云龙玉壶春瓶

这是元代的青花云龙玉壶春瓶。青花瓷器是釉下彩，这种工艺开始于唐代，宋代有所发展，到元代时开始兴盛。元代青花瓷器种类繁多，有玉壶春瓶、盘、碗、壶等。



龙泉窑粉青釉划莲花撇口碗

这是元代龙泉窑的粉青釉划莲花撇口碗。龙泉窑在今浙江省龙泉县，开创于北宋，为宋代五大名窑之一，元明两代继续生产。



耀州窑印菊花碗模

这是北宋耀州窑的印菊花碗模，是制作碗坯的内模，刻菊花纹。花纹压印在碗的内壁上，称为印花。

百工竞技

阅读中国·科技史卷

【第六章】

哀世里的奋争

（明清时期）

给古代中国曾经带来了繁荣与兴盛的封建制度，到明清时代已经从峰巅上走了下来，在下坡路上缓缓地继续行进。

从宋代开始繁荣起来的商业与长期顽强奋进的手工业，本应促进资本主义萌芽的发展。虽然在古代中国这块土地上，这种资本主义萌芽的发展注定将是长期而缓慢的，但发展则是必然的。

单从中国本土的范围来看，明清时期仍然涌现出了一些优秀的成果与人才，传统的科学技术在缓慢地向前发展。但从世界范围来看，昔日曾居世界科学技术前列地位的中国传统科技已经是大大落后于欧洲了。



一、明代四大科技名著

传统科学的终哨强音

明代社会的科学技术发展最为突出的表现就是四大科技名著问世——李时珍的《本草纲目》、徐光启的《农政全书》、徐霞客的《徐霞客游记》、宋应星的《天工开物》。

（一）李时珍与《本草纲目》



李时珍像

这是我国明代著名的医药学家、植物分类学家李时珍。他的巨著《本草纲目》是世界医药科学史上的重要典籍。书中采用的先进的动植物分类法，比西方林耐1735年出版的《自然系统》早一个半世纪。他对每种药物一般都记名称、产地、形态、采集方法、药物的性味和功用以及炮制过程，并指出过去书中的错误，对世界医药学和生物学作出了重要贡献。

李时珍(1518—1593)，字东壁，晚年号濒湖山人，湖北蕲州(今湖北蕲春)人。

李时珍出身于一个世医家庭，父亲李言闻也是一位当地的名医，撰有《医学八脉法》、《四诊发明》等著作。李时珍从小就受到医学熏陶，这是很自然的事。

但真正使他走上医学道路的，则是因为他从小身体瘦弱多病，多亏他父亲的精心治疗调养，才渐渐地好起来，这样，他开始跟父亲与兄长学习医药知识。越学习，越感受到医药的重要性。

以后，虽然李时珍14岁就考中了秀才，但他终究没有走上仕途。24岁时，李时珍正式开始了他一生为之奋斗的医师职业。

很快，李时珍就显示出了他在医学上的特殊才能。特别是在治疗用药方面，更为灵活、更讲求实效。因此，治疗的效率很高。对一些疑难病症，他往往奇招迭出，取得意外的特效。

经过长期的医疗实践，李时珍对前人所编的本草(如《唐本草》、《证类本草》)颇感不满，决意要重写一部新的本草。

嘉靖三十一年(公元1552年)，李时珍正式开始编写工作。

为编写好这部新本草，李时珍亲自爬山涉水、访采四方，甚

至甘冒危险，亲尝各种药物，从而积累起了丰富的第一手资料。

万历六年(公元1578年)，经过二十多年艰辛努力、呕心沥血，一部伟大的药典——《本草纲目》终于诞生了！

《本草纲目》全书共52卷，190余万字。全书将药物分为16部(水、火、土、金石、草、谷、菜、果、木、服、器、虫、鳞、介、禽、兽、人)、62类，共收药物1892种，附方11096则，插图1110幅。

《本草纲目》是古代药物学的集大成著作，既汇聚了前人的著述800余种，又有李时珍自己精心修正、拓新的成份，从而使它达到了空前的高度。



《本草纲目》书影
这是李时珍所著《本草纲目》的书影。

对药物的分类，是药物学著作首要解决的基本问题。《本草纲目》对以往一些本草著作按毒性来分类的分类法颇为不满，因此，改为按药物本身的自然属性来分类。在书中，李时珍将矿物药分为水、火、土、石四部，将植物药分为草、谷、菜、果、木五部，将动物药分为虫、鳞、介、禽、兽、人六部。

这一分类法，不仅符合药物本身的规律，更接近自然界的客观实际。不仅矿物、植物、动物类药物本身内部的分类较为正确，而且矿物、植物、动物这样的安排顺序，符合了自然界由无机到有机、由低级到高级的发展进程。

对具体每种药物的解说，是以药物名称为“纲”，以下各栏

＞知识百科＜

“药典之王”的世界影响

作为一部药典的生命所在最最关键的就是准确性。在这一点上，《本草纲目》是中国古代药典中最为杰出、最为优秀的。但并不是说《本草纲目》没有丝毫的错误，但它的准确率确实是很高的。因此，它被公认为古代中国的“药典之王”，享有极高的声誉。

《本草纲目》问世以后，很快就以卓越的质量取得了人们的普遍欢迎，翻刻不止。并且很快传到了邻国，接着被陆续译成多国文字，仅英译本就达十余种，被西方称为“东方医学巨典”。包括像达尔文在内的许多世界著名科学家，都曾经引用了《本草纲目》中的记述。

为“目”：“释名”，是药物名称的来源与原由；“集解”，说明产地、形态、采取方法；“修治”，说明炮炙方法；“气味”，说明药性；“主治”，说明药物的主要功用；“发明”，记载前人与他本人对药性、药理与功用的见解；“辨疑”、“正误”：是对前人本草书中说法的疑点与错误进行辨正；“附方”，说明药物的临床实际运用。

所有这些，不仅十分全面、完善，而且使用十分简便、明了，可谓是结构严谨、条理分明，足以成为药典的标范。

《本草纲目》在全书开头处设有“百病主治药”一栏，对177类疾病(这是李时珍提出的分类)的治疗方法与药物都有详细的记述。同时，在每种药后面附录了有关的药方。在总共11096首附方中，8161首是李时珍亲自搜集的。附上药方，旨在给医师与读者以临床方便。

《本草纲目》虽然只是一部药典，但它涉及的知识面极为广泛，包括了生物学、矿物学、物理学、化学、农学、天文学、气象学、生理学等其他学科方面的知识，这反映了李时珍知识面的广阔。

《本草纲目》是古代中国医药学成就的最高标志，也是中华民族对世界医药学的一大贡献！



徐光启画像
这是明代著名的农业科学家、天文学家和数学家徐光启。他关心农业生产，注意引进西方近代科学技术，并力争中西融合，使他的科学成就高出于当时的水平。

（二）徐光启与《农政全书》

徐光启(1562—1633)，字子先，号玄扈，上海人。

徐光启出生在一个小商人兼小地主的家庭里，但他出生后，家道已经衰落。青年时期的徐光启，曾在家乡与广东、广西等地教书谋生。万历二十五年(公元1597年)，考中举人。万历三十二年(公元1604年)，考中进士。从此踏入仕途，先后在翰林院、詹事府、礼部任职，崇祯二年(公元1629年)后升任礼部左侍郎、尚书、内阁大学士。

徐光启有着强烈的爱国之心，思想激进，主张富国强兵，多

次提出具体的奏议，显示出激进革新的倾向。

《农政全书》是徐光启日积月累所成之书，大约从天启元年(公元1621年)开始，至天启五年(公元1625年)与崇祯元年(公元1628年)间完成初稿。徐光启去世后，由陈子龙等进行整理删补而成。



《农政全书》书影

这是徐光启一生中最重要的著作《农政全书》。全书共60卷，50多万字，包括了农本、田制、水利、农器、农时、开垦、栽培、蚕桑、牧养、酿造、造屋、备荒等有关农事的各个方面内容。

《农政全书》共60卷，约50多万字，分为农本、田制、农事、水利、农器、树艺、蚕桑、蚕桑广类、种植、牧养、制造、荒政12门。

《农政全书》的重点在于屯垦、水利、备荒这三项内容，占据了全书篇幅的一半以上，单荒政一门就占了全书的1/3。这样的安排，是古代农书中绝无仅有的。

徐光启对这些内容的重视，形成了本书的独有特色。它的政治经济意义远远重于技术意义。徐光启如此的处理，是他忧国忧民的一腔热血的表现。

《农政全书》对于各地的新技术、新经验极为重视，书中对松江地区植棉与棉田管理的新技术、河北肃宁在地窖内纺织的方法等，都作了实录。他本人对于蝗灾的预测与防治，就是一项重要的发明。

《农政全书》对旧的“风土不宜”说颇不以为然，认为这是引进、移植新品种的最大障碍。于是，他亲自动手进行试验，从福建引种甘薯到家乡，在天津试种水稻，均取得了成功。他还大力推广种植乌桕树、女贞树，以发展副业经济。

《农政全书》是我国古代农学的集大成著作，其中引录前人的著作达290种之多，自己撰写的有6万字左右，从而形成了一部古代农学的百科全书。这是一部规模空前的农学巨著，是古代中国最完善、最全面、最系统、最先进的农学宝典，在我国农学史上有着极高的地位与价值。



上海光启公园内徐光启塑像

这是上海光启公园内的徐光启塑像。



徐光启推广甘薯图
这是徐光启正在试验引种甘薯，并将它向全国其他地区推广。

徐光启是一位有多学科造诣的全才型学者，除了《农政全书》以外，还取得了一系列的科技成果。

他主持编制了我国第一部引进西方天文学体系的历法——《崇祯历书》。这部历法虽然在明代没有使用，但在清代初年，传教士汤若望将它改订成时宪历，在整个清王朝时期通用。

在改历中，他主持制造了古代中国第一架望远镜(当时称为“窥筒眼镜”)。在新历中，他引进了西方的天学体系、地球的观念与球面三角学概念与技术。

在数学方面，他第一个翻译了欧几里得的《几何原本》，开创了翻译、介绍西方科技著作的新路(《几何原本》当时只译出了前6卷，后由清代数学家李善兰与英国传教士伟烈亚力合作译完)。

徐光启译文的质量甚高，极少错误，文字通畅，特别是一些技术专用名词(如几何、点、线、面、平行线、钝角、锐角、三角形、四边形等等)，徐光启译定后一直使用到现今，这个功绩将永载史册。

徐光启还撰著了《测量异同》、《勾股义》等数学专著，将中国传统的数学与西方的数学作了新的融合比较，开创了数学研究的新道路。

徐光启对中国科学技术事业的贡献，决不止于他的这些具体活动与成果。更重要的是，他是古代中国学习、介绍、引进西方科学技术的第一人。在相对保守的旧时代里，能够迈出这样的步伐，需要极大的胆略与超人的远见卓识。可以说，在学习、介绍、引进西方科学技术上，徐光启是第一位“敢吃螃蟹”的勇敢者、先驱者！

徐霞客的原稿后来却大多散失了，保存下来的不足原来的1/6。后人将这些稿件整理成书，这就是著名的《徐霞客游记》。



苍山脚下的徐霞客塑像
这是位于云南大理苍山脚下的徐霞客塑像，表达了我国西南地区人民对这位伟大的旅行家和地理学家的深深怀念。

（三）徐霞客与《徐霞客游记》

徐霞客(1586—1641)，名宏祖，字振之，霞客是他的号，江苏江阴人。

徐霞客出身于一个地主家庭，但祖父与父亲都是很有些声望的学者，使他从小就能在知识的海洋中遨游。少小的徐霞客，对祖国的壮丽山川尤为热爱。由于当时朝政被魏忠贤等人把持，魏忠贤严厉镇压、打击东林党人，社会一片黑暗。徐霞客的家乡就在东林党人的聚居地无锡附近，使他目睹了政治的腐败与残酷，促使他决定终生不入仕途而投身于地理学的研究之中。

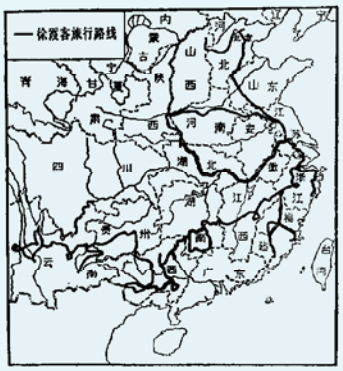


徐霞客像
这是明代末年伟大的旅行家和地理学家徐霞客。他足迹遍天下，到全国各地进行地理考察，一生中考察过的省区达16个之多。尤其是他对于西南和中南地区岩溶地貌和溶洞的描述和研究，是世界地理学史上的光辉篇章，比欧洲人的考察要早一百多年。所著《徐霞客游记》，是中国地理学史上的重要文献。

为此，从22岁起，他就像上足了发条一般，不停地游历于名山大川、祖国各地。直到他56岁，长年的风霜浸侵、旅途的过度疲劳，才使这“发条”被崩断而不幸病故。

就在这30多年的时间里，徐霞客的足迹遍及了江苏、安徽、浙江、江西、河北、河南、山东、山西、陕西、湖北、湖南、福建、广东、广西、云南、贵州等16个省区，他还计划要去缅甸，可惜没有能实现。

徐霞客的游历，开始是去名山大川，后来向荒山野地进发，深入到少数民族地区，艰险困苦远胜于以往。有好几次，还差一



徐霞客旅行路线图
这是徐霞客当时旅行的路线图。

些遇难丧生。他曾遇到过强盗洗劫，几乎回不了家乡。

在游历中，徐霞客对山脉、河流、岩石、土质、火山、矿泉等各种地质地貌与气候、植物、动物等等，作了详细的考察与认真的记录。每天考察结束，无论怎样的环境、无论如何的疲劳，都要坚持记录。

凭着这样的长年积累，徐霞客以他的文字记录了祖国山河的壮美。但可惜的是，他的原稿后来却大多散失了，保存下来的不足原来的1/6。后人将这些稿件整理成书，这就是著名的《徐霞客游记》。

《徐霞客游记》有10卷本、12卷本、20卷本等不同版本，约40万字。以10卷本为例，卷1上、下记述天台山、雁荡山、白岳山、黄山、武夷山、庐山、九鲤湖、嵩山、太华山、太和山、五台山、恒山及闽游日记；卷2上、下记述浙游日记、江右游日记、楚游日记；卷3～4记述粤西游日记，卷5上、下记述黔游日记；卷6～10上记述滇游日记；卷10下记述附编(有诗文、题赠、书牍、传志、石刻、旧序、校勘)。又，书前有序等。

《徐霞客游记》以石山、峰、岩、洞穴、入水洞、narrow井、环窟、墜穴、槽、坞、天生桥、峡、井等等名称来表达各种形态，具体的大段描述更为众多。经现代人复勘，徐霞客的这些记述都十分准确、逼真、形象。

《徐霞客游记》对于长江、南北盘江、潇江、湘江、漓江、怒江、澜沧江等诸多江河的源头、走向、支系等也进行了考察，

＞知识百科＜

《徐霞客游记》中的石灰岩地貌记载

在现存的《徐霞客游记》中，西南与边疆地区的内容占了绝大部分，有关石灰岩溶蚀地貌的记载价值尤高。石灰岩溶地貌，又称“岩溶地貌”或“喀斯特地貌”，是石灰岩在水的长期而缓慢的作用下形成的奇特地貌。这类地貌在我国西南地区分布广泛、形态丰富。徐霞客对这类地貌的考察长达近3年的时间，并作了详尽的记录与描述。这比欧洲爱士倍尔的考察要早130多年。

纠正了旧说的一些错误。

《徐霞客游记》还记载了植物群种的分布，以及因地形、高度、温度、风速而改变的情况。对火山爆发而引起的地形与植物的变化，书中也有记录。

《徐霞客游记》是我国古代地理学从书斋走向野外实地考察的卓越成果，它对诸多地理状况的记述与描绘至今仍价值不菲，它对我国古代地理学变化发展所起的重要作用至今犹存，它是一份无比珍贵的重要历史地理文献！



宋应星像

这是明代著名科学家宋应星。他编著的《天工开物》一书，是世界第一部有关农业和手工业生产的百科全书。

（四）宋应星与《天工开物》

宋应星(1587—清初)，字长庚，江西奉新人。

宋应星出生于一个没落世族家庭，明崇祯七年(公元1634年)任江西分宜县教谕，后又任福建汀州(今长汀县)推官、亳州(今安徽亳县)知县，明亡后弃官回乡，大约在清初亡故。

宋应星的著述，有《天工开物》、《卮言十种》、《画音归正》、《杂色文》、《原耗》等，其中大多已经佚失。近年来发现的《野议》、《论气》、《谈天》、《思怜诗》四篇佚作，有可能是《卮言十种》中的篇章。而最值得庆幸的是，他最著名的著作《天工开物》没有亡佚。

《天工开物》中的北耕兼种图

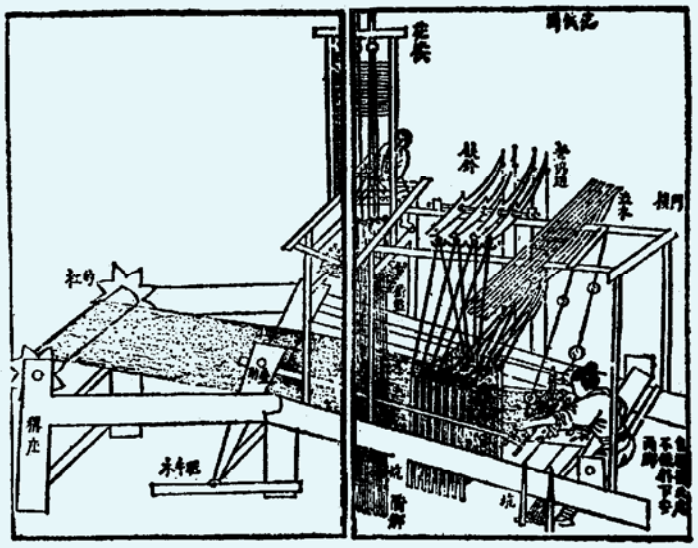


《天工开物》成书于明崇祯十年(公元1637年)，全书分上、中、下三卷，细分为18卷。共约6万余字，插图120余幅。

全书内容按“贵五谷而贱金玉”的顺序编排，具体为：

卷1《乃粒》，记述水稻、小麦的种植技术与农具机械，兼及黍、稷、粟、菽等粮食作物，以水稻为尤详。其中有关用砒霜拌种子以防虫害、施用骨灰与石灰改良土壤等记载，都是前所未见的。

卷2《乃服》，记述养蚕与丝织技术、工具、机械，



《天工开物》中的提花机图

兼及棉、麻、毛的纺织。所载的“花机图”，是当时最先进的提花机画图，极为清楚。

卷3《彰施》，记述各种植物染料与染色技术，重在蓝草与红花。其中关于蚕种变异的记载，是非自觉运用定向变异原理的实例。

卷4《粹精》，记述水稻、小麦的收割、加工技术与工具，兼及其他杂粮。其实这卷是卷1的续篇。

卷5《作咸》，记述海盐、池盐、井盐生产的技术与器具，以海盐、井盐为详。其中，用晒盐取代煮盐是明代的新创造，有关井盐生产的技术与器具的记载则是最为详细的。

卷6《甘嗜》，记述广东、福建的甘蔗种植与榨糖生产及设备，兼及蜂蜜与饴糖。其中的一些技术至今仍在沿用。

卷7《陶埏》，记述砖瓦与瓷器烧造技术。对景德镇记载尤详，是关于景德镇最早的详细记载之一。

卷8《冶铸》，记述了实模铸造、失蜡铸造与砂型铸造的工艺。对群炉汇铸与连续浇铸大件的记载，尤为先进，尤为重要。

卷9《舟车》，记述各种舟船车辆的结构与使用方法。对漕运的船只与北方的四轮大马车记载尤详。

卷10《锤锻》，记述金属(主要是铁、铜)锻造工艺，从大至数万斤的“千钧”铁锚到小至绣花针，包括各种农具与手工工具，品种丰富。其中，有关用松木炭、豆豉、土末作渗碳剂的固体渗碳工艺，用液体渗碳的生铁淋口法，刀具的“夹钢”、“贴钢”技术，反映了当时的先进技术。

卷11《燔石》，记述煤矿的开采与石灰、矾石、硫磺、砒石

的烧制。特别是对煤的分品种(明煤、碎煤、末煤)、煤井巷道的“支板”(巷道支护)、用打通的竹管来排放毒气(即瓦斯)的记载，则都是在当时世界上领先的技术。

卷12《膏液》，记述16种油料植物的出油率、油的性状、用途、以及压榨法与水代法炼油的技术。有些技术至今仍在生产中有所运用。

卷13《杀青》，记述竹纸与皮纸的制造工艺技术与设备。其中，用石灰浆处理竹穰，用柴灰处理纸浆，在纸浆中加纸药汁，是当时制纸工艺中的三项关键技术。

卷14《五金》，记述了金、银、铜、铁、锡、铅、锌等有色金属的开采、洗选、冶炼、分离技术与合金的冶炼技术。其中，对各有色金属化学性质的描述，对锌与铜锌合金(黄铜)的记载，都极有价值，黄铜更是世界上第一次见于记载。

卷15《佳兵》，记述了弓箭等冷兵器与火药火器。对提硝法、乌铳、万人敌(旋转式炸药包)、混江龙(半自动水雷)的介绍尤详，使世人对当时的武器有了较详细的了解。

卷16《丹青》，记述了朱砂研制与墨的制造。朱砂研制，包括了从天然丹砂炼水银，再以水银与硫合制为银朱。其中，由水银再制成银朱时，分量的增加乃是“借硫质而生”的论述，不仅揭示出了化合物概念的萌芽，而且是“质量守恒”思想的萌芽。

卷17《曲蘖》，记述酒曲的制造，介绍酒母、药用神曲及丹曲(红曲)所用原料种类、配比、制造技术及用途。其中用丹曲延长食物保存期的方法，可以说是现代用抗生素抑制微生物生长来保存食物这一方法的先声。在制造丹曲时，要选用绝佳红酒糟为菌种，再加明矾水保持曲种培养料的微酸性，以抑制其他有害菌的生长，在生物学上同样是极为先进的技术。

卷18《珠玉》叙述珍珠、宝石、玉、玛瑙、水



《天工开物》中的龙骨水车图

这是《天工开物》中的龙骨水车图。龙骨水车又叫踏车，利用人力，脚踏车水，可将水输进缺水的田块，对减轻旱情、调节稻谷生产中的水量有重要意义。

晶的开采与琉璃生产。

《天工开物》完全可以说是一部我国古代农业与手工业生产技术的百科全书，在我国乃至世界科技史上都是极为重要的经典著作。

明代中后期出现的科学技术新思潮与新动向的特点就是讲求实用，探求真知，形成“经世致用”的风尚。

其社会背景就是资本主义萌芽对科学技术的推动与要求。很显然，只要社会继续向着资本主义的方向前进，这种新思潮与新动向也会继续向前发展，最终产生出近、现代的科学技术体系。可惜的是，这个新思潮与新动向没有能够正常地向前发展。清王朝取代明王朝，所带来的只是更落后的“闭关锁国”意识、对科学技术的冷漠与轻视，从而使得刚刚萌芽的资本主义因素几乎处于被窒息与扼杀的命运，整个科学技术几乎遭受到同样的命运。

而这种悲剧，更使我们对李时珍、徐光启、徐霞客、宋应星(以及朱载育、方以智等)及他们的奋斗精神倍加怀念！

＞知识百科＜

《天工开物》问世的影响

《天工开物》问世以后，首先是在国内引起了极大的注目。与宋应星同时代的另一位著名学者方以智，在他的《物理小识》最先引用了《天工开物》中的记载。清代官修的大型百科全书《古今图书集成》与农学大典《授时通考》，更是大量地引用《天工开物》。其他引书者可谓是不计其数。《天工开物》本身也多次重版，以适应需求的增长。清末的梁启超在《中国近三百年学术史》中，把《天工开物》列入了“最有价值的作品”之中。

《天工开物》最先是在17世纪末传到了日本，在日本的学术界大受欢迎，形成了一门“开物之学”。此后，又传入了朝鲜与欧洲，并被达尔文、梅洛、贝勒等著名科学家广泛地引述。各种文字的《天工开物》译本十分流行，被公认为古代“中国技术的百科全书”，宋应星被称为“中国的狄德罗”。

《天工开物》完全可以说是一部我国古代农业与手工业生产技术的百科全书，在我国乃至世界科技史上都是极为重要的经典著作。

二、郑和下西洋

科技史上的意义

明代成祖至宣宗年间，郑和率领一支庞大的船队七次远航印度洋沿岸，不仅有着重大的政治、经济意义，而且有着重要的科学意义。

郑和(1371—1435)，原姓马，小字三宝，云南昆阳(今昆明市晋宁县)回族人，因长年侍奉与“多建奇功”而被朱棣(明成祖)赐姓郑。正因为郑和是朱棣的亲信，且“有智略，知兵习战”，所以被委任为下西洋的正使。

从明成祖永乐三年(公元1405年)至明宣宗宣德八年(公元1433年)，郑和七次率领庞大的船队到达亚洲和非洲的三十多个国家，完成了人类前所未有的航海壮举。

这一壮举的科学意义，首先是体现了当时中国的造船的水平。

郑和下西洋的船队，总数在100～200艘之间，其中长度超过100米的大型“宝船”有40～60艘，最大的长度超过150米，宽度超过60米。出行的人员，有27000人之众。这样的规模，完全是空前的。

这些船只，是在江苏的南京与太仓制造的。江南地区的船只，大多是平底、多桅、方头、方艄的沙船。平底，吃水浅，受潮水影响小，不易搁浅；多桅则多帆，多帆则快速。沙船的缺点是平稳性差，为此，在船身中间的两侧加装了披水板(腰舵)，在底部两侧加装梗水木(舭龙筋)，在船尾挂太平篮(遇风浪大时装上石块放入水中)，从



郑和海船(模型)

这是明代郑和下西洋时乘坐的海船(模型)。郑和统率船队，于公元1405～1433年间七次下西洋。船队最大的海船长44丈4尺，宽18丈，立九桅，挂十二帆，是当时世界上最大的木帆船。



明代铜罗盘

而大大增强了平稳性。特别是装了披水板后，使得原来已具备的逆风张帆行驶的能力更为增强。这样的沙船，在七级风力的情况下照样能安全行驶。

远洋航行，更能体现的是当时中国的航海技术。

郑和下西洋所体现出的航海技术，是当时世界上最先进的水平，无论在定向、计程、测深还是针路设计、海图记载各方面，都居于领先的地位。

定向技术，在古代最为复杂，分为天文定向与地文定向两个大类。

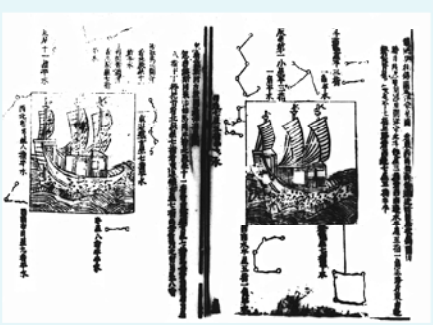
天文定向，起源最早，看太阳、月亮、星辰的位置来确定航向，这是较为早期的做法。到元、明时代，我国已经发明了“牵星术”，能够用牵星板观测星的高度来确定船只的地理纬度。这就比早期的单纯定向大大的进步了。

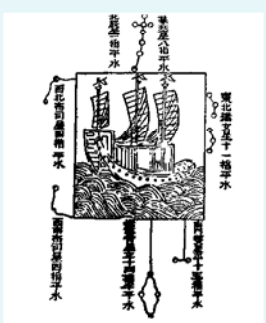
牵星板是由12块正方形的乌木板与1块方形象牙板配套组成。乌木板最大的一块边长24厘米，以下每块边长递减2厘米，最小的边长为2厘米。方形象牙板的四角都缺刻，缺刻的长度，分别是最小乌木板边长的1/4、1/2、3/4、1/8。

牵星板使用时的基准星一般为北极星。观测时，左手执取木板一端的中心，伸直手臂，将木板的上边缘对准北极星，下边缘为地平线，就能测出所在地的北极星距水平的高度。所以备有12块木板与象牙缺刻板，就是为了在具体观测时选用合适的。求得了北极星的高度，也就能计算出所在地的地理纬度。据

牵星图

这是郑和下西洋时所绘制的牵星图。郑和在航海中采用了先进的航海技术，如罗盘、牵星术等。其中牵星术是利用牵星板，将天文、地理知识融合起来，为船队定位、定向，以保证船队顺利航行的技术。





郑和下西洋所体现出的航海技术，是当时世界上最先进的水平，无论在定向、计程、测深还是针路设计、海图记载各方面，都居于领先的地位。

史料记载，郑和下西洋“往返牵星为记”。在低纬度看不到北极星时，则以华盖星(即小熊星座β、γ双星)为准，另外还有织女星、灯笼骨星等。

地文定向，是以航海罗盘来定方向。航海罗盘，有水罗盘与旱罗盘之分，当时用水罗盘为主，也就是指南浮针。这是我国古代的四大发明之一。

由于罗盘在航海中具有特殊的重要作用，在船上，放置罗盘的针房是最为重要的地方，一般人绝不能入内。据当时《西洋番国志》记载，管理罗盘、针路、海图的，是最有航海经验的火长。

计程，在当时没有现代仪器的情况下，是用巧妙的土办法实施的。在船头把一块木片投入海中后，就从船头跑向船尾，看木片的情况，就能知道大致的速度。也有用燃香计量时间，看木片从船头到尾部的时间是多少，用船的长度除以时间而求出速度。知道航速，也就能计算出大致的里程了。这与现代的扇形计程仪测速有些相似。

测深，略为简单些。相传至迟在唐代末年已经有“下钩”与“以绳系铁”两种测深方法，稍晚些又有用纲(大绳)测深的方法，最深可达五十余丈。到宋代，测深已达到七十余丈。

针路设计，是指用指南针(罗盘)引路，宋代已经产生。记载针路的专书，称为针经(或“针谱”、“针簿”)。

针路是预先设计的航程，而海图是已经航行的记录。现在保存下来的海图不少，其中包括郑和下西洋的海图(见明茅元仪辑《武备志》卷末所附“自宝船厂开船从龙江关出水直抵外国诸番图”)。这些都是极为宝贵的航海史料。

包括牵星图、航海图等在内的史料，是郑和下西洋的另一个科学意义——给我们留下了横渡印度洋的记录与



郑和航海图

这是明宣宗宣德五年(1430年)郑和最后一次下西洋时所用的海图(部分放大摹绘)。

沿途三十多个国家的风土人情与地理状况记载。

在郑和下西洋之前，我国在唐宋时期已经能航行到非洲的东海岸。但那时候一般都是沿着阿拉伯海的航线到达非洲的，郑和则是横渡印度洋到达非洲的，留下的航海记录就是第一份横渡印度洋的史料，对于现今研究航海地理史是特别有价值的。

在郑和下西洋以后，随行人员中的一些人，曾对沿途所经过的三十多个国家的地理状况与风土人情作了记录，回国后著书出版，如马欢的《瀛涯胜览》、费信的《星槎胜览》、巩珍的《西洋番国志》等，使当时国内的人们能够了解到世界上其他地区人们的情况。这对于史学工作者来说，更是无比宝贵的实录史料。

郑和下西洋，不仅是我国历史上的一件大事，也是世界历史上的一件要事，它大大地扩展了中国对于世界的影响，加强了中国与世界的联系。它在科技史上的意义，将永远为后人所铭记！

三、星光绰约

其他的科学技术

明代中后期“经世致用”的科技思潮到了清代被漠视与扼杀，整个中国的科学技术领域没有正常发展，遭受到同样的悲剧命运，所取得的成就有限。

（一）农业

这一时期的农业，通过间作、套作、混作、轮作与各种精



耕细作的手段，发展“一岁数收”以增加收获，是最主要的成果。二岁三收、一岁两收在许多地区得以实现，少数地区还可以达到一岁三收。

要实现一岁数收，施肥技术至关重要。当时有人粪、牲畜粪、草粪、火粪、泥粪、骨蛤粪、苗粪、渣粪、黑豆粪、皮毛粪等十大类肥料(参潘曾沂《潘丰裕庄本书·诱种粮歌》)，可知当时施肥确已相当发达。

随着我国与其他国家、地区的交往发展，一些新的农作物品种开始引进，特别是像甘薯、玉米的引进，对我国的粮食生产发展有着重要的作用，直到近现代仍是重要的粮食作物。

无论是明政府还是清政府，也不管在意识上有什么区别，他们对农业的重视则是共同的，因为农业是整个国计民生的基础。到了清代，清政府还主持修编了大型农政百科全书《授时通考》。

从另一方面来看，西方的工业革命、技术革命使得农产品的加工技术得到了很大的进展，但农业本身的进展远不如工业那么快(在当时还无法使农业有极大的发展)，因此，至少在鸦片战争以前，中国的农业并没有大幅度地落后于西方。与工业相比，农业的差距要小得多，少数的技术依然继续领先。

(二) 冶金

在明末以前，我国的冶金技术一直居于世界的前列。

当时的采矿业已经发明使用了“烧爆”与“火爆”的先进技术。焦炭与活塞式木风箱的使用，使原有的炒钢工艺与灌钢技术有了进一步的发展，达到了传统炼钢技术的顶点。

但很可惜的是，由于整个社会发展与科学技术体系发展的迟缓，传统的冶金业没有能够发展转化为近现代的高度，外国资本主义的入侵，中断了这种缓慢的发展。

大约从清代开始，西方的冶金技术开始超越了我国，而且距离越拉越大，直到当代才被止住。



西藏布达拉宫
这是西藏布达拉宫外景，是我国藏族人民建造的举世闻名的建筑。公元1614年为五世达赖喇嘛所重修，历时50余年才完成。有房屋2000余间，依山建造，共十三层，金碧辉煌，气势雄伟，为我国古代高层宫殿的代表作之一。

（三）建筑

明清的故宫与西藏的布达拉宫，是这时期宫殿建筑的最高成就，无论在整体布局与单体建筑方面，都达到了传统建筑的最高水平。

明清建筑中的一支幽兰，是园林建筑。特别是私家园林在明清时期发展十分迅速，不仅是达官贵人，就是稍有些财力的中小地主，不管大小总要搞那么一个园林。江南地区的私家园林特别兴盛，一些名园(如苏州的拙政园、狮子林)至今仍然是人们游览的胜地。

明代末年，计成撰著了《园治》一书，总结了古代中国的园林建筑技术，特别是江南地区的特色，成为了一本园林建筑的重要参考著作。



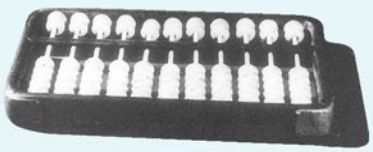
明代故宫
这是建于明代的故宫。明代故宫的建筑群建于1406年～1421年，占地72万平方米，有房屋近万间。主要建筑为三大殿，即太和殿、中和殿与保和殿。结构严谨，庄严美丽，为世界木结构的最高成就之一。而且附有各种附属建筑及庭院、楼阁，成为中国建筑群的典范。

＞知识百科＜

被忽视的明长城

明代重修长城，这是一项极其浩大的工程，前后花了一百多年的时间，把原来的夯土墙变为了砖砌墙。这个工程量，远远超过了秦代，把1.2万里的长城重新修筑好，是很不容易的事。而人们更多的是称颂秦长城而忽视了明长城，似乎有些不公。

（四）数学



明代牙骨算盘

由于商品经济的迅速发展，应用数学在这一时期得以迅速地发展。景泰元年(公元1450年)，吴敬用了20年的时间写成一部《九章算法比类大全》，将一般的实用数学问题基本收罗在内。特别是一些与商业有关的新内容，如利息计算、实物抵押、股份分成、加工贸易等问题，都是新形势下的新问题，实用数学有了新的发展。

这种发展的又一个重要成果，就是珠算的广泛普及。

成熟的算盘，至迟在元代末年已经产生，这在元末陶宗仪的《南村辍耕录》中有明确的记载。

珠算与算盘是我国的一项独创，它比旧时的筹算更为便捷。珠算与算盘产生以后，算筹逐渐地退出了历史舞台。

由于算盘的携带、使用十分便利，特别是由于商业的发展，对珠算有了更迫切的需求。因此，明代的珠算很快在全国普及推广。

珠算的普及，也迅速地在传统数学中形成了一个新的分支，有关珠算的著作大量地涌现出来。在诸多的珠算著作中，最为著名、最为流行的，是程大位的《直指算法统宗》(简称《算法统宗》)，不仅风行于国内，而且很快流行于日本。

算盘是计算机产生以前最先进的计算器具，珠算是那时最先进的计算方法。即使在今天计算机已经相当普及的情况下，算盘仍然有着用武之地。

（五）音律

古代中国是音律学的先进国家，早在西周时期就有了十二音律与七声音阶。

当时的十二音律是以三分损益法来确定的，因此，十律中每两律间的频率比是不完全相等的，所以称为十二不平均律。

十二不平均律存在着许多的缺陷，从汉代起就不断有学者对音律的计算进行新的尝试。

最终解决这一问题的，是明代的著名学者朱载堉。他在万历十二年(公元1584年)成书的《律学新说》中，第一次在世界上提出了十二平均律的计算成果，即每两律间的频率比为 $\sqrt[12]{2}$。接着，又在《律吕精义》与《嘉量算经》中作了更具体、更详细的阐述。

欧洲取得同样的成果，是音乐理论家梅尔生，但比朱载堉晚了半个世纪。

（六）医学

明清时期在医学上最大的突破，是对于历来被视为经典的《伤寒论》的致病说提出了不同的学说。

明初的王履最先在治病原则上将温病与伤寒区别了开来，但认为这两者在本质上是一致的。到明末，吴有性真正把温病、温疫与伤寒截然区别开来，从病因、发病、传变过程和治疗原则诸方面提出了全面系统的新理论。

这个新理论到清代，又经过喻嘉言、叶桂等一批医学家的努力，使得温病派正式形成。温病派的最大功绩，在于对一般热性传染病有了全面的认识。

与此同进，当时另一项具有划时代意义的重要发明，是人痘接种法。



印度供奉的天花女神
这是印度供奉的天花女神，人们企图通过对神的祈祷来躲避天花病魔带来的灾祸。中国则在明代时发明了“种痘法”，依靠医学科学的进步战胜了天花病魔，并开创了免疫学的先河。

相传在宋代以后，许多医学家都致力于天花的预防探索。在经过了许多的探索尝试后，终于在明隆庆年间(公元1567—1572年)发明了“种痘法”。

当时的种痘法有两大类：一类是痘衣法，即将痘疹患者的衣服给未患者(主要是幼儿)穿上，使他接受轻度感染，但这个方法的效果并不出色。另一类是鼻苗法，具体又有三种方法：一是用患者的痘浆塞入被接种人的鼻孔里；另一种是将患者已经干了的痘痂研成粉屑吹入鼻中，称为旱苗法；再一种是将研成粉屑的痘痂用水调匀后，再用棉花



蘸了涂于鼻内，称为水苗法。由于第一种方法过于危险，所以一般是用水、旱苗法，但仍有一定的危险性。

到清代，进一步发现痘痂如果改用已种过多次的，危险性就会小得多，称为“熟苗”，而不再使用新的痘痂(即“时苗”)。接种的部位由鼻孔改为上臂的外侧，与现代的做法完全一致。

在外科学方面，明代著名医家陈实功的成就也颇引人注目。他曾成功地完成了难度很大的断喉(气管切断)手术，这在当时犹如天神一般。他还创造了精巧的鼻息肉手术器具与下颌骨脱臼整复法、咽喉和食道内铁针等异物的取出手术、痔瘘的挂线疗法等等。

此外，陈司成在明崇祯五年(公元1632年)所著的《霉疮秘录》中首次对梅毒的成因作了正确的阐述，并且最早实施了用含砷药物治疗梅毒的方法。

而辨证施治原则的确立，在这一时期更是意义非常。进行辨证施治，主张“四诊”(望、闻、问、切)合参，反对只靠脉诊一项来断定疾病，这是古代中国传统医学早就形成的一个重要的理论，但真正确立起来并蔚然成风，则是在明清时代。这对于提高传统医学的科学性，具有重要的意义。

四、西学东渐的态势

科学的命运抉择

(一) 别具意味的西学东渐

16至17世纪，在中国除了清王朝取代明王朝这一件影响重



赤道经纬仪
这是陈列在北京观象台的赤道经纬仪，制于公元1673年(清代)。

大的事件外，一切都似乎是那么的平静，而在这块大陆的西面，却正在发生着空前的历史变革。

西方这场变革的结果，就是资本主义制度取代了封建主义制度，先进的近代科学技术取代了传统的科学技术。这里的历史，最先迈进了近代时期。

与此同时，这场变革对历来权倾一时的教会也有极大的冲击，使传统的基督教分裂为新、旧两派。新教在北欧占据了优势地位，旧教则在南欧进行了“革新”。“革新”的结果是，旧教改造成了资产阶级的一个工具，而其中一项重要的工作内容，就是配合资本主义在全球殖民扩张，向亚洲、美洲派出传教士去进行先期活动。

这种先期活动，实质上就是思想扩张，是为经济与政治扩张所作的准备工作。这就是西方传教士们到亚洲、美洲国家与地区活动的背景与目的。

为此，传教士们每去一个国家或地区之前，都要针对这个国家或地区的情况作一些准备工作，准备一些能够尽快切入的“敲门砖”。

简仪(北京观象台)
这是陈列在北京观象台的简仪。

对于中国这样一个历史悠久、经济富裕、文化发达的大国，特别是思想上封闭性极强，单靠宣传“上帝”、“耶稣”是很难

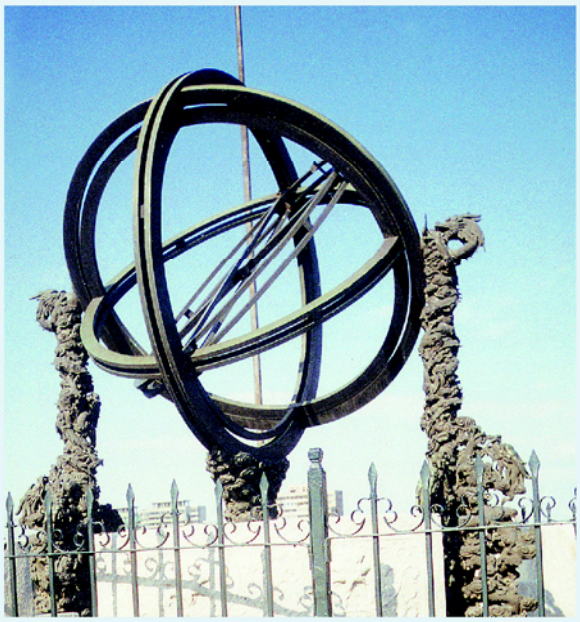


取得较好效果的。因此，他们把科学技术作为了“敲门砖”。

于是，就有了传教士的来华，有了西学的东渐。

最早来到中国的，是利玛窦、熊三拔、汤若望、金尼阁等人。他们在来华的时候，或多或少地带来了一些西方的自然科学书籍。

利玛窦来华时，献给明神宗的物品中，有《万国图志》1册，后来，与徐光启、李之藻等人合作，译编了《几何原本》、《勾股义》、《天问略》、《浑盖通宪图说》等十余部著作。等到法国传教士金尼阁在明末来华时，所携带的西文著作竟有7000余部之多。



玑衡抚辰仪

这是陈列在北京观象台的玑衡抚辰仪，制于1744年(清代)。

传教士带来的这些著作，有些译、编成了中文书籍，但更多的是在一些中国的官员与知识分子中流传。一些中国的知识分子，除了与洋教士一起译编西书以外，自己也将所了解的西方科学技术知识写成书籍或文章向国人介绍。

除上文已讲到的利玛窦所译编的外，阳玛诺、熊三拔、穆尼阁、庞迪我、邓玉函、汤若望、南怀仁等也都有译编著作问世，内容涉及天文、数学、地理(与地图)、物理、化学、火器等诸方面。

具体来看，天文与数学方面的数量最多，地理、物理等稍次之，化学、火器等又次之。

除了书籍以外，地图自然是少不了，还有耐普尔的算筹与伽利略的比例规等。

当传教士们对中国的情况开始有所了解以后，又准备投入具体的科技事业之中。利玛窦曾向罗马教会汇报，要求选派懂天文的传教士来中国，从事帮助改订历法的工作。



天体仪

这是陈列在北京观象台的天体仪，制于1673年(清代)。



北京观象台部分仪器
这是陈列在北京观象台的部分天文仪器。

崇祯二年(公元1629年)，明王朝下令徐光启主持改历，徐光启聘用龙华民等传教士参与，传教士开始直接参与我国科技事业。

新历(《崇祯历书》)编成后，因为采用的是西方天文体系，遭到了许多人的反对而没有能立即被采用。正在围绕这部历法讨论的时候，明王朝顷刻间被清王朝所取代。

清王朝建立后，汤若望把新历与浑天星球、地平仪、日晷、窥远镜等天文仪器进献给顺治皇帝，不久就正式颁行了，称为时宪历。汤若望因此被任命为钦天监，开创了传教士直接主持我国国家科技部门的先例。

康熙时，主持钦天监的南怀仁补造了黄道经纬仪、赤道经纬仪、天体仪、地平经仪、地平纬仪、纪限仪等6种仪器，并写了《灵台仪象志》来予以说明。

通过这样一系列的活动，传教士们凭借科学技术这块“敲门砖”，较为顺利地打开了中国的大门，他们不仅跻身于国家重要的科技部门，而且把持了这一部门。而真正的宗教活动，实际的收获十分有限。可以设想，如果传教士们单凭宗教活动而不用科学技术这块敲门砖，怎么能如此迅速地切入中国这么一个文明古国呢？

其实，传教士们当时所传入的，并不是西方最先进的科学技术。以天文学为例，利玛窦所传入的，是西方早已落后的均轮本轮体系，比浑天说没有什么先进之处，只是个别的计算略有特色而已。正因为如此，稍后传入了第谷体系。但这只是原



来的均轮本轮体系的变种，所以称为小轮体系，《崇祯历书》采用的就是这一体系。

清代初年，又传入了玛尔象体系，它与第谷体系惟一的区别在于，认为地球是在动的，每日自转一周，其他没有任何区别。

到了乾隆年间，当时在钦天监为官的传教士戴进贤(德籍，1716年来华)传入了开普勒发现的行星椭圆轨道与牛顿(当时译为“奈端”)计算地球与日、月距离的方法(见《历象考成后编》)，但还是没有谈到哥白尼的日心说与牛顿的万有引力定律。

过了许多年，传教士蒋友仁(法籍，1744年来华)第一次在他的《坤舆全图》一书中向人们介绍了哥白尼的日心说，而这时距哥白尼《天体运行论》发表已经有二百多年了。可惜的是，当时这本书没有引起什么反响，哥白尼日心说真正在我国得到认识，是在鸦片战争以后的近代时期。

从明代中期第一位传教士利玛窦来华(公元1582年)到清代中期罗马教会解散耶稣会(公元1773年)的近二百年中，传教士们向中国输入了西方的自然科学技术知识。尽管传教士们的本意只是把它作为一块“敲门砖”，尽管他们的传入是像挤牙膏一样，断断续续、无章无序，甚至更多是骑虎难下的不得已而为之，但终究是在中国形成了西学东渐的态势。

（二）科学的命运抉择

当传教士们举着西方科学技术这块“敲门砖”叩击中国的大门时，特别是当这块“敲门砖”将影响到我国传统科学技术的命运时，国人将采取什么样的态度与抉择呢？

就统治者而言，大多采取的是实用主义态度，能够接受如制历、建造天文仪器、帮助制作枪炮火器等等行为，但对科学技术在本质上的重要性，并没有真正的认识。

在明清的统治者中，康熙皇帝是对西学最欣赏的一位。在他亲政以后，首先解决了杨光先等弹劾汤若望而使汤若望入狱的事



梅文鼎像

梅文鼎(1633—1721)字定九，号勿庵，安徽宣城人，清代天文数学家。他一生共撰有天文学和数学著作70余种，其中数学著作20余种。他一方面对中国古代数学名著进行深入研究，另一方面又能认真学习和移植西方数学，努力会通中西并求超胜。康熙皇帝曾三次召见他，向他请教天文数学知识。他的思想对清代天文数学发展产生很大的影响。

件。接着，任用南怀仁督造西式大炮以镇压吴三桂之乱，并且让南怀仁建造新的西式天文仪器。南怀仁去世后，又任用法国传教士张诚和白晋为翻译，参与中俄边界谈判。还让白晋回国聘请更多的传教士来华。在他晚年(1708—1718)，任命传教士白晋、雷孝思等主持完成了最大规模的全国测量与最大的地图绘制，成就斐然。他还指示张诚、白晋等编译了《数理精蕴》(最终由梅穀成等编定)这部大型的西方数学知识的百科全书，对我国数学的发展有着重要的作用。相传这位皇帝自己也曾亲身学习西方的科学知识，亲自进行计算与测量。

可就是这样一位皇帝，依然没有提出什么重大的有利于学习西方科学知识的政策举措，科举的内容与形式没有任何的改变，这说明统治者并不真正懂得科学技术的重要意义。

其他的皇帝，当然就更远远不如了。

对于一般的知识分子(包括为官的与民间的)来说，在这股潮流面前，大致有这样四种态度与抉择：

一是坚决反对，全然排斥。如明末清初的冷守中、魏文魁、杨光先等人，或是著文反对，或是上疏弹劾。他们之所以反对，最根本的是由于儒家的道统立场与民族狭隘心理在起作用。

二是视而不见，置若罔闻。如乾嘉学派及许多人士都是如此，人数较多。构成这一人群的原因比较复杂，有的是想欢迎却又不敢，有的是想反对却又缺乏过硬的理由，有的是怕惹麻烦，有的是不屑一顾，原因很多，表现却基本一致。

三是兼收并蓄，中西会通。最突出的代表，就是清初的天文学家王锡阐与数学家梅文鼎。这两位历来被公认为中西会通做得最好的，确实，他们是下了一定的功夫，取得了一定的成绩。但是，也必须看到：他们立场是有偏颇的，成绩是有限的。这两位的民族自尊心与儒家道统思想极其强烈，他们根深蒂固地认为中国的科学技术最发达，西方的科学技术不过如此，梅



文鼎甚至认为西方的科学技术是从中国派生出来的。因此，他们都主张要以中学为体，西学为用。除了思想上的这种深层次原因外，与他们当时所见到的西方科学技术并不是最先进的也有关系。如他们见到的西方天文学，还只是第谷的小轮体系，确实并不比浑天说高明多少。如果他们接触的是哥白尼的日心说体系，恐怕就不会这么说了。

四是弃旧迎新，全盘西化。以徐光启、李之藻等为代表。

对这一派的评价，至今仍未一致。有的认为是正确的，也有的认为是“过分”了，是受了传教士的蒙蔽。究竟哪一种看法更符合于实际，恐怕有待于讨论的深入。

从人数来看，呈现为两头小、中间大的状态，即坚决反对与全盘赞同的都不很多，大量的是处于中间状态，或是不置可否，或是中西会通。

但无论是哪一种态度与抉择，都体现出了从未有过的困惑与彷徨。尽管当时的人们并没有真正认识到将发生根本性的命运变化，但在朦胧与隐约中，已经有了不安的感觉。长期高居于世界前列的中国科学技术，这一次是真正感觉到了来自遥远西方国家的威胁，在无形中人人都有着莫名的困惑、彷徨与手足无措。随着这种趋势的愈演愈烈，思想上的这种困惑、彷徨也愈来愈强烈。

命运终将如何演变呢？

五、中国近代科学

汇入世界近代科学的滔滔洪流



李善兰像

李善兰(1811—1882)字竟芳，号秋纫，别号壬叔，浙江海宁人，清代数学家、天文学家、翻译家和教育家。他和西方传教士一起合作翻译了一大批近代科学著作，从而使西方的解析几何、微积分、哥白尼日心说、牛顿力学和近代植物学等开始传入中国。他自己的天文数学著作汇编为《则古昔斋算学》，其中包含有许多创造性的数学成就。

面对西学东渐的态势，正当人们面临各种抉择的时候，1840年，鸦片战争爆发了，它彻底地改变了中国的命运，也彻底改变了中国科学技术的命运。

中国的命运，在此中断了缓缓地向资本主义演进的历程，走上了半封建、半殖民地的道路。

中国科学技术的命运，更是经历了狱火般的磨难，传统的科学技术体系全面解体，惟有中医与民间小手工业尚存一息。旧的体系解体，而新的体系尚未建立，一时间，在中国的大地上出现了几乎是空白的局面。

中国的科学技术，从此开始了艰难的重新起步。

从明代中叶到乾隆时期，传教士们传入的西方科学技术知识，还只是西方近代早期的成果，与我国传统的科学技术相比，领先的幅度并不是很大。但在17世纪开始的资产阶级革命与18世纪工业革命的基础上，18～19世纪的西方科学技术发展进程迅猛飞快。特别是以蒸汽机为代表的工业革命，标志着整个生产领域跨入了近代时期，这对于科学技术的发展意义巨大。数学、天文、物理、生物、地质等学科的进展尤为神速，产生出了能量守恒定律、细胞学说、生物进化论这三项19世纪上半叶最重大的发现。

与此同时，中国的科学技术又处于什么样的状态呢？

首先是清王朝重又拾起了闭关锁国的政策，把稍稍打开的国门重又合上了。清王朝采取闭关锁国的政策，既是出于传统的保守与自大，也有对西方迅速强大的隐忧。但根本的一点是，



腐朽落后的清王朝丝毫不懂得发展科学技术对于富国强兵的重要性。

清王朝的闭关锁国政策，使得西学东渐的潮流随之被切断，人们学习西方科学技术并力图中西会通的努力就此夭折。

但就在这“万马齐喑”的沉沉暮气中，一批先进的知识分子，最先提出了学习西方、改良朝政的口号，林则徐、魏源就是最突出的代表人物。

就在鸦片战争的硝烟还未散尽的时候，魏源于1844年推出了他的《海国图志》，提出了著名的“师夷之长技以制夷”的主张。

在这样的改良呼吁与第二次鸦片战争的事实面前，统治者中的以曾国藩、李鸿章等为首的洋务派掀起了洋务运动，企图“师夷智以造炮制船，尤可期永远之利”。

不管人们对洋务运动作何等的评价，但引进西方的科学技术与工业生产工艺、翻译西方的书籍，无疑突破了闭关锁国的政策，重新掀起了向西方学习的浪潮，开始迈出了重建中国科学技术体系的艰难步伐。

在这重建的艰难历程中，译书是至关重要的一环。据统计，自咸丰三年(公元1853年)至宣统三年(公元1911年)的近60年中，共翻译出版了468部西方的自然科学技术著作(参见周昌寿《译刊科学书籍考略》)。这些科学技术著作，在很长的时间里发挥了重要的作用。

与此同时，各方面的科学技术重建事业开始起步，数学、物理、化学、天文、地理、生物、医学等科学及冶金、煤矿、铁路、机械、造船、纺织、轻工、化工等工业都迈出了新的步伐，似乎有了新的转机。

然而，此时的资本主义列强却容不得这个昔日的东方巨人重新崛起，他们以一系列的战争和武力来瓜分中国。特别是1894年爆发的中日甲午海战，将北洋水师葬身于滔滔的黄海之中，宣告了洋务运动的完全失败，中国的近代工业遭受了一次极其沉重的打击。

可是，对于有着无比顽强毅力的中国人民来说，这致命的打击激起了更为炽烈的救国强国欲望。于是，有了1898年血染的“百日维新”，有了1911年彻底结束封建王朝制度的辛亥革命。当我们北方的邻国轰响了“十月革命”的炮声后，在我国爆发了高举民主与科学大旗的五四运动。它不仅标志着我国现代时期的开端，更是我国科学技术真正开始发展的起点！

从鸦片战争到五四运动，中国知识分子在内忧外患的条件下艰难地起步，在重重的岩石下凿出缕缕泉流，汇入世界科学技术的洪流之中。

数学

尽管起点很低，但依然独立地取得一些可以称道的成绩。如项名达和戴煦对三角函数与椭圆圆周的求解，而成就最大的是著名数学家李善兰。他译完了《几何原本》的后9卷，他的“尖锥术”实际上已经求得了积分的公式，他所列出的一系列高阶等差级数求和公式，成为了颇有名气的“李善兰恒等式”，他在数论方面证明了著名的费尔玛定理。李善兰取得的这一系列成就，使中国的数学开始进入了高等数学的领域。李善兰之后的华蘅芳，则在数学著作的翻译上成就卓著，译出了大量的高等数学著作，在当时影响极大。

天文学

李善兰与伟烈亚力合译《谈天》，使得国人了解了哥白尼的

＞知识百科＜

近代的天文台

1873年，法国在上海建立了近代第一个天文台——徐家汇天文台。1897年，德国占领胶州湾，也在青岛建立了观象台。这种半殖民地性质的天文台，是列强侵华的工具，但从另一个角度来看，后来这些天文台收为我国所有时，又为我国的气象、天文事业服务，培养了中国新的天文学人才队伍。

百工竞技

阅读中国·科技史卷

【结语】

凤凰涅槃——巨人的重生

中华民族这位昔日的科学技术巨人能否重新崛起，能否重振雄风，确实曾使所有的人为之担心忧虑。因为从16世纪以来，中国的科学技术已经落后西方长达四五百年之久，人们有理由担心她能否重回世界的前列。



面对这一切的关注与疑虑，能够作出回答的，只有中华民族自己！

一、 世纪的回眸

当我们站在这世纪之交的历史关头，回眸中华民族科学技术的沧桑巨变时，不由得感慨万千、心潮难平。一切人类的复杂情感，都在这一刻涌上了我们的心头。

然而，情感的浪潮终究会平息，而理性的思考才有着更长久的生命力。

此刻，我们将直面两个有关中国科技史重要而热门的论题。

第一个论题是：古代中国究竟有没有科学？

在常人看来，这一论题似乎有些奇怪，中国有那么多科学技术的“世界之最”，怎么还要问“有没有科学”？

这就有必要先回顾一下这一论题的源起。

在近代时期以前，由于中国与西方的直接交往极少，互相的了解也就极少。而当这种交往在近代开始发展起来的时候，西方的科学技术已经大大领先于整个世界了。因此，在西方人的心目中，除了他们自己以外，世界上没有一个国家与地区是能与他们匹敌的，这也包括古代中国。

可是，随着双方交往的加深，特别是英国著名科技史专家李约瑟的鸿篇巨著《中国科学技术史》问世以后，世人明白了这样的史实：在公元3世纪至15世纪这千余年的时期里，中国的科学技术竟然是遥遥领先于整个世界的！于是，认为古代中国没有科学技术的看法被彻底否定了。

但问题并没有完全解决，不久又有人提出了新的说法。他们认为古代中国与古代希腊(西方古代科学的典型代表)的科学技术有着本质的区别：中国的科学技术偏重于解决实际问题，更富

古代中国最为著名的阴阳理论、五行学说，原本就都是自然科学的理论学说。

于技术上的创造与制作；而古希腊则偏重于对科学技术本原的探讨，形成了强烈的理论与逻辑色彩。

于是，就产生了这样的观点：古希腊才是有科学又有技术，而古代中国却只有技术而没有科学。

对这样的观点，显然颇有争议，这样，就形成了“古代中国究竟有没有科学”这一论题。

我们赞同在严格的意义上来说，“技术”与“科学”应该是有区别的。技术一般是指具体的工艺方法与技能知识，科学则是具体技术知识的结晶，是将知识、经验上升为理论。因此，科学要具备对事物内在本原的严密理论阐述，要具有严密公理化的形式逻辑演绎系统。

但是，我们也反对把技术与科学完全割裂开来的说法，有许多具体的技术本身就包含着理论的成份在内，特别是一些成就重大的技术成果，本身就包含着理论的成份。

我们也赞同古代中国与古代希腊的科学技术形态确有明显区别的说法，但不同意这种区别是本质性的。古代中国有具体技术也有科学理论，与古希腊并没有本质上的不同。

古代中国最为著名的阴阳理论、五行学说，原本就都是自然科学的理论学说。

阴、阳，最初是对日照的受光面与阴影面这一自然现象的记述，至迟在春秋时期与“气”论相结合而形成了气分阴阳，阴、阳二气相和而生天地万物的宇宙本源理论。这一理论后来发展为哲学理论，阴、阳成为了一切事物的最根本的矛盾属性。

五行，原本是早期对宇宙本原物质的一种认识，认为整个宇宙间的天地万物都是由水、木、金、火、土这五种物质所构成的，它产生于“气”论之前。到战国时期，五行被赋予了哲学上的意义。

在具体的学科中，农业科学中“天时、地宜、人力”的系统理论，天文学中的宇宙起源理论与六大结构学说(特别是浑天说)，医学中的经络学说，物理学上的时空统一的“宇宙”观与

宇宙无限的理论，数学中的极限理论等等，都是著名的科学理论。

又如，墨子、刘徽、沈括、方以智等著名的学者，无不是以在科学理论上的杰出成就而蜚声古今中外，又有谁能否定他们在科学理论上的卓越建树呢？

也有学者认为：古代中国的科学理论有着明显的直观性、经验性、描述性与哲学性的特征，是一种没有成熟的自然科学理论。

此话不错。

但古代中国科学理论的这些特征，并非只是中国独有的，而是当时一切国家与地区所共有的，即使是古希腊也同样如此。在当时的条件下，没有一个国家与地区能建立起真正严密的科学理论体系。因此，有的学者郑重地指出：古代中国没有“近代科学”。而我们则要说：整个古代世界，都没有“近代科学”。

综而论之，古代中国有技术也有科学，与古代希腊没有本质的不同。认为古代中国没有科学，认为古代中国与古代希腊的科学技术有本质区别的说法，都是不符合历史事实的。古代中国与古代希腊科学技术风格上的差异，只是程度上与数量上的，绝非本质上的。

这就是历史事实！

“事实胜于雄辩”，这句话是那么的普通而又普及，然而它确实表达了一个真理——人类花了无数时间才总结出来而又颠扑不破的真理！

第二个论题是：为什么在16世纪后中国的科学技术会从领先者变为落后者？

这就是著名的“李约瑟难题”之一。

自从李约瑟提出这一论题以来，讨论十分热烈，涉及的范围极为广泛，探索的力度甚为深入。

在各种见解与观点中，我们赞同这样的论点：造成中国科学技术在16世纪后从领先者变为落后者的根本原因，是由于明

代中叶以后封建社会的严重束缚与资本主义发展的迟缓。

与此相应的是：欧洲的科学技术能够最先进化为近代科学，能够迅速崛起并超越中国，根本的原因就是资本主义在欧洲的迅猛发展，并最先取代了封建制度。

我们不妨回顾一下这命运多变的历史：

从14世纪末到16世纪，在中国仍然是那么年华依旧、不紧不慢地缓缓运转时，欧洲却正如火如荼地进行着文艺复兴运动，对封建主义制度进行了激烈的批判，为资本主义的迅速发展并取代封建主义制度扫清了思想上的障碍。

从15世纪开始，欧洲的资本主义果然获得了飞速的发展。到16～17世纪，资产阶级革命在欧洲大陆接连爆发，率先完成了两种社会制度的交替，欧洲大陆最先跨入了世界近代时期。

就在这样独特的条件下，欧洲的科学技术经历了脱胎换骨的剧烈变化，一个全新的、近代的科学体系开始萌发形成，并超越了一切传统的科学技术体系而高居于世界科学技术的峰巅。

历史很清楚地揭示了欧洲近代科学产生与领先的因果关系，很显然，如果没有文艺复兴运动，没有资本主义的发展与资产阶级革命的胜利，就根本不会有什么近代科学技术体系。

而这也就说明了为什么在中国和世界上的其他地区都没有能够产生新的近代科学技术体系，势必会落后于先进的近代科学技术，这是历史的必然。

再深入一步观察，我们可以看到：当欧洲的这种先进的近代科学技术传入中国后，由于在这块土地上实行的还是已经腐朽的封建制度，近代科学技术要在这块土地上生根发芽，不能不处于十分艰难的境遇。

从1582年最早的传教士来华到1911年清王朝灭亡，有300多年的时期，中间还有资产阶级性质的维新运动，但效应十分有限。1911年的辛亥革命虽然把清王朝赶下了台，但社会依然是半封建半殖民地性质的社会，并非真正意义上的资本主义社会。

可以说，直到1949年中华人民共和国成立以前，尽管时代已经跨入了现代时期，但在科学技术领域，中国连近代时期也尚未完全进入。

从20世纪20～30年代开始，中国的一些留学海外的学者和科学家，在这些国家的科研中再次开始重现中华民族的出众才智，取得了一些世界领先的成果。然而在国内，仍未建立起近代科学技术的体系，离世界的先进水平越来越远。

这国际国内、正正反反的种种历史事实，不容置疑地说明了：这一时期科学技术的进展，根本的决定因素在于社会制度的变革与发展。

也有的学者认为西方的科学技术能发展为近代科学技术而中国没有能实现，是因为双方的体系不同所致。

科学技术体系本身，确实是这时期科学技术得以发展的重要因素之一，但不是根本性、决定性的因素。

在上文中，我们已经讲述到：古代中国与古代希腊的科学技术虽然有差异，但这种差异只是量的而非质的。在这里，我们继续认为：这种差异同样不能决定只有古代希腊(即西方)的科学技术才能发展为近代科学技术而古代中国却不能，这种差异只能影响科学技术发展速度的不同。

即使在欧洲，近现代的科学技术并不是产生在古希腊，而是产生在爆发了资本主义革命的英国等国家，不正是最能说明问题的铁的证明吗?

回眸历史，思索历史，都是为了面向未来。

在这世纪之交的前夕来回顾古代中国科学技术发展历程的甘苦荣辱，正是为了在21世纪重振中华民族的科学技术事业。

那时只有少数人在行动，制度的没落、政府的腐败，使得真正的实效微乎其微。

二、巨人在重生

在80年前五四运动的风暴中，郭沫若先生一曲《凤凰涅槃》震撼着无数中华儿女的心胸，激励着他们为拯救民族危亡而前赴后继！

50年前，当新中国成立以后，郭沫若先生被任命为中国科学院院长，他承担着使中国这位昔日的科学技术巨人重生的艰巨任务！

然而，中华民族这位昔日的科学技术巨人能否重新崛起，能否重振雄风，确实曾使所有的人为之担心忧虑。因为从16世纪以来，中国的科学技术已经落后西方长达四五百年之久，人们有理由担心她能否重列世界的前列。

面对这一切的关注与疑虑，能够作出回答的，只有中华民族自己！

这个回答，不仅仅是一个人、一群人的，更重要的必须是整个民族的！

这个回答，不仅仅是一个口号、一种决心，更重要的必须是坚持不懈而又卓有成效的行动！

中华民族历来不乏热血志士，早在明清之际我国的科学技术开始落后的时刻、甲午海战后我国处在最低潮的时候，中华民族依然在奋争，在奋起。然而，那时只有少数人在行动，制度的没落、政府的腐败，使得真正的实效微乎其微。

中华民族真正的回答，开始于1949年中华人民共和国诞生之时！当人民共和国的主席毛泽东在天安门城楼上向全世界宣告“中国人民从此站起来了”的时候，也就同时向世界作出了巨人

要重生的宣言！

经过了半个世纪的努力与奋斗，中华民族的决心越来越坚定，步伐越来越坚实！巨人必定重生，巨人正在重生！

我们的这种信心，绝非只是一种豪气，而是建立在坚实而可靠的保证之上。

首先，我们拥有对科学技术最深刻的思想理论——邓小平关于“科学技术是第一生产力”的论述。

邓小平的这一论述，是对人类历史发展的高度总结，是对科学技术最深刻的思想认识，是对马克思主义的重大发展，也是中华民族再次攀登科技高峰的强大思想武器。

在中国这样一个儒家思想长期居于统治地位的国家，科学技术虽然曾经是那么的辉煌，地位却始终很低。特别是旧时代的统治者，从来不把发展科技与强国富民联系起来，甚至面对着许多的先进技术而置若罔闻。一切科学技术，在这些统治者眼中，都是那么的无足轻重，都只不过是满足他们享受的“奇器淫巧”。

因此，在中国这样一个国家，提高对科学技术重要性的认识，比什么都重要。只有整个民族(特别是各级领导阶层)都真正认识到了科学技术的重要性，才能重振昔日的雄风。

在经过了这些年来的宣传教育与实践认识之后，“科学技术是第一生产力”的论述越来越深入人心，成为指导社会主义经济建设的思想纲领。如今，科学技术与科技英才成为了时代的骄子，为人们所敬重，所争抢。“尊重知识、尊重人才”成了全民族的共识。

中华民族对科学技术的重视与认识，今天已经达到了前所未有的高度与深度。这对于巨人的重生，是第一重要的大事，是最根本的要素。

有了这一条，巨人的重生就一定能实现！

其次，我们有国家制定的“科教兴国”的大纲与一系列强而有力的政策举措。

中华人民共和国成立以后，特别是改革开放以来，国家对于

科学技术与全民教育的重视，达到了空前的高度，“科教兴国”成为根本性大纲之一。

在这个大纲的指导下，国家推出了一系列振兴科技与教育的政策举措：

我们建立起了国家指令性的“863”高技术计划、国家指导性的火炬计划、振兴地方科技开发的星火计划、振兴农业科技的丰收计划、科技扶贫的计划等，构成了一个完整的全国科技发展计划体系。

国家在科技队伍建设、科技实验装备支持系统、科技基金与奖励系统、科技信息支持系统、科技专利与知识产权保护系统等各方面都建立起了强而有力、卓有成效的保证体系。

从1985年以来，国家积极推行科技体制的改革举措，倡导把科学技术投入到经济建设这个主战场上，已经形成了一定规模的科学技术市场，使科学技术在整个经济建设中发挥了更大的作用。

国家在微电子信息技术、生物技术、新材料技术、新能源技术、海洋技术、空间技术、光纤通讯、激光技术、智能机器人这些新技术领域中，毫不犹豫地迎头赶上，已经形成了一定的产业规模，在很多领域取得了一些国际领先的成果。

国家对于“科教兴国”的决心与一系列积极有力而正确有效的政策举措，是科技腾飞、巨人重生最切实的保障!

其三，我们已经建立起了一支颇具规模、实力较强的科学技术队伍。

1949年，当中华人民共和国成立的时候，现代科学技术几乎是一片空白，全国的科学技术人员不到5万名。

经过努力，到1960年，全国科学技术人员已经发展到196.9万人。

1978年改革开放以来，科技队伍迅速扩大。到1998年，县级以上国有独立研究开发机构、高校科研机构、大中型工业企业中的科研机构达19918个，人员286万，科学家与工程师167

万人。此外，据1997年底的统计，民营科研机构达到了6.5万家，人员有300万，其中科学家与工程师占20%(即60万)。

更为可喜的是，我国的科学技术队伍，建立起了从中央到地方、从国有到民营的完整的结构体系：

在中央，有以中国科学院与国务院所属的科研机构为核心的“国家队”。

在地方，则有县以上的各级科研机构，是地方科研的主力军。

在全国1022所普通高校中，拥有一支教学与科研并举的科学技术大军。

在全国的生产企业中，拥有颇具实力的科研机构与科研人员。到1998年底，国有企业拥有近三十万科技人员。他们是支撑生产企业的技术骨干。

民营科研机构是80年代开始产生的一支科研新军，在90年代得到迅猛的发展，以后还会有更大的发展。民营科研机构的产生，对传统科研体制是一个重大的突破。它不要国家的投资，实行科研、生产、销售一体化，其意义十分重大。

我们有理由相信，有了这样五支“军团”并不断地充实壮大，就一定能获取更为辉煌的科学技术成果！

其四，我们在现代科学技术方面取得了突破性的成就，并且建立起了现代科学技术的新型体系。

在1949年几乎是一片空白的基础上，经过半个世纪艰苦卓绝的努力奋斗，我们建立起了现代科学技术的体系，而且在许多领域接近或达到了世界先进水平，少数的还居于世界前列。

在基础理论方面，我们在数学领域成就斐然，已经进入了世界的先进行列；在理论物理、超导研究、核物理等方面，在化学的前沿领域、生物化学领域、医学生物学等方面，在天体物理学、天体测量学、地球化学、地震预测、地质构造学等方面，都取得了世人瞩目的成就。

在应用科学方面，同样在天文、地理、物理、化学、生物、

农学、医学、工程技术各领域取得了重大的进展，越来越逼近世界先进行列。

在新技术浪潮中，我们在微电子技术、信息技术、生物、新材料、新能源、海洋、空间、激光、光纤、智能机器人及交叉学科、软科学等高新技术领域中，不甘落后，大步跨越了许多先进国家长期摸索的过程，直接插入当代的先进阶段，从而大大缩短了与世界先进水平间的距离。

更为重要的是，我们建立起了一个较为完整的现代科学技术体系，这不仅是巨人正在站起的标志，更是巨人重振雄风的新起点。

我们是在极其艰难的条件下，只化了半个世纪的时间，就建立起了现代科学技术体系，这是一个了不起的奇迹，它预示着我国将在下一个世纪里全面地赶超世界先进水平，真正地重振科技巨人的雄风！

中华民族有无数优秀的杰出人才，现在又有了良好的国家环境，振兴科学技术的目标一定能实现。现在所缺的，只是整体经济还不够发达，还不能为科学研究提供更好的装备与更多的资金。而“科教兴国”战略的实施，不仅能更快地使国家富强起来，同时也能促进科学技术更快地向前发展。

展望下一个世纪，我们的国家将初步实现现代化的宏伟目标，我们的科学技术必将全面地达到和超越世界的先进水平。巨人重生的目标，将在下一世纪得以实现！

让我们为中华科技巨人的重生而顽强奋斗！

让我们为中华科技巨人的重生而高呼欢庆！

巨人必将重生！

巨人正在重生！

参考文献

《中国科学技术史稿》 杜石然等著 科学出版社 1982 年版。
《中国科学技术史》 〔英〕李约瑟著 科学出版社 1975 年版。
《李约瑟文集》 潘吉星主编 辽宁科学技术出版社 1986 年版。
《中国科学史讲义》 北京师范大学科学史研究中心著 北京师范大学出版社 1989 年版。
《中国古代科技史》 刘洪涛著 南开大学出版社 1991 年版。
《科学技术的起源》 吴声功著 上海社会科学院出版社 1988 年版。
《铜铁时代的科技进展》 吴声功著 上海社会科学院出版社 1990 年版。
《中国古代科技成就》 自然科学史研究所主编 中国青年出版社 1978 年版。
《中国——发明之国》 余德亨著 湖北科学技术出版社 1989 年版。
《中国的世界纪录·科技卷》 方克主编 湖南教育出版社 1987 年版。
《科学史文集》 中国科学院自然科学史研究所主编 上海科学技术出版社 1978 年版。
《中国传统科技文化探胜》 薄树人主编 科学出版社 1992 年版。
《中国古代科技之花》 卢荫慈著 山西人民出版社 1983 年版。
《中国古代科学技术史论文集》 吕子方著 四川人民出版社 1983 年版。
《钱宝琮科学史论文选集》 中国科学院自然科学史研究所编 科学出版社 1983 年版。
《中国科学思想史》 袁运开、周瀚光主编 安徽科学技术出版社 1998 年版。
《中国学术名著提要·科技卷》 周谷城主编 复旦大学出版社 1996 年版。
《中国古代科学家传记》 杜石然主编 科学出版社 1992 年版。
《中国古代科技名人传》 张润生等著 中国青年出版社 1981 年版。

《十大科学家》 胡道静、周瀚光主编 上海古籍出版社 1991 年版。
《数学的过去、现在和未来》 周金才、梁兮同著
中国青年出版社 1982 年版。
《数学史话》 周瀚光著 上海古籍出版社 1997 年版。
《中国天文学史》 陈遵妫著 上海人民出版社 1980 年版。
《中国古代天文文物论集》 中国社会科学院考古所编
文物出版社 1989 年版。
《中国天文学史文集》 《中国天文学史文集》编辑组编
科学出版社 1978 年版。
《天文集刊》 中国天文学会编 科学出版社 1978 年版。
《中国古代气象史稿》 谢世俊著 重庆出版社 1992 年版。
《中国古代物理学史略》 王锦光、洪震寰著 河北科学技术出版社 1990 年版。
《物理学史讲义：中国古代部分》 蔡宾牟、袁运开著
高等教育出版社 1985 年版。
《中国化学史话》 曹元宇著 江苏科学技术出版社 1979 年版。
《中国农业科技发展史略》 郭文韬著 中国科学技术出版社 1988 年版。
《中国古农具发展史简编》 犁播著 农业出版社 1981 年版。
《中国农业科学技术史稿》 梁家勉主编 农业出版社 1989 年版。
《中国医学史》 傅维康著 上海中医学院出版社 1990 年版。
《中国古代医学史略》 李经纬、李志东著 河北科学技术出版社 1990 年版。
《中国古代生物学史》 苟萃华等著 科学出版社 1989 年版。
《中国地理学史》 王成组著 商务印书馆 1982 年版。
《中国地图学史》 陈正祥著 香港商务印书馆 1979 年版。

图书在版编目(CIP)数据

百工竞技／周瀚光，王贻梁著.—上海：华东师范大学出版社，2006.7

ISBN 7-5617-4823-X

Ⅰ.百... Ⅱ.①周...②王... Ⅲ.科学技术－技术史－中国－古代 Ⅳ.N092

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 078815 号

百工竞技——阅读中国·科技史卷

周瀚光 王贻梁 著

总 策 划	王仁定
项目编辑	陈锦文
文字编辑	林 敏
执行编辑	张定浩 蒋 薇
封面设计	郑卫卫
版式设计	张玉洁 郑卫卫
出版发行	华东师范大学出版社
门市地址	市场部 电话 021—62865537
	门市（邮购）电话 021—62869887
	门市地址 华东师大校内先锋路口
业务电话	上海地区 021—62232873
	华东 中南地区 021—62458734
	华北 东北地区 021—62571961
	西南 西北地区 021—62232893
业务传真	021—62860410 62602316
http://www.ecnupress.com.cn	
社 址	上海市中山北路 3663 号
	邮政编码 200062
印 刷	上海印刷技工学校实验工厂
开 本	787x1092 16 开
印 张	17.75
字 数	140 千字
版 次	2006 年 7 月第一版
印 次	2006 年 7 月第一次
印 数	1—6000 册
书 号	ISBN 7—5617—4823—X/K·277
定 价	48.00 元

出 版 人 朱杰人

（如发现本版图书有印订问题，请寄回本社市场部调换或电话 021—62865537 联系）