

二十四史科学技术问题

吕变庭 赵鸿志 潘超 编著

北 京 出 版 社

内 容 提 要

《二十四史科学技术问题》共一百五十六个问题，每题都经过了反复筛选，具有一定的代表性，能够较好地帮助读者理解二十四史中所遇到的各种科学技术难题，语言通俗易懂，内容资料较丰富，具有一定的参考价值，对于喜欢正史的读者也是一本好的向导书。此书适合于大中专院校师生、中学师生、自然科学和社会科学工作者及广大干部、工人阅读。

二十四史科学技术问题

ERSHISISHIKE XUEJISEUWENTI

吕变庭 赵鸿志 潘超 编著

*

北京出版社出版

(北京北三环中路6号)

徐水县印刷厂 印刷

*

850 × 1168毫米 32开本 9 印张225,000字

1990年2月第1版 1990年2月第1次印刷

印数1-4,000

ISBN7-200-01031-6/k·96

定价: 3.55元

目 录

数 学

周髀算经.....	(1)
九章算术.....	(3)
缀术.....	(5)
余数定理.....	(6)
招差术.....	(7)
天元术.....	(9)
何承天调日法.....	(11)
刘焯的数学成就.....	(12)
《大衍历》中的数学成就.....	(14)
算筹.....	(17)
圆周率.....	(19)

物 理

乐津累黍说.....	(21)
三分损益定律法.....	(22)
候气说.....	(24)
律历和谐说.....	(26)
声干涉现象.....	(27)
虹吸管和大气压力.....	(28)
导电体和绝缘体.....	(29)
庄周的物理学知识.....	(30)
秦始皇统一度量衡.....	(32)
京房的律学成就.....	(33)
王充的物理学成就.....	(34)

张衡与力学知识的应用..... (35)

何承天改革“十二平均律”的大胆尝试..... (37)

荀勖的律学成就..... (38)

王朴对平均律的探索..... (40)

天 文

我国历法的起源..... (42)

先秦历法..... (43)

干支记日法..... (45)

子午线的实测..... (46)

盖图..... (48)

回回历的传入..... (51)

慧星..... (55)

星陨..... (57)

黑气..... (58)

新星和超新星..... (59)

日月食..... (60)

太一..... (61)

二十八舍..... (63)

勾陈六星..... (64)

我国天文学家的鼻祖——重黎..... (65)

张衡与《灵宪》..... (66)

王蕃的天文学成就..... (67)

刘洪与《乾象历》..... (70)

何承天的历法思想..... (71)

曹士芳与符天历..... (73)

沈括的天文历法成就..... (74)

郭守敬的天文历法成就..... (75)

盖天说..... (77)

浑天说.....	(79)
宣夜说.....	(82)

地理学

“土壤”溯源.....	(84)
伏天的历史.....	(85)
广州通天海夷道.....	(86)
造林的记载.....	(88)
我国古代对黄河汛期的认识.....	(90)
大九州说.....	(91)
我国古代的陆地地形知识.....	(92)
两汉的远航海线.....	(95)
气温年变化的古代理论.....	(97)
黄河源的勘探和记述.....	(98)
张骞出使西域.....	(101)
裴秀和地图绘制.....	(104)
酈道元和《水经注》.....	(106)
裴矩与《西域图记》.....	(108)
贾耽与“海内华夷图”.....	(110)
沈括对地学的贡献.....	(111)
郭守敬的四海测验工作.....	(113)
郑和下西洋.....	(116)
反映西域历史地理的珍贵文献——《史记·大宛列传》 和《汉书·西域传》.....	(118)
最早规格化的全国性区域志——《汉书·地理志》.....	(120)

化工矿冶

铁范.....	(122)
高奴洧水可燃.....	(124)

“赫蹄”解.....	(125)
火井的记载.....	(126)
两汉冶铜业的分布情况.....	(128)
华北油田和新疆地区的石油记载.....	(129)
“杀青”小考.....	(130)
灌钢.....	(132)
百炼钢.....	(134)
石流黄的记载.....	(135)
我国古代的冶铁工场和技术.....	(137)
胆铜法.....	(140)
传说“白日升天”的刘安.....	(142)
炼丹家——刘向.....	(143)
持怀疑态度的不懈炼丹家——陶弘景.....	(145)
葛洪与《抱朴子》.....	(147)
铸造工匠——綦母怀文.....	(149)
孙威和孙拱.....	(150)

医 药 学

人体病理解剖.....	(153)
我国古代医学的师祖——扁鹊.....	(154)
淳于意首创医案.....	(157)
涪翁及其弟子的医术.....	(158)
外科师祖——华佗.....	(160)
孙思邈与《千金要方》.....	(163)
我国儿科学的奠基者——钱乙.....	(166)
庞安时与《伤寒总病论》.....	(168)
刘完素创立“寒凉派”.....	(170)
攻下派的鼻祖——张从正.....	(172)
滑寿对经络学说的贡献.....	(174)

戴思恭对丹溪学术思想的继承和发挥·····	(176)
王履与《医经溯洄集》·····	(178)
古代博物学百科全书——《本草纲目》·····	(180)

农 业 水 利

释“藁秣”·····	(182)
改良盐碱地·····	(183)
牛耕小考·····	(184)
井田制·····	(186)
均田制·····	(188)
我国古代早期的人工运河·····	(189)
鸿沟的开凿·····	(191)
褒斜道·····	(193)
漕渠·····	(195)
郑国渠·····	(196)
龙首渠·····	(198)
坎儿井的记载·····	(199)
改革耕作制度的农业科学家——赵过·····	(201)
被誉为“召父”的水利专家——召信臣·····	(202)
水利专家——倪宽·····	(203)
贾让治河三策·····	(204)
王景治河·····	(207)
贾鲁的治河功绩·····	(209)
郭守敬的水利成就·····	(211)
左光斗兴修农田水利·····	(213)
白渠·····	(215)
《汉书·食货志》·····	(216)
《农政全书》·····	(219)

建 筑

秦驰道·····	(221)
秦都咸阳·····	(223)
阿房宫和西汉昆明池·····	(225)
秦始皇陵和茂陵·····	(227)
建章宫·····	(228)
洛阳·····	(229)
天龙山石窟·····	(231)
永宁寺·····	(232)
华严寺·····	(233)
陵墓建筑名家——王遇·····	(235)
建筑工程学家——宇文恺·····	(236)
陈希亮和青州飞桥·····	(238)

机 械 仪 器

水碓磨·····	(240)
龙骨水车·····	(241)
三脚楼·····	(242)
牛车·····	(243)
世界上最早的游标量具——新莽铜卡尺·····	(245)
圭表测日考·····	(247)
浑仪的前身——璇玑玉衡·····	(248)
仰仪和正方案·····	(250)
量天尺·····	(253)
耿询与水力浑天仪·····	(256)
漏刻·····	(257)
浑天象·····	(260)
古老的天文钟——水运仪象台·····	(262)
记里鼓车·····	(265)

指南车.....(267)

诸葛亮创制连弩和木牛流马.....(268)

韩暨与水排的推广.....(270)

马钧与绂机改革.....(271)

李淳风创制新浑天仪.....(272)

参考书目.....(275)

数 学

周 髀 算 经

其本庖牺氏立周天历度，其所传则周公受于殷商，周人志之，故曰周髀。髀，股也。股者，表也。其言天似盖笠，地法覆槃，天地各中高外下。北极之下，为天地之中，其地最高，而滂池四隤，三光隐映，以为昼夜。天中高于外衡冬至日之所在六万里，北极下地高于外衡下地亦六万里，外衡高于北极下地二万里。天地隆高相从，日去地恒八万里。日丽天而平转，分冬夏之间日所行道为七衡六间。每衡周径里数，各依算术，用勾股重差，推晷影极游，以为远近之数，皆得于表股也，固曰周髀。《隋书·天文志》

※ ※ ※

《周髀算经》是一部以盖天说为中心的天文学著作，算学、测望、历法 etc 知识都非常丰富。自《周髀算经》问世之后，历代研讨者不绝，可见其影响是深远的。通常认为，《周髀算经》是西汉时的作品，换句话说就是作者把西汉以前传下来的一些天文历法及有关的数学问题和当时的研究写在一起了。

《周髀算经》用到的数学知识有分数、等差数列、勾股定理和测望术等许多方面。关于分数运算，如已知冬至夏至之日南北游的里数，求每度的距离和每日的距离，反复用到乘法，原文：“冬至夏至之日南北游一万九千里，四极径八十一万里，周二百四十三万里，分为度，度得六千六百五十二里二百九十三步六百四十六十一分步之三百二十七，此度之相去也。其南北游，日六百五十一里一百八十二步一千四百六十一分步之七百九十八。术

曰：置十一万九千里为实，以半步一百八十二日八分日之五为法，而通之，得九十五万二千为实，所得一千四百六十一为法除之，实如法得一里，不满法者三之如法得百步，不满法者十之如法得十步，不满法者十之如法得一步，不满法者以法命之。”文中所说的“实”为分子，“法”为分母，“通之”是把带分数化为假分数。

《周髀算经》中用到的等差数列是由“七衡六间”和二十四节气晷长损益问题给出的。如二十四节气晷长损益问题：“凡八二十四气，气损益九寸九分、六分之一。冬至晷长一丈三尺五寸，夏至晷长一尺六寸，问次节损益寸数长短各几何。”“气损益九寸九分，六分分之一”即 $99\frac{1}{6}$ ，各节气之间的影长构成以 $99\frac{1}{6}$ 为公差的等差数列，这也是我国古代数学史上第一次内插法的最初表现形式。

至于勾股定理，《周髀算经》上卷一开头有“昔者周公问于商高”曰：“数之法出于圆方，圆出于方，方出于矩，矩出于九九八十一，故折矩以为勾广三、股修四、径隅五。既方其外，半之一矩，环而共盘得三、四、五。两矩共长二十有五，是谓积矩。故禹之所以治天下者，此数之所由生也。”这说明我国古代的勾股定理产生很早，即大禹治水时产生了 $3^2 + 4^2 = 5^2$ 。

《周髀算经》中的天文数据多是由测望术求得的。如卷上云“周髀长八尺，夏至之日晷一尺六寸。髀者股也。正晷者，勾也。正南千里，勾一尺五寸，正北千里，勾一尺七寸”，又说“立表高八尺，以望极，其勾一丈八寸。由此观之，则从周北十万三千里而至极下……。从夏至之日中至冬至之日中，十一万九千里，北至极下亦然。则从极南至冬至之日中二十三万八千里。”由于古代测量工具极其简陋，所得数据殊不合理，但我们不能过分地苛求于古人。

《周髀算经》的注本很多，最早有东汉末年赵爽作注释，北

周甄鸾将其整理为上、下两卷，唐代李淳风等选定数学课本时，将其列为《十部算经》的第一种，并定名为《周髀算经》。

九 章 算 术

夫所谓率者，有九流焉：一曰方田，以御田畴界域。二曰粟米，以御交质变易。三曰衰分，以御贵贱廩税。四曰少广，以御积幂方圆。五曰商功，以御功程积实。六曰均输，以御远近劳费。七曰盈朒，以御隐杂互见。八曰方程，以御错糅正负。九曰勾股，以御高深广远。《隋书·律历志》

※ ※ ※

欧几里得的《几何原本》被推崇为几何的始祖，无可否认，欧几里得的几何对后世几何的发展具有重大意义。中国古代没有了几何学方面出现经典著作，但是在代数学方面，中国古代巨著林立，中国古代的代数学对近世数学的影响与欧几里得的几何学一样具有重要的意义。数学是研究数和形的科学，欧几里得“形”与中国古代“数”是古代数学领域两支生力军，中国古代代数学应当在世界史发展中与欧几里得几何学并在一起。我国最早的代数学著作当推《皇帝九章》，即《九章算术》。

《九章算术》是我国古代算籍之一。周官保氏教国子以六艺，一曰礼，二曰乐，三曰射，四曰驭，五曰书，六曰数。数之分术凡九，号称九数，《九章算术》即九数之流的意思。秦焚书坑儒后，旧文残遗汉初北平侯张仓，景帝时大司农耿寿昌名称删补，对《九章算术》作了最早的注释。公元五世纪初，祖冲之也作了注。现在的《九章算术》是刘徽的注本。

《九章算术》系统地总结了战国、秦汉封建制创立并巩固起来的一段时期内的数学成就，经多次增补，在公元一世纪已有了现传本的内容。它包含九章，共有246个问题。在这些问 题 中，出现了后世数学发展有影响的一些重大成就。

(一) 方田(土地测量)，这里有下列各种平面图形的正确面积公式：直角三角形、梯形、三角形、圆，对圆周率的测算打下了重要基础。

(二) 粟米(小米和小米)，百分法和比例。这章最后的九个问题，宜于用不定方程处理，但书中没有这样做，而是根据比例关系推理求得答案。

(三) 衰分(比例分配)。这章讨论协作问题和三率法，其中包括比率问题，后者似乎应该是前一章的内容，与此相反，前一章的后九个问题应属于这一章。衰分章包括质量不一的货物税收问题，还有算数级数和几何级数方面的其它问题，所有这些都是用比例法解决的。

(四) 少方(减少宽度)。这章处理当图形面积及一边长度已知时求其他边长的问题。前一种过程自然地导致后世发展起来的二次方程。

(五) 商功(工程审议)。这章讨论立体图形(棱柱、圆柱、棱锥、圆锥、圆台、四面体等)体积的测量和计算，所考虑的有墙、城墙、堤防、水道和河流。

(六) 均输。这章处理行程和合理解决征税的问题。尤其是与人民从本城运送各物到京城交税所需的时间问题。这里还有一些与按人口征税有关的问题。

(七) 盈不足(过剩与不足)，这两个词是用于满月和新月，表示“太多或太少”的状态。这一章专门说明中国人民在代数学上的一个发明——假设法，主要用于解 $ax^2 = d$ 型的方程。

(八) 方程(列表计算的方法)。后来，方程变成一切等式的称呼了。这大概是因汉代和汉代以后等式的写法是把各个量排成一个矩形的纵列表。这一章研究联立线性方程。用到正数和负数。这是在人类文明中最早出现负量的概念。这一章最后牵涉到四个方程和五个未知数的问题，这是不定方程的前身。

(九) 勾股(直角三角形)。这里用代数方法深入细致地论

述了直角三角形的性质。这一章有24个问题。其中第二十题有个方程为

$$x^2 + (20 + 14)x - 2 \times 20 \times 1775 = 0$$

这个例题很古老，超出了同时代的欧洲。这一章还有这样一个问题：“今有池，方一丈，葭生其中央，出水一尺，引葭赴岸，适与岸齐，问水深几何？”还有一支折断的竹子形成一个直角三角形的问题。这些问题出现于后来的印度数学著作中，并且传到了中世纪的欧洲。在这里已经谈到了相似直角三角形在高度和距离的测量上的重要性。

《九章算术》的出现，对世界数学史发生了深刻影响，后来人们代代相传地研究《九章算术》，使中国代数学出现一个又一个具有世界意义的巨大成就。自从刘徽注《九章算术》之后，重差术、级数算法、垛积术等的发明，都受到了《九章算术》的影响是肯定无疑的。《九章算术》包含着丰富的代数学知识，它有待于人们进一步去发掘和探索。

缀 术

宋末，南徐州从事史祖冲之，更开密法，以圆径一亿为一丈，圆周盈数三丈一尺四寸一分五厘九毫二秒七忽，朒数三丈一尺四寸一分五厘九毫二秒六忽，正数在盈朒二限之间。密率，圆径一百一十三，圆周三百五十五。约率，圆径七，周二十二。又设开差幂、开差立，兼以正圆参之。指要精密，算氏之最者也。所著之术，名为《缀术》，学官莫能究其深奥，是故废而不用。《隋书·律历志》

※ ※ ※

《缀术》是南北朝时祖冲之的一部著作。祖冲之（公元492—500年），字文远，原籍范阳郡遒县（今河北省涿水北）人。

注：本题参见《中国数学简史》

《旧唐书》和《新唐书》都说祖冲之撰《缀术》五卷，《隋书》和《日本国见在书目》都记有《缀术》六卷，未说作者，《通志略》说是祖冲之撰。唐李淳风对《缀术》进行了注释，列为重要教科书，又，祖暅也有《缀术》之作，可能是他在父亲《缀术》基础上续作的。

可惜的是《缀术》在北宋天圣、元丰间(公元1023—1078年)失传了。现在只能根据古代文献记载提出一些看法。《隋书》卷十六在讲了祖冲之对圆周率的贡献后说：“又设开差幂、开差立，兼以正圆参之，指要精密，算氏之最者也。所著之书、名为《缀术》，学官莫能究其深奥是致废而不理。”由此可知，《缀术》一书内容深奥，难懂，得到高度评价，正由于深奥，故受到冷遇，后来失传也就成为必然。通过上述记载，知道《缀术》应包括圆周率研究、“开差幂”、“开差立”在内。至于“开差幂”、“开差立”是指的什么，史书缺载，人们有种种推测。

“差幂”一词刘徽曾用过，指平面形的面积差。“开”在平面形中是指从面积求边长，那么，“开差幂”应当是从已知某平面形的面积差求某些线段长度的问题。用类似的思想去理解“开差方”，它应当是由立体体积差求立体的某些线段的长度问题。上述引文中还有“兼以正圆参之”一语，这正圆可能包括圆和球两种几何形，因此，“开差幂”和“开差立”应分别包括由圆面积差、球积差和求某种线段长度的问题。

唐初王孝通讲到祖暅著的《缀术》，并引述当时人们的评价说“时人称之精妙”，但他本人又对这部书提出批评，说该书

“曾不觉方邑进行之术全错不通，刍甍、方亭之问于理未尽”。这说明，祖暅的《缀术》包括大量几何问题在内，尽管有“全错不通”和“于理未尽”之处，无疑应是一部好书。他在开立圆一方面的成就，应是《缀术》的重要组成部分。

余 数 定 理

于是一行推《周易》大衍之数，立衍以应之，改撰《开元历

经》。《旧唐书·一行传》

※ ※ ※

中国的余数定理名称很多，历史上叫做“求一术”，也有的叫“大衍术”，有的数学家称为“不定分数和不定方程”，宋元时期，还有“鬼谷算”、“隔墙算”或“剪管术”。还有的科学家叫做“秦王暗点兵”等。它们的名称不同，内容却是一致的，它们都是余数定理的不同名称。

余数定理起源于《孙子算经》的“物不知数”问题。孙子说：“今有物不知数。三三数剩二，五五数之剩三，七七数之剩二。问物几何？”孙子确定了“用数”70、21和15（它们各为 5×7 、 3×7 、 3×5 的倍数）当它们分别用3、5和7除时都余一。总和 $2 \times 70 + 3 \times 21 + 2 \times 15 = 233$ 就是问题的一个解答，再从中减去可以减的 $3 \times 5 \times 7$ 的最大倍数，就得到最小的答数23。可见，余数定理的出现是中国古代代数学发展到一定阶段的产物，它是以古代四则运算等的数学成就为基础的，而且它对以后各朝代数学和天文学的发展都具有非常重要的意义，如宋何承天调日法用强弱二率，齐祖冲之求圆周率约密二率。都用到了余数定理，唐代著名天文学家僧一行在《大衍历》中也曾运用过余数定理，同时李淳风创甲子元历，其推算元积年曾运用了余数定理。《唐书·艺文志》称贞元人龙受益有《算法二卷》，宋史则载龙受益《求一算术化歌》一卷。这说明从唐到宋时，余数定理的应用非常普遍，甚至它被编成通俗易懂的歌谣传于民间。南宋时期，杨辉《乘除通变算宝》有“求一”代乘除之说。秦九韶之后，元代的朱世杰、李冶又有所发展，但是明清以后，中国的余数定理由于不被世人所理解，曾一度被放弃。

招 差 术

日月行迟疾。古历皆用二十八限，今以万分日之百二十分为

一限，凡析为三百三十六限，依垛叠招差求得转分进退，其迟度数逐时不同，盖前所未有的。《元史·郭守敬传》

※ ※ ※

招差术即内插法，它的创立是与中国古代数学方程的发展分不开的，《九章算术》中有一个问题是通过求相当于 $X^2 + aX = b$ 的二次方程的正根来求解的，在汉代已有三次方程的出现，五世纪的《张丘建算经》则出现了另外一种形式的方程，相当于 $X^2 + cX = c^2 - \frac{a}{b}$ 。宋代代数学家方程已相当于 $X^2 - aX = b$ 的近代形式，中国古代数学的发展与天文学的发展紧密相联。隋唐以前，我国的天文观测进步较大，一世纪初就已经发现月球视运动速度随时间而变化，但一次内插法所得的结果误差太大，南北朝时期在天文观测中又发现了太阳和五星的视运动也不是匀速运动，尤其是太阳视运动的不均匀性，对制定历法时计算合朔、交食等的时刻有着较大的影响，因而要求有更精确的方法来进行计算。隋代刘焯在开皇二十年（公元600年）编制《皇极历》时引用了二次方程，创立了二次内插法。当时刘焯所用的方程是 $AX + BX^2 = C$ ，这个方法今天仍在应用，并已按照需要推广到任意高次方程中去。公元665年，李淳风在造《麟德历》时已应用了二次内差法。

元代郭守敬在先人的基础上，大胆创新，使历法的精确度提高了一大步，1281年，王恂、郭守敬等人考虑了日月五星的不等速运动情况，采用三次差分的内插法原理计算日月五星的运动，成为授时历中五大创举之一。公元六世纪，北齐张子信根据长期测候，知道在相等时间内，太阳在黄道上经过的度数是不相等的，在冬至点附近，行动比较快，夏至点附近比较慢。根据这些假定，王恂、郭守敬等人认为太阳在冬至（或夏至）前后第 X 日的速度不是 X 的一次函数，而是 X 的二次函数，并用招差法推算太阳的黄道经度。授时历观测得从冬至到春分前3日，太阳走一象限91.71度，只需要88.91日，在此时间内有“盈积”2.40度，

从春分前三日至夏至91.71日的时间内也走了一象限91.31度，“缩积”也是2.40度。

自授时历颁行之后，朱世杰《四元玉鉴》（公元1303年）也用招差法处理高阶算术级数的求积问题，这种利用累次差数来求积的方法，在欧洲首先为英国数学家格列高里所创立（公元1670年），牛顿在它的著作中（1676、1687年）屡次采用，因而有“牛顿内插法”的名称，但是已经在中国招差法之后四百年了。

天 元 术

至元二年，再以学士召，就职期月，复以老病辞去，卒于家，年八十八。所著有敬齐文集四十卷，……测圆海镜十二卷，益古演段三十卷。《元史·李冶传》

※ ※ ※

所谓“天元术”就是代数学中，根据实际问题中给出的已知条件，列出方程的一种方法。“天元”就是问题中的未知数符号 X ，“立天元为某某”就是设 X 为某某。这种只以一个文字“元”来表示方程中未知数，从而列出简明的数学方程的方法，是我国古代劳动人民和数学工作者的一个创造。它被十三世纪金元时期的李冶（公元1192—1279年）所著的《测圆海镜》和《益古演段》所完整记述，它同现代数学相比较，其基本思想和方法是大体相同的。

“天元术”的出现，是代数学中列方程的一个重大改革。在没有天元术之前，列方程并不是一件简易的事情。在我国古代很早就有人把实际问题抽象为一个方程；到了唐代，《辑古算经》还把一个计算建筑物体积的实际问题抽象为一元三次方程。但是，当时对未知数和列方程的思维过程以及方程等，均用语言文字来叙述，既繁琐又难懂，而有天元术之后，使未知数和解方程大为简化。天元术以及由此基础上在十三世纪发展起来的“四

元术”构成我国古代独特代数学的重要组成部分。它在世界数学史上占有重要地位。如果与当时较为先进的阿拉伯代数学比较,则阿拉伯代数学是一种文字代数。至于欧洲,只是到了十六世纪下半叶,才有韦达引用字母符号代表方程中的未知数,比我国“天元术”中用一字“元”表示未知数至少晚三百年。

天元术的出现,是与我国当时社会生产发展水平相适应的,到了宋元时期,冶炼、纺织、瓷器、造纸、印刷等手工业都有了发展。生产的发展,推动了科学技术的进步。生产实践和科学实验向数学提出了大量的方程问题,天元术就是在这样的历史条件下产生的。

但当时的封建统治阶级极力阻碍数学的发展。他们轻视数学研究,把数学诬蔑为“九九贱技”,把研究数学说成是“玩物丧志”,朱熹在《易经》中宣扬数学来自神秘的“河图”、“洛书”。邵雍则建立一套所谓“先天象数学”,宣扬数学是先验的东西。对此,李冶指出,数学反映的是“自然之理也”,数学来源于客观世界,并不是来自天神。人们“能推自然之理,明白自然之数”,即能认识客观世界的规律,也能明了其中的数量。数学是可以认识的,并不是神秘叵测。李冶在《益古演段》序言中说:“谓数为难穷,斯可;谓数不可穷,斯不可。”即说数难以认识是可以的,但说数不可以认识是不对的。李冶还严厉批评了认为数学是“九九贱技”以及“玩物丧志”那种轻视数学研究的谬论,他说:“术数居六艺之末,而施人之事,则最为切务。”指出了数学在人们生活中的重要作用,李冶把“天元术”加以系统整理和进一步发展,以及把它通俗化,反映在他的《测圆海镜》《益古演段》这两本珍贵的数学专著中。《测圆海镜》共有170个关于用代数方程解决测圆问题的算题,在书的前面将全书的内容归结为五百余条要领,称为“识别杂记”,作为解题的依据,把天元术提高到了一定的理论高度。而《益古演段》则是普及天元术的一本通俗易懂的读物,共3卷,收入64个问题。这两本

书，成了我国和世界至今保留下来的有关天元术研究的最早、最完整而详细的著作，成了数学史研究中极为珍贵的资料。

元代数学家朱世杰等在精知天元术的基础上，把天、地、人、物立成四元，纵横排列，摆成一个方阵模样，用以表示一个可以包含四个未知数的多项式或方程，我国数学家求解方程的方法，这时已发展到高峰。

但到元代后期至清代初期，由于封建社会的腐朽没落，我国科学技术落后了，致使天元术遭到冷落，甚至不被人们所知，明代数学家唐顺之认为天元术是“莫明其妙”的东西，清代康熙时，数学家梅决成读《测圆海镜》时开始也对天元术不能明了，后来他学习西方传入的代数学时，读到其中列方程部分时，才恍然大悟，想起其中的方法与我国古代的天元术竟是名称虽异而实际相同。这样沉默了五百多年的天元术，通过李冶这样的不少数学家费尽心血的艰苦劳动，才又显现于世，引起了人们的高度重视和广泛传播。

何承天调日法

推合朔月食定大小余法：以入历日余乘入历下损益率，入一日，益二十五是也。以损益盈缩积分，值损则损之，值益则益之。为定积分。以入历日余乘列差，满日法盈减缩加差法，为定差法。以除定积分，所得减加本朔望小余，值盈则减，缩则加之。为定小余。加之满日法，合朔月食进一日；减之不足减者，加日法而后减之，则退一日。值周日者，用周日定数。《宋书·律历志下》

※ ※ ※

何承天（公元370—447年），是南北朝时著名的科学家。他编撰的元嘉历于刘宋元嘉二十年（公元443年）颁行。这部历法所取得的重要成就是多方面的，其中朔望月的日数、近点月的日数、金星会合周期、木星会合周期都是中国当时最好的结果。当

然，这些结果的取得是跟何承天创设调整日法朔余的数学方法分不开的。

古代天文学家用分数来表示朔望月日数的奇零部分，这些分数的分母称为“日法”，它的分子称为“朔余”。何承天调日法就是通过两个分数进行的。他设定49个朔望月有26个大月，比实测结果大，称作“强率”，又设定17个朔望月中有9个大月，比实测结果小，称作“弱率”。《宋史·律历志》记述周琮明天历（公元1065年）论“调日法”时，有些何承天调日法具体情况的引述，周琮说：“宋世何承天更以四十九分之二十六为强率，十七分之九为弱率，于强弱之际以求日法，承天日法七百五十二得一十五强，一弱。自后治历者莫不因承天法累强弱之数。”何承天的求法是强弱率的分子、分母分别相加，得到一个新的分数，介于前两分数之间，即 $\frac{9}{71} < \frac{9+26}{17+49} < \frac{26}{49}$ ，新分数比原来两分数自然稍好些，但还小于实测结果较多。何承天根据他的朔望月日数的统计，认为它的奇零部分等于0.5308585，于是再加强率，一直加到十五次，得到0.53085851，经过十五次调整，所得分数越来越接近实测。

通过以上的论述，不难发现，何承天调日法是以下面的数学定理作依据的：

设a、b、c、d都是正整数，m、n为正数，

$$\frac{a}{b} < \frac{c}{d}, \text{ 则 } \frac{a}{b} > \frac{an+cm}{bn+dm} > \frac{c}{d}, \text{ 如果 } m=n=1$$

$$\text{则 } \frac{a}{b} > \frac{a+c}{b+d} > \frac{c}{d}。$$

刘焯的数学成就

求月朔弦望应平会日所入迟速：各置其经余为辰，以入气辰减之，乃曰限乘日，曰内辰为入限，以乘其气前多之末率，前少

之初率，曰限而一，为总率。其前多者，入限减泛总之残，乘总差，泛总而一，为入差，并于总差，入限乘，倍日限除，（加）以总率；前少者，入限（自乘）再乘别差，日限自乘，倍而除，亦加总率，皆为总数。乃以陟加，降减其气迟速数，为定，即速加、迟速加、迟减其经余，各其月平会日所入迟速定日及余。

《隋书·律历志》

※ ※ ※

关于刘焯的生平，《隋书·刘焯传》记述尤详。《隋书》载：“刘焯字士元，信都昌亭人也。父洽，郡功曹。焯犀额龟背，望高视远，聪敏沈深，弱不好弄。少与河间刘炫结盟为友，同受诗于同郡刘轨思，受左传于广平郭懋当，问礼于阜城熊安生，皆不卒業而去。武强交津桥刘智海家素多坟籍，焯与炫就之读书，向经十载，虽衣食不继，晏如也。”刘焯的长相虽丑陋，但学问极其渊博，他曾被任命为州博士，同时修撰国史，“兼参议律历”后来由于佞臣所陷，被罢官回乡。之后，他致力于科学著述和研究，《北史》卷八十二说，刘焯对“《九章》、《周髀》、《七曜历书》十余部，推步日月之径，量度山海之术，莫不核其根本，穷其秘奥。著《稽极》十卷、《历书》十卷、《五经述义》并行于世”，在自然科学的许多领域，都作出了重要贡献，其数学成就分见于天文学和律学的研究成果之中。

开皇二十年（公元600年），刘焯完成了优秀的历法《皇极历》，其中四次（即“推每日迟速数术”、“求月朔弦望应平会日所入迟速数术”、“推朔弦望定日术”和“求月入交去日道术”）用到了等间距二次内插法。下面以“推每日迟速数术”为例说明之，《隋书·律历志》载其术文曰：“见求所在气陟降率，并后气率半之，以日限乘，而泛总除，得气末率，又日限乘，二率相减之残，泛总除，为总差。其总差，亦日限乘而泛总除，为别差。率：前少者以总差减末率为初率。前多者，即以总差加末

率，皆为初日陟降数。以别差前多者日减，前少者日加初数，得每日数。所历推定气日随算其数陟加降减其迟速，各为迟速数。”这就是刘焯二次内插法，用现代数学式表示为

$$f(n+s) = f(n) + s \frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2} + s(\Delta_1 - \Delta_2) - \frac{s^2}{2}(\Delta_1 - \Delta_2)$$

刘焯于仁寿四年（公元604年）提出一种新律制，对传统的三分损益进行了大胆的改革，这种律制见载于《隋书·律历志》。原书说：“其黄钟管六十三为实，以次每律减三分，以七为寸法，约之，得黄钟长九寸，太簇长八寸一分四厘，林钟长六寸，应钟长四寸二分八厘七分之四。”这段文字用数学式表示即

$$l_n = \frac{63 - 3n}{7} = 9 - \frac{3}{7}n$$

l 为振动体， $n=0, 1, 2, \dots, 11$ 。 n 的数值由小到大相应地为黄钟、大吕、……应钟，他以系数 $-\frac{3}{7}n$ 构成振动体长度的等差数列，以此达到旋宫的目的。与他的数学成就相联系，刘焯于大业初（公元605年）向朝廷提出一项实测的建议，尽管当时没有实施，但对一行的子午线实测发生了直接影响。

《大衍历》中的数学成就

一行尤明著述，撰《大衍论》三卷，《摄调伏藏》十卷，《天一太一经》及《太一局盾甲经》，《释氏系录》各一卷。时《麟德历经》推步渐疏，敕一行考前代诸家历法，改撰新历，又令率府长史梁令瓚等与工人创造黄道游仪，以考七曜行度，互相证明。于是一行推《周易》大衍之数，立衍以应之，改撰《开元大衍历经》。《旧唐书·一行传》

※ ※ ※

《大衍历》是中国历史上的优秀历法之一，它第一次把历法

的内容条理化，分为“历议”和“历术”两大部分。“历议”讲述历法理论；“历术”讲历法计算，又按内容分为七项。对于岁差的理解、对于交食的研究和《黄道图》的绘制，都有独到之处。宋代科学家沈括称赞说：“开元大衍历最为精密，历代用其朔法”。

《大衍历》不仅使用了等间距二次内插法，而且在历史上第一次使用了不等间距二次内插法。一行在“步日躔术”和“步交会术”两术中用到了这种算法。《唐书·历志·大衍历议》在论述日躔盈缩时说：“焯术于春分前一日最急，后一日最舒，秋分前一日最舒，后一日最急，舒急同于二至，而中间一日平行距其说非是，当以二十四气晷景考日躔盈缩。”因此必须改等间距为不等间距，根据实测安排节气，其“步日躔术”《旧唐书·历志》所载原文如下：

“求每日先后定数：以所入气并后气盈缩分，倍六爻乘之，综两气辰数除之为末率。又列二气盈缩分。皆倍六爻乘之，各如辰数而一，以少减多，余为气差。加减末率（至后以差加，分后以差减），为初率。倍气差，亦倍六爻乘之，复综两气，数以除之，为日差。半之，以加减初末，各为定率。以日差累加减气初定率（至后以减差，分后以差加）为每日盈缩分。乃驯积之随所入气日加减气下，先后数，各其日定数。”引文中两次出现圆括号，其中的文字是原书的注文，意思是说在计算中方向相反，要注意正负。设 S 为倍六爻， Δ_1 ， Δ_2 为前后气盈缩分， l_1 ， l_2 为前后气辰数， $f(a)$ 为前一气定数，而 $f(a+s)$ 为所求日的定数，一行的公式用现代的数学符号表述则为

$$f(a+s) = f(a) + s \frac{\Delta_1 + \Delta_2}{l_1 + l_2} + s \left(\frac{\Delta_1}{l_1} - \frac{\Delta_2}{l_2} \right) - \frac{s}{l_1 \div l_2} \left(\frac{\Delta_1}{l_1} - \frac{\Delta_2}{l_2} \right)$$

很显然，当 $l_1 = l_2$ 时，一行内插法公式就变成了刘焯内插法

公式。

《新唐书·历志四上》还有三次差分的记载：“南方戴日之下，正中无晷。自戴日之北，乃初数千三百七十九。自此起差，每度增一，终于二十五度，计增十二六分。又每度增二，终于四十度。又分度增六，终于四十四度，增六十八。又每度增二，终于五十度。又每度增七，终于五十五度。又每度增十九，终于六十度，增百六十。又每度增三十三，终于六十五度。又每度增三十六，终于七十度。又每度增三十九，终于七十二度，增二百六十。又度增四百四十。又度增千六十。又度增千八百六十。又度增二千八百四十。又度增四百四千。又度增五千三百四十。各为每度差。因累其差，以递加初数，满百为分，分十为寸，各为每度晷差。又累其晷差，得戴日之北每度晷数。”这段文字是说表影长短的变化，而度化不是均匀的，当“戴日之北”一度（全圆周的 $365\frac{3}{4}$ 之一）时晷（表影长）为1379。从一度到九十二度，他

分为九段，每度增几，恰为三次差分，根据引文可列出三次差分差。第一段，三次差为1（即“每度增一”），第二段，三次差为二（即：“每度增二”）等等。有了差分表就可以逆推得到“戴日之北”若干度的影长，例如三度，三次差1加二次差前项1得=次项后2，把2加到一次差前项1380得后项1382，再加二度影长2759上得4141即为所求。这就是引文中最后那段话：“因累其差，以递加初数，……各为每度晷差，又累其晷差，得戴日之北，每度晷数”的含义。

一行在求几日内某行星匀加速运行度数S时，用下述步骤计算，《旧唐书·历志》记载：“求差行，先定日数，径求积度及分，置所求日减一，次（以）每日差乘之，二而一，所得，以加减初日行分（益迟减之，益疾加之，）以所求日乘之，如辰法而一，为积度。”

设 d 为每日差，则这段文字相当于

$$s = n \left(a + \frac{n-1}{2} b \right)$$

其中 a 为第一日行星所行度数。

关于二次求根公式，早在《九章算术》中已经出现过，三国时赵爽得到了 $X^2 - bX + c = 0$ 型的解法步骤，相当于 $X_{1,2}$

$$= \frac{b \pm \sqrt{b^2 - 4c}}{2}。一行则获得相当于方程 $X^2 + bx - c = 0$$$

的解法，是由上述问题而引起的相反问题，也就是已知 s 、 a 、 d 反求日数 n ，《旧唐书，历志》载。“求差行，先定度数，径求日数，置所求行度，以辰法乘之，有分者从之。八之，如每日差而一，为积。倍初日行分，以每日差减之。（益迟者加之，益疾者减之）。如每日差而一，为率。今自乘，以积加减之。（益迟者以积减之，益疾者以积加之）。开方除之。所得，以率加日之。（益迟者以率加之，益积者以率减之）。乃半之，即所求经数也。”这相当于下面的式子：

$$n = \frac{1}{2} \left[\sqrt{\left(\frac{2a-b}{b} \right)^2 + \frac{8s}{d}} - \frac{2a-d}{d} \right]$$

此式显然相当于以 n 为未知数的二次方程

$$n^2 + \frac{2a-d}{d} n - \frac{2s}{d} = 0 \text{ 的一个正根。}$$

在《大衍历》中还用到了“齐同术”，“正负术”，“今有术”等许多数学知识。

算 筹

其算法用竹、径一分，长六寸，二百七十一枚而成六斛，为一握。径象乾律黄钟之一，而长象坤吕钟之长。《汉书、律历志上》

※ ※ ※

春秋战国时期我国由奴隶制转变为封建制。生产的迅速发展和科学技术的进步提出了大量比较复杂的数字计算问题。为了适应这种需要，劳动人民创造了一种十分重要的计算方法——算筹。《汉书·律历志》最早记载了算筹的形状和大小。根据记载，算筹是直径一分（合0.33厘米），长六寸（13.86厘米）的圆形竹柱上，以271根为“握”。公元六世纪《数术记遗》和《隋书·律历志》记载的算筹，长度缩短，并且把圆的改成方的或扁的。这种改变是容易理解的：长度缩短是为了缩小布算所占的面积，以适应更加复杂的计算，圆的改成方的或扁的是为了避免圆形算筹容易滚动而造成的错误。根据文献记载，算筹除竹筹外，还有木筹、玉筹和牙筹，还有盛装算筹的算袋和算子筒。唐代曾经规定，文武官员必须携带算袋。1971年8月中旬，在陕西省千阳县第一次发现西汉宣帝时期的骨制算筹三十多根，大小长短和《汉书·律历志》记载相同。

筹算是以算筹为工具，摆成纵式和横式两种数字，按照纵横相间的原则表示任何自然数，从而进行加减乘除、开方以及其它的代数运算。

筹算一出现，就严格遵循十进位值制记数法，九以上的数进一位，同个数字放在百位就是几百，放在万位就是几万。这种记数法，除所用的数字和现今通用的印度——阿拉伯数字形式不同外，和现在的记数法实质是一样的。

筹算在我国古代用了大约二千年，在生产斗争、科学实验以至人民生活中，发挥了重大作用，但是它的缺点也是十分明显的：首先在室外拿着一大把算筹进行计算很不方便；其次，计算数字的位数越多，所需要的面积越大，越受环境和条件的限制；此外当计算速度加快的时候，很容易由于算筹摆弄不正而造成错误。随着社会的发展，计算技术要求越来越高，筹算需要改革，这是势在必行的，这个改革从中唐以后的商业实用算术开始，经宋元出现大量的计算歌诀，到元末明初珠算的普遍应用，历时

七百多年。《新唐书》和《宋史·艺文志》记载了这个时期出现的大量著作。由于封建统治阶级对民间数学十分轻视，以致这些著作的大部分已经失传。从遗留下来的著作中可以看出，算筹的改革是从筹算的简化开始而不是从工具改革开始，这个改革最后导致珠算的出现。

圆 周 率

古之九数，圆周率三，圆径率一，其术疏舛。自刘歆、张衡、刘徽，王蕃、皮延宗之徒，各设新率，未臻折衷，宋末，南徐州从事祖冲之，更开密法。以圆径一亿为一丈，圆周盈数三丈一尺四寸一分五厘九毫二秒七忽，朒数三丈一尺四寸一分五厘九毫二秒七忽，正数在盈朒二限之间。密率圆径一百一十三，圆周三百五十五。约率，圆径七，周二十二。《隋书·卷十六》

※ ※ ※

圆的周长与直径之比叫做圆周率。通常用希腊字母 π 表示，是数学中的一个重要常数。 π 是个无理数，就是说它不能用分数或有限小数以及循环小数表示，它的前若干位数字是3.14159…可以无限地求下去，使用时总是取其前 n 位，只能是近似的。

早在西汉成书的《周髀算经》中就记载了“圆径一而周三”这样的话，这是圆周率的第一个近似值，后来，由于度量衡改革、天文历法研究以及其他方面社会实践的需要， $\pi = 3$ 就不够用了，于是人们先后求得了 π 的一些新近似值：3.1547、3.1140等，表现出对圆周率认识的进步，但要彻底打破和废弃 $\pi = 3$ 还不是轻而易举的事情，东汉政府曾明文规定《九章算术》是计算方面的标准，书中圆周率就是3，也是标准之一。东汉末的杜康在讲律管时说：“律孔，径三分，参天之数也。”“围九分，终天之数也”。这里“径三分、围九分”就是 $\pi = 3$ ，无疑，把这个粗糙的圆周率值看作不变的东西，因而在圆周率发展的道路上设下

了思想障碍。

三国时魏人刘徽，为了从思想上和科学上突破“周三径一”的绝对观念，对 π 值进行长期的研究。刘徽指出：“周三径一”根本不是“周三”，乃弓之与弦也”也就是用弦代替了弓（圆弧）。他画图（原图已失）说明这个问题：“周三径一”，恰恰是圆内接正六边形的周长与直径之比，而不是圆周长与直径之比，是非常清楚的，这就从科学上论证了“周三径一”的近似性。刘徽在此基础上创立了割圆术。把圆周率的研究向前推进了一大步，他看到“周三径一”既然是内接正六边形的周长与直径之比，那么，如果使圆内接正多边形的边数越增加，其面积就越接近圆面积，刘徽为什么用面积等？他考虑得非常科学，取半径为单位（他取为一尺），而圆面积的公式用现代形式表示是 πr^2 （ r 为圆半径）因 $r = 1$ ，所以 r^2 也等于1，这样，单位圆的面积与圆周率值相等，可通过求单位圆的内接正多边形的面积来求圆周率，刘徽就这样，从圆内接正六边形起算，逐步倍增边数，经过艰苦而繁重的推算一直计算到正192边形，得到一个新的圆周率值3.1410，在实际应用时，刘徽以3.14入算。他将这个数化为分数形式 $157/50$ 。但是刘徽并不认为这是问题的结束。而是可以无限制地求下去，“割之弥细，所失弥少，割之又割，以至于不割，则又圆周合体，而无所失矣。”就是说，求到无穷次，正多边形就变成了圆，正多边形面积也就变成了圆面积。

到南北朝时候，祖冲之发展了刘徽的方法，他从圆内接正六边形算起，一直算到圆内接正二万四千五百七十六边形。每求一值，要把同一运算过程反复进行十二次，而每一次运算程序中，又包括对九位数字的大数目进行加、减、乘、除以及开方等十个步骤：最后他求出了 π 在3.1415926和3.1415927之间，创造了当时世界上最高的水平。

物 理

乐律累黍说

开皇九年平陈后，牛弘、辛彦之、郑译、何妥等，参考古律度，各依时代，制其黄钟之管，俱径三分，长九寸。度有损益，故声有高下；圆径长短，与度而差，故容黍不同。《隋书·律历志》

※ ※ ※

在我国古代，与长度、容量、重量这三种量的计量有关的“度量衡”这个名称，源出于《尚书·虞书·舜典》的记载：“岁二月，东巡守，至于岱宗……，协时月正日，同律度量衡。”从这段文字来看，上古时代的中国曾经有过一次最早的统一度量衡和统一标准音高的工作。《虞书》将度量衡和乐律联系起来，并把“同律度量衡”解释为以黄钟律管校正度量衡，说明度量衡起源于乐律。对此，《汉书·律历志》作了详细的记载。

“度者，分、寸、尺、丈、引也。所以度长短也。本起黄钟之长。以子穀秬黍中者，一黍之广，度之九十分，黄钟之长。一为一分，十分为寸，十寸为尺，十尺为丈，十丈为引，而五度聿矣。其法用铜，高一寸，广二寸，长一丈，而分寸尺丈存焉。用竹为引，高一分，广六分，长十丈，其方法矩，高广之数，阴阳之象也。……量者，龠、合、升、斗、斛也，所以量多少也。本起于黄钟之龠，用度数审其容，以子穀秬黍中者千有二百实其龠，以井水准其絜。十龠为合，十合为升，十升为斗，十斗为

斛而五量嘉矣。其法用铜，方尺而圜其外，旁有廌焉。其上为斛，其下为斗。右耳为龠，左耳为斗。……权者，铢、两、斤、钧、石也，所以称物平地，知轻重也。本起于黄钟之重。一龠容千二百黍，重十二铢，两之为两。二十四铢为两。十六两为斤。三十斤为钧。四钧为石，……。”

这段记载的意思是，度本起源于黄钟的长度，长度单位以吹者黄钟音律的开口笛管之长的九十分之一作为一分。在“度本起出黄钟之长”和“九十分黄钟之长”中间插入“以子、谷、秬、黍中者，一黍之广度之”一句，用意是可拿中等长度的一粒子、谷、黄黍、作为校验 $1/10$ 的参证，而不是用它来做标准。同样，量和衡的标准也可能起源于以黄钟所定的“度”为基准的容积和重量。

“用度数审其容积，……”即一龠的容积也可用黍来校验，选择合于一千二百粒者，再用“概”校正，恰如水平。这样平准的一千二百黍就是一龠的容量。同时，它的重量就是十二铢。

我国远古时期已有竹管制的乐器，因管上开孔的部位不同而发生不同的声音。古人因对此惊异而研究管的长短，并制为尺寸，以量其他物品。这种计量方法就其精确性和社会实用效果来说，是较为先进的：第一，采用一定的声音（即一定声音的波长）作为长度单位的基本标准，这是难能可贵的。第二，相应地以黍或水作为长度、容量标准的参证，反映了我国古代人民为保证计量精确所作的种种尝试。当然，以黍定长度远不如以声音的波长定长度来得精确。

三分损益定律法

故以成之数付该之积，如法为一寸，则黄钟之长也。三分损一，下生林钟。三分林钟益一，上生太簇。三分太簇损一，下生南吕。三分南吕益一，上生姑洗。三分姑洗损一，下生应钟。三分应钟益一，上生蕤宾。三分蕤宾损一，下生大吕。三分大吕益

一，上生夷则。三分夷则损一，下生夹钟。三分夹钟益一，上生之射。三分之射损一，下生中吕。《汉书·律历志》

※ ※ ※

三分损益定律法，又名三分损益律，是我国古代声乐史上应用最广，理论发展最完备的律制之一。我国古代最早的乐律计算生于公元前四世纪，“均钟”定律器、山西侯马编钟、河南浙川编钟等文物的出土，证明在春秋时期已经广泛使用三分损益定律法了。记述三分损益定律法的最早文献见于管仲编写的《管子·地员》篇。“凡将起五音。凡首，先主一而三之，四开以合九九，以是生黄钟小素之首，以成宫。三分而益之以一，为百有八，为徵，不无有三分而去其乘，适足，以是生商；有三分而复于其所，以是成羽；有三分去其乘，适足，以是成角”。

这项历史记载规定了三分损益定律法的法则，这项法则用今天的话来说就是将起始音的弦长分为三份，去其一份为之损，加上一份为之益；去其一份即将起始音弦长乘以 $2/3$ ，加上一份即将起始音弦长乘以 $4/3$ ；以起始音弦长乘以 $2/3$ ，得到一次律，再将次律乘以 $4/3$ ，又得次一律，再乘 $2/3$ ，依乘次十二次， $2/3$ 就是上生五度， $4/3$ 就是下生五度，实际上，三分损益法即西方的所谓五度相生法。关于五度相生法的推算，按《管子·地员》上述一段话的记载应当是；

令黄钟宫音的弦长为（一而三之，四开以合九九） $1 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 = 81$ ；则徵音弦长为 $81 \times 4/3 = 108$ ；商音弦长为 $108 \times 2/3 = 72$ ；羽音弦长为 $72 \times 4/3 = 96$ ；角音弦长为 $96 \times 2/3 = 64$ 。

可见，这是五声徵调的音阶，其它四音对主音一徵的频率比是：徵：羽：宫：商：角 = $1 : 9/8 : 4/3 : 3/2 : 27/26$ ，而产生这些音的频率比均为 $2/3$ 或 $4/3$ ；因弦长与频率成反比，所以它们之间的频率比均为 $3/2$ 即五度或其倍数。

三分损益定律法的产生在律学发展史上具有重大意义。戴念祖在《朱载堉—明代的科学和艺术巨星》一书中说：“三分损益法不仅定律法简单、易学易懂，而且由它所得到的纯五度(3/2)、纯四度(4/3)、大全音(9/8)、小七度(16/9)，都是简单的分数比，按照人耳的生理声学观点，能使二个音的音高比值构成整数比或简单分数比的话，那么，生理神经对于这种外界刺激将感到愉快，或者说，使人感到悦耳。同时，以三分损益律形成的五声或七声音阶比较简单。因此，三分损益法在律学史的发展进程中，总能保持自己的一定的地位而不致被抛弃”。

候 气 说

每其月气至，与律冥符，则灰飞冲素，散出于外。而气应有早晚，灰飞有多少，或初入月，其气即应；或至中、下旬间，气始显著；或灰飞出三五夜而尽；或终一月，才飞少许者。《隋书·律历志》



候气说，又称“埋管飞灰”，其基本内容是，埋藏于土中的律管可以预测节气的变化。候气说出现在东汉讖纬盛行之时。郑玄（公元127—200年）在注《礼记·月令》中写道：“律，候气之管以铜为之。…孟春气至，则太簇之律应。应谓吹灰也。”《后汉书·律历志》说“夫五音生于阴阳，分为十二律，转生六十，皆所以纪斗气，效物类也。天效以景，地效以响，即律也。阴阳和则景至，律气应则灰除。是故天子常以日冬夏至御前殿，合八能之士，陈八音，听乐均，度晷景，候钟律，权土炭，效阴阳。冬至阳气应，则乐均清，景长极，黄钟通，炭轻而衡仰。夏至阴气应，则乐均浊，景短极蕤冥通，炭重而衡低。进退于先后五日之中，八能各以候状闻，太史封上。效则和，否则占，候气之法，为室三重，户闭，涂衅必周，密布缊纁室中以木为案，每

律各一，内库外高，从其方位，加律其上，以葭莩灰抑其内端，案历而候之。气至灰动。其为气所动者其灰散，人及风所动其灰聚。殿中候，用玉律十二。惟二至乃候灵台，用竹律六十。候日如其历。”

由于节气的变化，大气温度和湿度不同，会影响弦线或管的发音，会影响衡器一端炭的重量（炭有吸湿性），这是科学的。但是，放置木案上或埋入土中的管（管内一端放有葭莩灰，即芦苇中的薄膜烧成的灰烬），不同管内的灰会随不同节气而发生离散或飞出管外的现象，又是不科学的。因为在这里找不到任何使灰运动的动力因或物理因。

自从《后汉书》记载开始，历代封建统治阶级和儒家弟子都信奉候气说，并把它看作是太平盛世的象征。开皇九年（公元589年），隋文帝命乐官毛爽及其同僚依古法候气，毛爽还撰写了一篇有关候气方法及结果的奏疏，“名曰《律谱》”。《隋书·历志》说：“至开皇初，诏太常牛弘，议定律吕。于是博征学者，序论其法，又未能决。遇平江右，得陈氏律管十有二枚，并以付弘。遣晓音律者陈山阳太守毛爽及太乐令蔡子元、于普明等，以候节气。作《律谱》时爽年老，以白衣见高祖，授淮州刺史，辞不赴官。因遣协律郎祖孝孙，就其受法。弘又取此管，吹而定声。”唐代也如此。而宋代大音乐家陈旸、理学家朱熹、蔡元定等人也不反对。甚至古代一些有名的科学家也被候气说蒙蔽，成为候气说的鼓吹者。北齐信都芳是个天文学家，据《北史·信都芳传》记载：“芳精专不已，又多所闕涉。丞相仓曹祖珽谓芳曰：‘律管吹灰，术甚微妙，绝来既久，吾思所不至，卿试思之。’芳留意十数日，便报珽云：‘吾得之矣，然终须河内葭莩灰。’祖对试之，无验。后得河内灰，用术，应节便飞，余灰即不动也。不为时所重，竟不行用，故此法遂绝。”可见，信都芳重复了候灰实验。但史书上没有记下他的实验情形，相反，信都芳发明候气轮扇事，却在史书中记载的十分详细。《隋书·律

历志》说道：“又为轮扇二十四，埋地中，以测二十四气。每一气感，则一扇自动，他扇并住，与管灰相应，若合契焉。”这个轮扇，实际上是做不到的。

律 历 和 谐 说

声有清浊，协以律吕，三光运行，纪以历数，然后幽隐之情，精微之变，可得而综也。《后汉书·律历志》



律历和谐说是地上音乐世界的发音规律与依据天体运动进行的时间计算在数字上有某对称性。律历和谐实质上就是天地和谐。古希腊的毕达哥拉斯持有相同观点，他说，七个行星是七弦竖琴的七根弦，各个行星与地球的距离和乐音间的比例数一致，因而，行星同出一种“天体音乐”，它与地上的音乐构成“天体和谐”，不过，毕氏的天体和谐，是从音乐立论，我国的律历和谐则是从数字对称性立论。

我国古代的律历和谐说可能起源于西周时期，《史记·律书》载：“《书》曰律历，天所以通五行八政之气，天所以成熟万物也。”《礼记·月令》列出了有关的和谐现象。司马迁虽然没有将音律和历法放在他撰写的《史记》的同一篇中，但《史记·律书》已有相当完整的律历和谐说。律历和谐说导致历史学家们从《汉书》开始将音律学与天文历法撰写在史书的同一篇之中，并将该篇题名为《律历志》。东汉时期，由于谶纬盛行，律历和谐说大大发展了。在这时期，不仅出现了大量的天体运动与音律相对应的数字，其中的许多数字是牵强附会的，而且几乎包括了伦理学、人事等各方面的内容。这时期的发展就使原本朴素的自然界的对称观念充塞了大量糟粕，即迷信和占卜的明教。律

注：本篇参见《朱载堉——明代的科学和艺术巨星》

历和谐说的最基本内容是在十二个数字上：一年有十二个月，一天有十二个时辰，一个八度有十二个律，年复一年，日复一日。一个八度又一个八度，而它们的数字十二是共同的。《礼记·月令》在音律与历法之间作了一个大略的对称排列，如孟春月相应太簇，仲春月相应于夹钟，季春月相应于姑洗，等。为了突出人事间的重要性，它特地插入了一年四季的“中央”，在五行上属土，在声音世界属宫音，在音律方面属黄钟之宫。《月令》的记述是很朴素的。但在《汉书·律历志》中，各种社会伦理观念开始掺进了律历和谐的节奏之中。在早于《汉书》的《史记·律书》中，有关律历和谐的对称关系也是朴素的。它除了将音律的十二个名称与一年的十二个月，一日的十二个时辰相对应外，还将音律的旋宫变化与天上二十八个星宿在天区位置关系对应起来。这样，当地上的人们从北—东—南—西—北环视天空一周时，所看到的星官位置的变化，就相当于地上的音律从黄钟出发再到黄钟的位置一样。古人根据以上的律、历对称现象，提出了律历和谐说。

司马迁在《史记·历书》中写到：“地气上跻天气下降，阴阳相摩，天地相荡，鼓之以雷霆，奋之以风雨，动之以四时，爰之以日月，而百物化兴焉，如此则乐者天地之和也。”，“乐者天地之齐，中和之纪，人情之所不能免也。”，“故圣人作乐以应天。”

声 干 涉 现 象

姑洗生应钟，比于正音，故曰和；应钟生蕤宾，不比于正音，故曰缪（缪，声相干也）。《宋史·律历志》

※ ※ ※

古人对宫、商、角、徵、羽五声，或黄钟、太簇、姑洗、林钟、南吕都叫做正音，是因为它们的律数都是整数。固然现在对

商、太簇已认为是不和谐音，然而在赫尔姆霍兹的谐和与不谐和理论尚未问世以前，谐和与不谐和并未严格区分。

根据赫氏理论，两音是否谐和，要凭拍音（即两音互相干涉所生的音，其频率为两原频率之差）来鉴定，如果拍音的频率只有每秒5.6次，人耳尚能辨清，比较好听；渐次增至每秒33次以上，音质渐劣而引起嘈杂的感觉。当两音的频率之差达到每秒70次以上时，耳朵已不能明辨，也无不快的感觉。这样，《宋史》记载中所谓“声相干”，它的物理义就在于：和，谬是指某音律对其左右邻的拍音而言的。变徵与徵，变宫与宫，固然不谐和，但是变宫与羽的拍音近于70，尚且可以说比于正音；而变徵和角的拍音近于33，自然不能比于正音。所以，当声音的干涉理论未被总结之前《宋史》用“声相干”来解释和、谬，虽不及赫氏理论通过计算所得的结果准确，但其思想是十分可取的，至少说明，当时人们对声干涉现象不仅引起了应有的重视和注意研究，而且作出了较为科学的解释。

虹吸管和大气压力

灵帝时，毕岚作翻车、渴乌。《后汉书·毕岚传》

※ ※ ※

虹吸管，在古代叫“注子”、“偏提”、“渴乌”或“过山龙”。东汉末年出现了灌溉用的渴乌。北魏道士李兰做称漏，也用了渴乌。西南地区的少数民族用一根去节弯曲的竹管饮酒，也是应用了虹吸的物理现象。宋朝曾公亮在《武经总要》中，有用竹筒制作虹吸管把被山阻隔的泉水引下山的记载。

在生产和生活的实践中，我国古代还应用了唧筒。唧筒作为战争中一种守城的必备的灭火器，在军事书中经常讲到它。宋代苏轼的《东坡志林》卷四中，曾经记载四川盐井中用唧筒来把盐水吸到地面，它说，以竹为筒，“无底而窍其上，悬熟皮数寸，

出入水中，气自呼吸而启闭之，一筒致水数斗。”明代的《种树书》中也讲用唧筒激水来浇灌树苗的方法。我们知道，虹吸现象是由于大气压力的作用而产生。唧筒也是这样。正是由于广泛使用了虹吸管和唧筒一类器具有关它们吸水的道理也就引起了古代人的探讨。南北朝时期成书的《关尹子·九药篇》中说：“瓶存二窍，以水实之，倒泻；闭一则水不下，盖(气)不升而不降。”这里讲的有二个小孔的瓶子能倒出水，闭住一个小孔就倒不出水，这个现象是完全真实的。因为两个小孔一个出水，一个可以同时进空气，如果闭住一个小孔，另一个小孔外面的空气压力就会比瓶里水的压力大，水就出不来了。《关尹子》中说：“不升则曰降”，虽然没有明确提出象现代科学上说的大气压的作用，但是道理是一样的。

唐代的王冰在《素问》注中，有关大气压力的物理现象就讲得更清楚了，他说：“虚管概满。捻上悬之，水固不泄，为无升气而不能降也。空瓶小口，顿溉不入，为气不出而不能入也。”他比《关尹子》还增加了一个小口的空瓶灌不进水的事例，说是因为瓶里气体出不来的缘故，这也是符合实际的。

宋俞琰在《席上腐谈》中记载说，他年幼时见到一个“道人”，将烧得很旺的纸片放入空瓶中，再将瓶覆盖在盆水中，就见水涌入瓶内；把那瓶覆盖于人腹上，则紧紧贴住，拉也拉不下来。这是两个很好的大气压力作用的演示实验。

导 电 体 与 绝 缘 体

六月甲寅，大都大圣寿万安寺灾。是日未时，雷雨中有火自空中而下，其殿脊鳌鱼口火焰出，佛身上亦火起。帝闻之泣下，亟命百官救护，唯东西二影堂神主及宝玩器物得免，余皆焚毁。《元史·五行志》

注：本题参见《物理学史讲义》中国古代部分



从雷电对物质作用的观察中，实际上我们的祖先已引伸出从导电效果可以区分导电体与绝缘体。从南北朝中期(公元490年)开始，一直到明末清初(公元1644年前后)，这方面的记载是屡见不鲜的，公元490年成书的《南齐书·五行志》就有“雷震会稽山阴恒山伴林寺，剝上四破，电火烧塔下佛面，而窗户不弄也。”的记载。用今天的电学知识来分析，落雷时，云层与地面之间放电，佛面一般涂有金粉，是一层导电体，强大电流通过时将大量发热以致溶化。木制窗户通常为绝缘体，如不遭受雨淋或者不在电流通路上，就能保持原样，北宋的沈括对类似现象记述更详，他在《梦溪笔谈》卷二十《神奇》中说：“内侍李舜举家曾为暴雷所震，其堂之西屋，雷火自窗间出，赫赫然，人以为堂屋已焚，皆避之，及雷止，其舍宛然，墙壁窗纸皆黔，有一木格，其中杂贮诸器，其漆器银钁者，银悉溶流在地，漆器曾不焦灼，有一宝刀，极坚钢，就宝刀中熔为汁，而室亦俨然，人必谓火当先焚草木，然后流金石。今乃金石皆铄，而草木无一毁者，非人情所测也，佛书言，龙火得水而炽。人火得水而灭，此理信然。”这里讲的是房屋遭受大雷击以后，房屋各处仍然保持原样，只是墙壁和窗纸都变黑了。屋内的木架上放着各种器皿，其中有镶银的漆器，银金部溶化流在地面上，而漆器却没有被烧焦。有把宝刀，钢质很坚硬，就在鞘中溶为钢水，而鞘却仍然保持原样。这里所谓“龙火”实指雷火，意思是说雷火因有水而更炽，讲的正是一种导电现象。沈括通过雷电对金石和草木作用的不同效应，实际上描述了导电体与绝缘体的区别。这正是我国古代关于导电体与绝缘体概念的萌芽。

庄周的物理学知识

庄子者，蒙人也，名周。周尝为蒙漆园吏，与梁惠王、齐宣

王同时。其学无所不闕，然其要本归于老子之言。故其著书十余万言，大抵率寓言也。《史记·老子韩非列传》



庄子（约公元前369—前286年），战国时著名的思想家，名周，宋国蒙（今河南商丘县东北）人。做过蒙地方的漆园吏，著作有《庄子》，又称《南华经》，道家经典之一，现存三十三篇，分内外两篇。在哲学上，他继承和发展了老子“道法自然”的思想，认为道是无限的，“自本自根”，“无所不在”的，否认神的存在。他认为万物都处在运动变化之中，其思想有朴素的辩证法因素，但忽视事物质的规定性，否认差别，主张齐物我，齐是非，齐大小，齐生死，齐贵贱，最后导致了相对主义，他的哲学思想在魏晋南北朝时期，成为一种时代思潮，对后代产生了重大影响。

《庄子》中包含着许多自然科学知识，庄子说：“水之性莫动则平”，说的是流体的一般性质。在《庄子·逍遥游》里庄周提出了天是不是无限的问题，“天之苍苍，其正色邪？其远而无所至极邪？”接着他又从侧面回答了这个问题：“吾惊怖其言，犹河汉而无极”肯定了天上的河汉是没有止境没有边际的。在《秋水》篇中他又指出：“夫物量无穷，时无止，分无常。”即物量的大小是无穷的，时间的长河也是没有止境的。庄周认为宇宙自有它的“开始”，更有未曾“开始”的“开始”，并可以类推下去。也就是说，宇宙无论以什么时间为起点，在这起点之前已经过一段时间了，这是一个无穷的过程。他还认为，天地是无限的，而人生则是有限的，“天与地无穷，人死者有时”，人生虽然是有限的，但人的认识能力又是无限的，“吾生也有涯，而知也无涯”。

共振是指当一个物体振动的时候，另一物体也随着振动的物理现象。声学中的共振现象，称为“共鸣”。发生共鸣的两个物体，它们的固有频率一定相同或成简单的整数比。《庄子》一书

最早记载了调瑟时发生的共振现象。“为之调瑟，废于一堂，废于一室”。鼓宫宫动，“鼓角角动，音律同矣。夫改调一弦，于五音无当也，鼓之，二十五弦皆动。”其中“废”是放置的意思，这段记载不仅描述了弹宫、角等基音时置于一堂的诸瑟各弦间基音的共振，而且也描述了瑟的基音和泛音的共振现象。如果调某一弦，使它和五声中任何一声都不相当，那么弹动它时，一个瑟上的二十五根弦都动了起来，我国古代后一个现象的发现，在古代声学发展史上要比西方为早。

秦始皇统一度量衡

维二十八年，皇帝作始。端平法度，万物之纪。……器械一量，同书文字。《史记·秦始皇本纪》

※

※

※

秦始皇（公元前259—前210年），即嬴政。战国时秦国国君。前221年平定六国，建立了中国历史上第一个统一的中央集权制封建国家。在位时推行一系列新制度和兴修土木工程，在我国科技史上有重大影响。其中，统一度量衡便是他对科学技术的发展作出的杰出贡献。

在我国古代，与长度、容量、重量这三种量的计量有关的“度量衡”这个名称，源出于《虞书》的记载：“协时月正日，同律度量衡。”其后的《汉书·律历志》也作了阐明。这样，我国历代都沿用这个名称。随着科学技术的发展，物理量的种类已经不是时间、长度、重量等几种，而是几十种，为了用语恰当，就用“计量”这个名称把各种量都包括在内。作为容积计量的一种标准量器“嘉量”，在春秋末年成书的《考工记》中已作了记载“栗氏为量，量之以为鬴，深尺，内方尺而圜其外，其实一鬴；其臀一寸，其实一豆，其耳三寸，其实一升；重一钧，其声中黄钟之宫。”“栗氏为量，改煎，金锡，则不耗，不耗，然后权之，权之，然后准之，准之，然后量之。”其铭曰：“…嘉量

既成，以观四国。”可见，早在春秋战国时期以前，我国曾用谷金铸成了标准量器。上述鬴形器恰好发出“黄钟”的宫音，即实现了把度量衡同之以律。到了春秋战国时期，由于诸侯割据，我国的度量衡制度相当混乱。

秦孝公时，（公元前350年）商鞅变法，对度量衡作出了一些规定，据《史记》卷六十八载：商鞅“平斗桶，权衡，丈尺。”公元前221年，秦始皇统一全国，颁发秦斤权、秦均权、秦石权等度量衡标准器，并规定实行对度量衡定期一年检查的制度，对统一长期遗留下来的度量衡混乱局面作出了贡献，有利于我国古代科学技术和生产的发展。

京房的律学成就

汉元帝时，京房善易，别音，探求古议，以周官均法，每月更用五音，乃立准调，旋相为宫，成六十调。《旧五代史·乐志下》

※ ※ ※

京房（公元前77—33年）字君明，本姓李，东郡顿丘（今河南清丰西南）人，西汉律学家。曾学《易》于孟喜的门人焦延寿，以“通变”说“易”，好第灾异。桓帝时，立为博士。屡次上疏。以灾异推论时政得失。因劾奏石显等专权，出为魏郡太守；不久，下狱死。在乐律方面，他曾对笛弦等乐器加以改良，并在律学研究方面做了一定的工作。长期以来，笛不用商即只有四孔。到京房时，加商于笛合成五音，也就是加孔置笛后上部，便于按指吹奏，至今还沿用。

同时，古时截竹为律，吹以考声。由于竹声声微，又很难审音，于是京房发明了一种由十三根弦组成称为“准的定律器”，据《晋书·律历志》记载，这种定律器“状如瑟，而长丈，十三弦，隐间九尺，以应黄钟之律九寸，中央一弦，下有划分寸，以为六十律清浊之节。”由于瑟的一弦一柱，其清浊全凭移柱来

定，于是，京房以合于黄钟管的中弦为其余十二弦的准则，由于其余诸弦的粗细相同，张力相等，因此就可用弦长来审音。

京房改管为弦作为定律器，还用以证其所创的六十律。依据三分损益法，当生到第十一次后（即第十二律后），不能回到出发的律上，使十二律不能周而复始。对此，京房采用这样的解决办法，即依照三分损益法，从黄钟起相生到中吕，从中吕起继续往下生，直到六十律为止。其实用这种方法，当生到五十三次（即第五十四律）时，已与出发律极相似。可是，京房为使律数与历数相结合，就凑成六十整数，他把六十律中的每一律，代表一天至八天，六十律正合一年三百六十天，这当然是牵强附会的，何况这种定律法无论在演奏实践或乐器创造方面都遇到了困难，因而无实用价值，但是这种定律法在理论上却提供了通过一种极微小的音差来变换音律的可能性。

王充的物理学成就

王充字仲任，会稽上虞人也。其先，自魏郡元城徙焉。充少孤，乡里称孝。后到京师，受业太学，师事扶风班彪，好博览而不守章句。……充好论说，始若诡异，终有理实，以为俗儒守文，多失其真，乃闭门潜思，绝废弔之礼，户牖墙壁，各置刀笔。著论衡八十五篇，二十余万言。释物类同异，正时俗嫌疑。《后汉书·王充传》

※ ※ ※

王充（公元27—97年）字仲任，东汉时期会稽上虞（今浙江上虞）人，唯物主义哲学家和进步思想家。主要著作有《论衡》八十五篇。他继承了先秦以来的“精气”学说，运用当时的自然科学成就，创立了以气为基础的元气自然论，丰富了唯物主义的气一元论。

在力学方面，王充明确提出了力对工具的作用，是力导致了工

具的运动，他在《论衡》中说：“凿所以入木者，槌叩之也，锛所以能掘地者，跖蹈之也，诸有锋刃之器，所以能断斩割削者，手能把持之也；力能推引之也。”。另外，王充还观察和记载了圆球物体的运动，《论衡·状留篇》说：“且圆物极之于地，东西南北，无之不可，策杖叩动，才微辄停。方物集地，壹投而止；及其移徙，须人动举”。即圆球投在地上，东西南北，没有不能滚到的地方，只有拿个棒子去阻挡它滚动，才使它的运动在较短时间内停止下来。而方的物体投在地上，由于基底的关系一投在地上就停住了，至于要使它改变位置，就必须用人力去移动或上举。

关于人体和乐器的发声原因是古代研究音乐和声学的人们迫切需要解决的问题。王充在《论衡》中第一次讲到人声是因喉舌鼓动空气而发出的，箫笙之声也是使空气振动的结果。《论衡·论死篇》写道：“生人所以言语呼吁者，气括口喉之中，动摇其舌，张歛其口，故能成言，譬犹吹箫笙，箫笙折破，气越不括，手无所弄，则不成音。夫箫笙之管，犹人之口喉也，手弄其孔，犹人动舌也。”据此，王充在世界上最早提出了声波的概念，《论衡·变虚篇》中有这样一段话：“今人操行变气远近，宜与鱼等；气应而变，宜与水钧。”王充认为，人的动作使气在近处和远处发生振动变化，和鱼使水振动一样，振动成声后通过空气传播。

《论衡》中所包含的热学知识是比较丰富的，首先。王充在驳斥所谓“厨中能长出‘蕒’来寒冷食物”的谬论时，记载了当时人们用冰来冷藏物品的事实。其次，王充对热传递提出了自己的看法，《论衡·寒冷篇》说：“夫近水则寒，近火则温，远之渐微。何则？气之所加，远近有差也。”王充认为，热传导是气的作用，而且“远近有差”，热传导和距离成反比例变化。

王充在《论衡·雷虚篇》中解释了雷电形成的原因，他说：“盛夏之时，太阳用事，阴气乘之。阴阳分争，则相较軫，较軫

则放射”意思是说，夏天阳气占支配地位，阴气与它相争，于是便发生碰撞、摩擦、爆炸和激射，从而形成雷电。并且在同一篇还列举了五个事实说明雷电就是火。用以驳斥雷电是“天公发怒”的迷信之说。

张衡与力学知识的应用

张衡字平子，南阳西鄂人也。世为著姓。祖父堪蜀郡太守。衡少善属文，游于三辅，因入京师，观太学，遂通五经，贯六艺。虽才高于世，而无骄尚之情。《后汉书·张衡传》

※ ※ ※

张衡（公元78—139年），东汉伟大的科学家，先后发明浑天仪、候风地动仪，对我国古代天文、地震、计量等研究作出了重大的贡献。

张衡于117年发明浑天仪。与浑天仪相联系有一个叫“瑞轮蓂莢”的装置。它每月从初一起，一天转出一片木叶来，到月望共出现15片，然后每天转入一片，到月底落完，因为阴历和月的圆缺相配合，所以看了瑞轮蓂莢的起落，多寡，既可以知道日期，又可以知道月相，一举两得，十分巧妙。为了使浑天仪自己能转动，张衡还采用齿轮系统把浑象和表示时间的漏壶联系起来，利用滴水的力量，发动齿轮，齿轮带动浑象，绕轴旋转，一天一周，这样，浑天仪就能把天空的周日运动较好地表示出来，相传在张衡制成浑天仪前，已有人作浑仪和浑象，但没有说明浑仪和浑象是如何转动的，只是到张衡时，运用了漏刻技术，才明确说明用水力作为浑象转动的原动力。由于采用漏壶装置，同时间流出的水量保持一定，这样一定的漏水流量形成一条稳定的流线，加到一个水轮上，就能使水轮获得一定快慢的等速运动。但是要使它推动浑象均匀而有规律的每天恰转一周，中间的转动机构如果不采用逐级减速的齿轮系是很难作到的。由此可知，张衡对机

械转动的研究何等精湛，张衡的这项发明，后经唐代一行和梁令瓚宋代苏颂等人的发展成为世界上最早的天文钟。

何承天改革十二平均律的大胆尝试

承天更设新率，则从中吕还得黄钟，十二旋宫，声韵无失。黄钟长九寸，太簇长八寸二厘，林钟长六寸一厘，应钟长四寸七分九厘强。其中吕上生所益之分，还得十七万七千一百四十七，夏十二辰参之数。《隋书·律历志》

※ ※ ※

何承天（公元370—447年）东海郟（今山东郟城西南）人，历官衡阳内史、御史中丞等。世称何衡阳，博通经史，是南北朝著名的天文学家、数学家和乐律家。在天文方面，他编制了《元嘉历》，其中的调整日法被数学界推崇为“何承天算法”。在乐律方面，他反对京房等人定律数繁多的做法。他不愿沿用成规（即一味增加律数的方法）去研究音律的变换，而采用了新的方法，创制出新律——最早的“十二平均律”。

何承天的新律制，实际上是将三分损益律的古代音差平均分为十二份，然后将这平均数（0.01）累加到十二个律上，使十二律在音差部分形成一个等差数列。这样，他在长度计算音律方面实现了旋宫的愿望，其效果很接近十二平均律，一般人的听觉几乎不能辨别其间的差别，因为差别最大的也只有6.1音分。他的平均累加古代音差法，在当时有进步意义。

但是，何承天律法也有很大的局限性，袁运开等在《物理学史讲议》中评价说：“表面看来，经过这样改革的新律似乎解决了问题。但实际上何承天的这种努力遇到很大困难，实用价值不大。这是因为他只按照律管长度来平均分配差数，而不是按频率来分配差数。这反而使各律音程紊乱，转调更加困难，不便实用。”但是何承天这一大胆尝试却打破了五度相生的陈规，促使

乐律研究向着“等程”方向发展。

荀勖的律学成就

勖等奏：“昔先王之作乐也，以振风荡俗，响神佑贤，必协律吕之和，以节八音之中。是故郊祀朝宴，用之有制，歌奏分叙，消浊有宜。故曰‘五声十二律，还相为宫’。……及依典制，用十二律造笛像十二枚，声均调和，器用便利。……”《宋书·律历志》

※ ※ ※

荀勖（公元？—289年）字公曾，晋朝颍阳（今河南省许昌县）人，当时著名的乐律家，曾任秘书监以至尚书令的官职。他的重要贡献是于晋泰始十年（公元274年）制成十二支发音准确的笛管（直吹、相当于今天的洞箫），计算出相当准确的管口校正数；以及得出确定各笛的长度和笛上各个按孔的距离的规律。

在荀勖以前，我国古笛的制作没有一定成规。《晋书·律历志》载：“笛之长度，无所象则，率意而作，不由曲度。考以正律，多不相应，吹其声均，多不谐和。”“先师传笛，别具清浊，直以长短，工人裁制，多不依律，是为作笛无法。”对此荀勖采用新的校正办法，即先求管口校正恒量，再根据五度相生法求出的管长中减去这个恒量，以确定各笛的长度和笛上各个按孔的距离。

由于笛管的空气柱情形是比较复杂的，笛两端管口及至孔口都有一部分空气柱要突出，因此，荀勖算出的“管口校正”是一种复杂的包括孔口的综合校正。根据荀勖的结论，黄钟笛上的管口校正数为 $20.7798 - 16.4186 = 4.3612$ 厘米。这个差数就是黄钟笛上宫音长度短于空气柱长度的差数。荀勖所制的十二支笛中的黄钟笛，是以四倍于姑洗律的长度作为全笛的长度的： $16.4189 \times 4 = 65.6744$ （黄钟笛全长度）。以黄钟律的长度和姑洗律的

长度之和，作为笛上宫音孔位（第二孔）： $20.7798 + 16.4186 = 37.1984$ （宫音孔位）。这个长度就是管上宫音孔位距管末端吹孔的长度，即笛管宫音的长度。把宫音的长度加入管口校正数4.3612厘米，就是宫音空气柱的长度： $37.1984 + 4.3612 = 41.5596$ （宫音空气柱长度）。以宫音的空气柱长度为基础，根据三分损益律，再减去宫音已计算在内的管口校正数，就得出笛上徵、商、羽、变宫、变徵各音的孔位：

$41.5596 \times \frac{4}{3} = 55.4128$, $55.4128 - 4.3612 = 51.0516$ （第五孔徵音孔位）。 $55.4128 \times \frac{2}{3} = 36.9419$, $36.9419 - 4.3612 = 32.5807$ （第一孔商音孔位）。 $36.9419 \times \frac{4}{3} = 49.2558$, $49.2558 - 4.3612 = 44.8946$ （第四孔羽音孔位）。 $49.2558 \times \frac{2}{3} = 32.8372$, $32.8372 \times \frac{4}{3} = 43.7829$, $43.7829 - 4.3612 = 39.4217$ （第三孔变宫孔位）。 $43.7829 \times \frac{4}{3} = 58.3772$, $58.3772 - 4.3612 = 54.0160$ （第六孔变徵孔位）。

荀勖在当时能得出较为正确的管口孔口校正的数据和以此来制定各笛的长度与笛上各个按孔距离的规律，无疑是他多次实验和计算所得的结果。与“管口校正”数相联系，荀勖在律学上的另一项重大成就，就是将乐律尺和民间常用尺区分开来。据《晋书·律历志上》记载：“起度之正，《汉志》言之详矣。武帝泰始九年，中书监荀勖校太乐，八音不和，始知后汉至魏，尺长于古四分有余。勖乃部著作郎刘恭依《周礼》制尺，所谓古尺也。依古尺更铸铜律吕，以调声韵。以尺量古器，与本铭尺寸无差。又，汲郡盗发六国时魏襄王冢，得古周时玉律及其钟、磬，与新律声韵同。于时郡国或得汉时故钟，吹律命之皆应。勖铭其尺曰：晋泰始十年，中书考古器，揆校今尺，长四分半。所校古法有七品：一曰姑洗玉律，二曰小吕玉律，三曰西京铜望臬，四曰金错望

臬，五曰铜斛，六曰古钱，七曰建武铜尺。姑洗微强，西京望臬微弱，其余与此尺同。铭八十二字。此尺者勛新尺也。”这段记载说明，晋前出现的“八音不和”，是因为当时常用尺的一尺比以前增长了“四分有余”，因而吹起来就七长八短不成调了。荀勖便专门制作了一支用以调律的尺，史称“荀勖尺律”。或“晋前尺”；这支尺的长度定为23.0886厘米，和新莽时一尺的长度相同。从此以后，乐律尺便从常用尺中独立出来了，作为一个分支而独自发展。后代再制作乐器时，就不必先去考证以前各代尺度的发展变化情况了，只要根据乐律尺的长度来制作就行了。

王朴对平均律的探索

皇帝吹九寸之管，得黄钟之声，为乐之端也；半之，清声也；倍之，缓声也。《旧五代史·乐志》

※ ※ ※

王朴（公元905—959年），字文伯，东平（今山东省东平县）人。少举进士，历任校书郎、节度掌书记，右拾遗等职。王朴的学问十分渊博，《新五代史·周臣传第十九》载：“世宗征淮，朴留京师，广新城，通道路，壮伟宏阔，今京师之制，多其所规焉。其所作乐，至今用之不可变。其陈用兵之略，非特一时之策。”在天文历法方面，“显德二年（公元956年），诏朴校定大历，乃削去近世符天流俗不经之学，设通，经、统三法，以发轨离交朔塑周变率策之数，步明五星，为钦天历。”在声律方面，“依京房为律准，以九尺之弦十三，依管长短寸分设柱，用七声为均，乐成而和。”正因为这样，王朴在中国科技史尤其在声律发展史上占有突出的地位。在周世宗显德六年（公元959年）王朴“以谓十二律管互吹，难得其真”，于是提出一种新律制，他以

注：本题参见《朱载堉—明代的科学和艺术巨星》

倍、正、半关系作为定律法的基本出发点，即以完全八度作为他的计算基础，然后才在三分损益法的基础上适当地调整十二律的数值。《旧五代史·律历志》载：“（王朴）以为众管互吹，用声不便，乃作律准，十三弦宣声，长九尺，张弦各如黄钟之声。以第八弦六尺，设柱为林钟；第三弦八尺。设柱为太簇；第十弦五尺三寸四分，设柱为南吕；第五弦七尺一寸三分，设柱为姑洗；第十二弦四尺七寸五分，设柱为应钟；第七弦六尺三寸三分，设柱为蕤宾；第二弦八尺四寸四分，设柱为大吕；第九弦五尺六寸三分，设柱夷则；第四弦七尺五寸一分，设柱为夹钟；第十一弦五尺一分，设柱为无射；第六弦六尺六寸八分，设柱为中吕；第十三弦四尺五寸，设柱为黄钟之清声。十二律中，旋用七声为均，为均之主者宫也，徵、商、羽、角、变宫、变徵次焉。发其均主之声，归乎本音之律，七声迭应而不乱。成其调。”我们将以上数据列表如下：

律名	黄钟	大吕	太簇	夹钟	姑洗	仲吕	蕤宾	林钟	夷则	南吕	无射	应钟	清黄钟
弦长	9.00	8.44	8.00	7.51	7.13	6.68	6.33	6.00	5.63	5.34	5.01	4.75	4.50
音分值	0	11	204	313	403	516	609	702	812	904	1014	1106	1200

从表中可见，黄钟长9.00尺，清黄钟长4.50尺，二者正好是八度；将表中各律的弦长数值和三分损益律的弦长相比，差数在一到二分之间，王朴调整的数值并不大。尤其是王朴认识到管不等于定律而改用弦，这是他在改进律制中获得准确性的一个基本原因。这是因为用管定律要作到准确，就必须加管口校正，从音分值中可见，王朴的定律数据和十二平均律极为相似，其中差数最大的为16音分，因此，我们可以说，王朴虽然没有找到解决平均律的办法，但他很可能是有意识地在探索平均律。

天 文

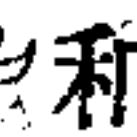
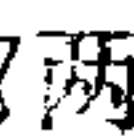
我国历法的起源

盖黄帝考定星历，建立五行，起消息，正闰余，于是有天地神物类之官，是谓五官。各司其职，不相乱也。《史记·历书第四》

※ ※ ※

什么叫历法？简单说来，就是人们为了社会生产实践的需要而创立的记时系统，具体地说，就是在确立了一定的时间单位年、月、日时之后，用以调整时间及计算年、月、日的方法。时间的计量单位，也和长度、重量等计量单位一样，是人为规定的。但是，人们的实践告诉我们，利用和生产实践密切有关的自然现象的变化规律作为天然计量时间的尺度，这对人们计量时间的工作，将带来极大的方便。于是，反映季节变化的回归年，反映月貌变化规律的朔望月和反映昼夜变化规律的太阳日，便组成了三个大小合适的时间计量单位。这三种计量单位并用的历法，人们常称为阴阳历，只考虑回归年变化的称为阳历，固定十二个朔望月为一年的称为阴历。

我国古代历法的起源是很早的。有原始的农牧业就应该有原始的历法，古史相传黄帝时代已有了历法。不过，近年有人认为，获得考古资料佐证的，还是关于帝尧时已有历法的传说。《尚书·尧典》中说，帝尧曾经组织了一批天文官到东、南、西、北四个地方观测天象，以编制历法，向人们预报季节。其中

的仪仲被派到东方嵎夷旻谷的地方，观测仲春季节的星象，祭祀日出。1960年，在山东黄县陵阳河出土了四件形体较大的陶尊，每件尊的相同部位都刻了一个图案。两件刻的是斧和锄的象形字，另两件刻的是和两个图形。这两个图形描绘的是太阳、云气和山。有人认为这是一个复体的“旦”字，这些陶尊的年代距今约4,500年，和帝尧的时代相近。山东是古代东夷所居之地，也是和古代日出故事很有关系的地方。

成文的历法从周末到汉初的四分历开始。经过一百多次的历法改革，在改革和斗争中不断进步和完善，达到了相当高的科学水平。取得了一个又一个成就。我国古代的历法大都使用传统的阴阳历，但是所包含的内容却不仅仅是年月日时的安排，还包括日月五星位置的推算、日月食的预报、节气的安排等历法的改革，包括了新的理论的提出、精密天文数据的测定、计算方法的改进等。我国古代历法成就，在世界天文学史上占有相当重要的位置。

先 秦 历 法

粤自轩黄，肇正天统，发轫辛卯，历法时成。故黄帝始用辛卯历，颛顼次用乙卯历，虞用戊午历，夏用丙寅历，商用甲寅历，周用丁巳历，鲁用庚子历，秦用乙卯历。《旧五代史·历志》

※ ※ ※

我国先秦主要有六部历法：黄帝历、夏历、殷历、周历、鲁历和颛顼历。这六部历法起源各异，但战国末期这六部历法已在诸侯国家普遍使用。

这六部历法都肯定“十九年七闰”的闰周和 $365\frac{1}{4}$ 的回

注：本题参见《钱宝琮科学史论文选集》

归年。它们的区别只是各取不同的“历元”而已。六种历法都以冬至或立春为一岁之始，平朔为一月之始，夜半为一日之始。找到在过去时期里平朔、冬至(或立春)同在夜半的一天，叫它“历元”；从“历元”这一天开始，推算此后各个阴历月的朔、望和各个回归年的节气日期时刻的方法，比其它方法便利。如果“历元”这一天恰恰是六十干支的第一天，甲子日，那是更理想的了。因战国时期的天文家观测日、月合朔和冬至、夏至的日期时刻还不能十分精密，只能各行其是，取不同的“历元”以为他们推算历日的起点，秦及汉初颁行的颛顼历因用夏正建寅，又兼取正月朔旦立春作为“历元”，《后汉书·律历志》引刘洪说：“甲寅之元：天正正月甲子朔旦冬至，七曜之起始用牛初；乙卯之元：人正己巳朔旦立春，三光聚天庙（即营室）五度，课两元端；闰余差百五十二分之三，朔三百四，中节之余二十九。”这是说：殷历用甲寅年十一月甲子日平朔冬至为历元，颛顼历用六十一年后的乙卯岁正月己巳日平朔立春为历元，从殷历历元起，推算六十一年后的正月朔旦春，平朔时刻在颛顼历历元后 $\frac{304}{940}$ 日，立春时刻在颛顼历历元后 $\frac{29}{32}$ 日，检查殷历历元的冬至日。月起牵牛宿初度，约当赤经 $304^{\circ}30'$ ，颛顼历历元的立春日，月起营宿五度，约当赤经 $350^{\circ}11'$ ，以岁差 $71\frac{2}{3}$ 年差一度推算，这两个观测年代约在公元前370年前后，又查周显王二年（公元前367年）为甲寅年，周武王九年（公元前306年）为乙卯年。由此可见，殷历和颛顼历的创制年代大约在东周末年，刘宋时祖冲之说：“古之六术，并同四分，四分之法六则后天，以食检之，经三百年辄差一日。古历课今，其甚疏者朔后天过二日有余，以此推之，古术之作者在汉初周末，理不得远。且切校《春秋》朔并先天，此则非三代以前之明征矣。”祖冲之对古六历的结论是正确的。战国初期，继承春秋，各国自定正朔，大约黄河中游地域用

“夏时”，以建寅之月为正月，下游地域用“周时”以建子之月为正月。到秦统一中国时，原来用周时的地域也改用夏时。至此，我国的历法就统一了。

干 支 记 日 法

孔甲崩，子帝皋立。帝皋崩，子帝发立。帝发崩，子帝履癸立，是为桀。《史记·夏本纪》

※ ※ ※

干支记日法是在天干记日基础上发展起来的，从现有的文献资料看，《史记》和《竹书纪年》都已记载着，夏代帝王曾以十干命名。十干是：甲、乙、丙、丁、戊、己、庚、辛、壬、癸。如胤甲（即廑）、孔甲、履癸（即桀）。后来，人们发现，用周而复始的天干记日很不方便，因为十天周期过短，日分容易混淆，故人们就以十二支与十干相配，十二支是：子、丑、寅、辰、巳、午、未、申、酉、戌、亥。“十二”和“十”的最小公倍数是六十，这样，以六十天记日要比用十干记日方便得多，而且人们又把十干作为六十天内的一句。这种记法一直沿用至今。用干支记日，殷周已有明文记载。人们在甲骨文中发现多种干支表，各版之背面均未经钻凿，罗振玉称为“骨简”是一种专为便于检查日期而刻的文书，象我们今天所用的日历一样。这种干支表有三旬式和六旬式两种。三旬是从甲子到癸巳，六旬是从甲子到癸亥。

干支记日法到春秋时代已非常明确而系统了。从周平王四十九年，（即公元前722年）起一直到1910年，我国的干支记日从未间断过。这是世界上最长久最系统的记日法。

春秋初期，除月、旬外，又用地支来划分一日之内的时辰。《诗·小雅·大东》说：“跛踂织女，终日七襄，终日七襄，不成报章。”郑笺：“襄，驾也，驾谓更其肆也。从旦至暮七辰，

辰一移，谓之七襄。”在我国的天文著作中，最早用十二地支记日之十二时辰的系统记载见于《南齐书·天文志》，但事实上，在此以前的其它书籍已有记载，如《论衡》：“一日之中，分为十二时。平旦寅，日出卯也。”

干支记日法的创立具有十分重要的意义，陈久金同志指出：“在古代的现象授时阶段，虽然处于同一个朝代的同一个时期，各地决定各个季节或月份的标准，星象也可能是一致的。但由于各地观测者的不同，所得的结果仍然会有出入，这就会影响到闰月和日期安排的实际不一致，对人们政治、经济、文化的交往带来困难。干支法就是为适应这种情况而产生的。尽管各地实际所用的历法可能互异，但使用相同的干支周法，这就能在一定程度上避免了因历法互异所带来的困难。”（《历法的起源和先秦四分历》载《科技史集列》第一辑）。

子 午 线 的 实 测

时《麟德历》推步渐疏，敕一行考前代诸家历法，改撰新历，又令率府长史梁令瓚等与工人创造黄道游仪，以考七曜行度，互相证明。《旧唐书·一行传》

※ ※ ※

世界上最早子午线的实测工作是和唐代著名天文学家僧一行分不开的。《旧唐书·一行传》载其生平曰：“僧一行，姓张氏，先名遂，魏州昌乐人，襄州都督、郾国公公谨之孙也。父擅，武功令。一行少聪敏，博览经史，尤精历象、阴阳、五行之学。”一行生活在麟德历矛盾百出的时期，此时麟德历的测算与实际天象的出入越来越明显，于是唐玄宗便令一行改制新历。一行利用黄道游仪组织了一批天文学工作者进行观测，取得了一系列关于日、月星辰运动的第一手材料，发现了恒星的位置与汉代相比较，已有相当大的变化。这个发现导致在他的历法里废弃沿

用八百多年的二十八宿距度数据，从而有助于新历法精确性的提高。

子午线实测工作在全国各地展开，一行为了顺利进行这次大规模的大地测量工作，发明了一种名为“复矩图”的测量仪器，供观测之用。测量地点共选择了12处，分布范围到达唐朝疆域的南北两端，测量内容包括每个测量地点的北极高度，冬、夏至日和春、秋分日太阳在正南方时的日影长度。其中南宫说等人在河南白马、浚仪、扶沟、上蔡四处的测量最重要。这四个地方的地理经度比较接近，即大致是在南北一条线上，南宫说等人直接量度四地间的距离，测量结果证实了自何承天起就否定了的汉以前关于“南北地隔千里，影长差一寸”的说法，是纯粹臆测。一行从他们的实测数字中计算出南北两地相差351里80步，北极高度相差1度的结果，我国古制为1里等于300步，1步等于5尺。一周天为395、25度，换算为现代单位，即为南北相距1292.2公里，北极高度相差 1° ，这实际上就是地球子午线1度的长度，与观测量值1度长111.2公里相比较，虽有较大的误差，但这是世界上用科学方法进行的第一次子午线实测。从实测和对前人谬误说的批判中，一行认识到一个重要的科学真理，据《旧唐书·天文志》载：“古人所以恃勾股之术，谓其有征于近事。顾未知目视不能远，浸成微分之差，其差不已，遂与术错”。这就是说，在很小的有限的空间范围里探索出来的正确的科学规律，如果不加分析地、任意地向很大的，甚至无限的空间条件下去推广，就很可能得到错误的结论。地隔千里日影长差一寸的错误就在于把只在小范围平地上总结出来的平面测量理论主观地推广到大面积去应用。这是我国科学思想史上的一个重大的进步。公元814年，阿拉伯的最高统治者阿尔·马蒙命令阿拉伯天文学家们在幼发拉底河以北的新查尔平原和若法平原进行实际测量，根据当时测得的结果推算，子午线一度的长度约为111.815公里。这虽略优于一行和南宫说的测量结果，但晚了整整九十年。

盖

图

晋侍中刘智云：“颛顼造浑仪，黄帝为盖天。”然此二器，皆古之所制，但传说义者，失其用耳。昔者圣王正历明时，作圆盖以图列宿。极在其中，迴之以观天象。分三百六十五度、四分度之一，以定日数。日行于星纪，转迴右行，故圆规之，以为日行道。欲明其四时所在，故于春也，则以青为道；于夏也，则以赤为道；于秋也，则以白为道；于冬也，则以黑为道。四季之末，各十八日，则以黄为道。盖图已定，仰观虽明，而未可证昏明，分昼夜，故作浑仪，以象天体。《隋书·天文志》

※

※

※

盖图来源于《周髀算经》卷上的“七衡图”。三国时期，著名的数学家赵君卿在注释周髀七衡图时认为，七衡图是一张用两幅图画叠合组成的，大概有七个等间距的同心圆，圆心是天北极。这两幅图画，一幅叫“青图画”，一幅叫“黄图画”，都画在方边八尺一寸的正方形的绘上。以绘上的一分代一千里，八尺一寸表示周髀的“四极径八十一万里”。如果用两幅方边四尺零五分的绘，就以一分代二千里，把北极放在正方形的中心。关于“青图画”，赵氏认为：“青图画者，天地合际人目所远者也。”“日入青图画内谓之日出，出青图画外谓之日入”。又说：“我之所在，北辰之南，非天地之中心。我之卯酉非天之卯酉。”据此可以了解：假如已知我所在的地点离北极下的里数，在一幅正方形的绘上就可以在相应的位置上点一点表示“我之所在”，以这一点为中心，以一尺六寸七分（代16700.0里）为半径作一圆，在这圆周以内涂上青色，这就是所谓“青图画”，也就是我所看见的范围。

关于“黄图画”，赵氏认为：“黄图画者，黄道也，二十八宿列焉，日、月、星辰系焉”又说：“内第一，夏至日道也；中

第四，春秋分日道也；外第七，冬至日道也。”可见，“黄图画”是盖图的主图，在此图上画有“七衡六间”，第一衡为夏至圈，也是最小的圆，第四衡为天赤道，第七衡为冬至圈，也是最大的圆。夏至圈和冬至圈之间还有一个和它们相内切的圆，那就是赤道，在黄道内外绘出二十八宿和其它星象于适当的地位。这是一张以北极为中心的星图，也就是所谓“黄图画”。

赵氏七衡图注认为：“使青图在上不动，贯其极而转之即交矣”。这是说青图画和黄图画各有一“极”，通过这两个“极”点用一条轴线把两幅图贯串起来，透过上面的青图，我们可以看见黄图画上的七衡六间和二十八宿等星象。如果把下面的黄图画向右（顺时针方向）旋转，在青图圆周内透视到的天象就有变迁。利用这个七衡图很容易看出一年中任何季节日出、日入的方向，和晚上任何时刻可能看到的星象。

周髀的七衡图是主张盖天说的天文学家特制的仪器，后来人叫它“盖图”，西汉末，主张浑天说的扬雄折难盖天说八条，其中指出：“盖图”已不能结合天文实际了。《隋书·天文志》记载“扬雄难盖天八事以通浑天”：“1、日之东行循黄道，昼夜中规。牵牛距北极南百一十度，东井距北极南七十度，并百八十度。周三径一，二十八宿周天当五百四十度。今三百六十度，何也？2、春秋分之日正出在卯，入在酉而昼漏五十刻。即天盖转，夜当倍昼。今夜亦五十刻，何也？3、日入而星见，日出而不见；即斗下见日六月，不见日六月。北斗亦当见六月，不见六月。今夜常见，何也？4、以盖图视天河，起斗而东入狼、弧间，曲如轮。今视天河直如绳，何也？5、周天二十八宿。以盖图视天，星见者当少，不见者当多。今见与不见等，何出入无冬夏，而两宿十四星当见，不以日长短故见有多少，何也？6、天至高也，地至卑也。日托天而旋，可谓至高矣，纵人目可夺，水与景不可夺也。今从高山上以水望日，日出水下；影上行，何也？7、下视物近则大，远则小。今日与北斗近我而小，远我而

大，何也？8、视盖橑与车辐间，近杠轂即密，益远益疏。今北极为天杠轂，二十八宿为天橑、辐，以星度度天，南方次地星间当数倍，今交密，何也？”

依据盖图，春、秋分日道（中衡）在青图画内的部分仅略大于青图画外部分的一半，春秋分的夜长应约等于昼长的二倍。所以第二条难它：为什么春秋分日昼夜都是五十刻呢？透过青图画看见的黄图画只有相当小的一部分。均匀地分布在“黄道”内的二十八宿应该看得见的少，看不见的多。所以第五条难它：为什么不论任何季节，常常可以看见差不多一半的星宿呢？依据盖天说，太阳在天上运转，总是高出地面之上。第六条难它：为什么在高山上看日出，见太阳从地平线下上升起来呢？盖图是以北极为中心的一幅平面星图，硬把天上的星辰画在平面上原来是很勉强的。在盖图上从牵牛宿到东井宿的直线距离表示一百八十余度，依照“径一周三”计算，经过二十八宿的圆周要有五百四十余度，因此，第一条难它：为什么还要说周天三百六十度呢？因盖图的投影法不大合理，图上的星象难免过于歪曲。第四条难：盖图上天河的形状为什么不是直的呢？盖图上离北极远的地方，星与星间的距离比较远，第八条难它：为什么实际上极距很大的星相离也不是很远呢？盖天说用七衡图解释在不同季节里的天文现象，虽然有些情形能自圆其说，但有很多问题无法解决。

因此，扬雄的“八难”迫使盖图画法本身进一步修订。东汉蔡邕在《月令章句》一书中首先取消七衡的形式，代之以三个同心圆。最小的叫恒显圈，又叫内规。它的半径就是观测地的地理纬度。在这个圈里的恒星是在一年四季的夜晚都可以看得见。中间的仍然是天赤道。最外面的叫恒隐圈，又叫外规。这个圈之外的天区是永远没在地平线之下，是看不见的。恒隐圈和恒显圈离赤道的距离相等。但是，以平面的图来描述球面的轨迹，误差相当大。后来人们采用了浑仪和浑象来观测，描述天体在球面上的视运动，因而准确度提高。不过，《隋书·天文志》上有一节说明

“盖图”的作用，可以想象隋朝时还有人在利用这种仪器，作为天文观测的参考。《隋书》说：“昔者圣王正历明时，作圆盖以图列宿，极在其中，迺之以观天象。分三百六十五度，四分度之一以定日数，日行于星纪，回转右行，故圆规之以为日行道。

“这个可以回旋转动的”“盖图”、无疑是《周髀》七衡图的发展。

回回历的传入

回回历法，西域默狄纳国王马哈麻所作。其地北极高二十四度半，经度偏西一百〇七度，约在云南之西八千余里。其历元用隋半皇已末，即其建国之年也。洪武初，得其书于元都。十五年秋，太祖谓西域推测天象最精，其五星纬度又中国所无。命翰林李弼中、吴伯宗同回回大师马沙赤黑等译其书。其法不用闰月，以三百六十五日为一岁。岁十二宫，宫有闰日，凡百二十八年而宫闰三十一日。以三十五十四日为一周，周十二月，月有闰日。凡三十年月闰十一日，历千九百四十一年，宫月日辰再会。此立以之大概也。

按西域历术见于史者，在唐有《九执历》，元有札马鲁丁之万年历。九执历最疏，万年历行之未久。唯回回历设科，隸钦天监，与大统历参用二百七十余年。虽于交食之有无深浅，时有出入，然胜于九执、万年历远矣。但其书多脱误。盖其人志之隶官者，类以土盘布算，仍用其本国之书。而明之习其术者。如唐顺之、陈瓌、袁黄辈之所论者，又自成一言。《明史·历志》

※ ※ ※

十三世纪中，蒙古族的势力扩大到欧洲东部和亚洲西部，中国人民和西域各个民族之间有一定的文化交流。成吉思汗于庚辰（公元1220年）夏五月，攻克寻思干城（撒马尔罕），驻扎也儿的石

注：本题参见《中国天文学源流》

河，中书令耶律楚材（公元1190—1244年）跟他在一起，西域术人预言五月望夜当有月食，楚材说“不会有”，到期果然不食。楚材预推明年十月有月食；西域人不信，到期月食八分，楚材的父亲耶律履（公元1131—1191年）曾于1180年写成一种历法，叫乙未元历，没有被金朝录用，楚材的天文学知识是有他的家学渊源的，回大都后，发表他的新历法，西征庚午元历，纠正当时颁行的历书的错误，也没有被录用，宋子贞中书令耶律公神道碑说：

“其学务为该洽。凡星、历、医、杂算、内算、音律、儒、释、异国之书无不通究。尝言西域历，五星密于中国，乃作‘麻答巴历’，盖回鹘历名也。”庚午元历全部文稿现在还保存在《元史·历志》里，所有天文数据和推步方法都与金朝赵知微等重修的大明历法（1180年）相同，只在推算历日的起点方面有些改变，看不出有什么外来影响，连他自己所佩服的西域人五星术也没有采用。所谓“麻答巴历”当然是另外一部著作，可惜早已失传现在无法考证了。

元世祖忽必烈至元四年（1267年），《元史·历志》记载：“域札马鲁丁撰进万年历，世祖稍颁行之。”《世祖本纪》西说：至元八年（1271年），“设回回司天台，以札马拉丁为提点”。札马鲁丁或札马拉丁应当是阿拉伯语Jamāl—ud—Dīn的译音。这个回回司天台是设立在上都（现在内蒙古自治区多伦县东南境）的。这与中统元年（1260年）“因金人旧制”设立在大都（北京）的司天台同是测验天象的机构。回回司天台内有特制的回回天文仪器，《元史·天文志》里有详细记载。参考资料也有阿拉伯的天文算法图书。王士点、商企翁合撰的《元秘书监志》卷七“回回书籍”条说：“至元十年十月，北司天台甲：本台合用文经，计经书二百四十二部”，其中有一种叫“麦者思的造司天仪式十五部”，“麦者思的”是阿拉伯语magest的译音，阿拉伯人称亚历山大城的托勒密的天文集为“大辑”。札马鲁丁所进呈的万年历法大概是依据托勒密推算方法推算的，对于日、月、五星等

天体运动的预测应该相当精密。

根据上述史料，有人疑惑在授时历颁行（1281年）之前，中国北部曾一度采用过回回历书。这种说法值得商榷。回回历有月分年（太阴年）、宫分年（太阳年）两种纪年的方法。月分年每年十二个月，没有闰月，各月的大尽或小尽是固定的，每月的第一日大约是看见新月的日子，在中国阴历月初二日或初三日，这种伊斯兰教徒的历日制度显然不合中原地区一般人民的生活习惯，即使忽必烈自己信仰回历，也不会强制人民通用它的。

如果说，万年历是一种用阿拉伯天文学家的进步方法来修订的合于中国人习惯的历法，那末，象明朝末年的西洋人“铎彼方之材质入大统之型模”一样，决不是札马鲁丁等几个在很短时间内可以完成的工作。他们到中国来为元朝作些天文工作，一方面为中国的伊斯兰教徒规定准确的宗教节日，一方面给中国的天文工作者一种参考，未必有代中国人改订历法的企图。《元史·历志》说，“世祖稍颁行之”是一件很难证实的史料。又，中国历史上每次修改历法，当时的天文学家都要指出旧历法的缺点和必须改革的理由，《元史》“刘秉忠传”、“许衡传”、“王恂传”、“郭守敬传”等篇中，都说到元朝初年所用的金大明历年代已久，错误很多，应该改订新历，这些史料可以证明在授时历颁行之前没有颁行过回回历法。

又有人疑惑郭守敬曾以札马鲁丁等传入中国的天文书籍中，获得许多阿拉伯人的天文知识，因而他所编的授时历成为中国最精密的历法，这种看法也是错误的。回回司天台（北司天台）所备用的天文算法书籍，在元朝没有一本译成中文，郭守敬等很难直接或间接得到它的参考。即使他们略知道一些回回历法的内容，也不是在短的时间内可以利用来修订新历法的。至于授时历的作者怎样完成他们的辉煌成就，不是本篇讨论的范围，故略。

《元史·百官志》说：至元十七年（1280年）置行司天监。皇庆元年（1312年），改称回回司天监，所谓“行监”或回回司

天监是原在上都的回回司天台的扩充。皇庆元年，回回司天监和大都的司天监，主管人员官秩都是正四品，延祐元年（1314年），都升到正三品，后来又先后降到正四品，元朝政府尊重天文学，同时优待从西域到中国来的天文工作者，这和唐朝给予印度天文学家太史监官职，具有相同的意义。这种政治措施加强了同西域民族的联系和文化合作。

《元史·仁宗本纪》载，皇庆二年又有可里马丁上所编的“万年历”。明洪武元年（1368年）定都南京，设立司天监和回回天监，秋七月，徐达等攻克北京，“冬，十月，徵元太史院使张佑、张忻、司农卿兼太史院使成肃，太史同知郭让、朱茂，司天少监王可大、石泽、李义、太监赵恂，太史院监侯刘孝忠、灵台郎张容、回回司天监黑的儿、阿都刺、司天监丞迭里月实十四人修历数，二年夏四月，徵元司天监官郑阿里等十一人至京议历法，占天象”。三年六月，改司天监为钦天监，设天文、漏刻、大统历、回回历四科。明朝二百七十六年（1368—1644年），所颁的历书都用大统法推算，而钦天监中的回回科始终没有废掉。

《明史·历志》载，洪武元年徐达到北京，得“西域书数百册，言殊字异，无能知者”、十五年（1382年）科，命钦天监灵台郎海达儿、阿答六丁、回回大师马沙赤黑、马哈嘛等在所藏回回书中选取几种天文书籍，次第翻译，并且教大学士吴伯宗，翰林李羽中等写成文言，次年译成“西域天文书，回回经纬度，及其算法”共四卷。

洪武十八年（1385年）又有“运人归化，献土盘历法”，“历官元统去土盘译为汉算”成化六年（1470年）钦天监监副真琳又补译“阿刺比历法”，十三年秋译成，所谓“土盘”算法是一种用印度数码在土（沙）盘里演算的算术，这种算术盛行于非洲沿地中海各地区，从第十世纪以后，阿拉伯人统治亚洲西部和非洲北部，一直到欧洲的西班牙国土，但是，建都巴格达，统治亚洲部分的回教哈里发，和建都开罗，统治非洲部分的回教哈里

发不相统一，两处的学术文化各自发展，很少交流，在算术方面，巴格达的数学家不喜欢用印度数码，而西阿拉伯人竭力推行“土盘”算术，在天文学方面，东阿拉伯人尊重亚尔罢德（公元929年死）的学术，西阿拉伯人称颂伊本尤努斯（公元1009年死）的著作，二派学术，虽然同是托勒密天文学的发展，却是有些差的，元朝札马鲁丁等传入中国的回回历法大概是东阿拉伯人的天文学，它的内容现在很难详细考证。明朝贝琳翻译的“土盘历法”，大概是记录在《明史·历志》里的回回历法，是西阿拉伯人的天文学。

回回历法译成汉文后，一般知识分子稍稍知道一些它的内容，十六世纪中，唐顺之，周述学、陈瓌、袁黄等都想把回回历法和授时历法融会贯通，提出改订新历法的意见，但是他们的数学根基太差，对于阿拉伯天文学的研究不够深入，因而没有什么收获，程大位算法统宗（1592年）辑录当时流行的“铺地锦”乘法，倒是“土盘算术”里的一种乘法，大概是跟随回回历法流传到中国来的，这个应用中国数码的铺地锦乘法在劳动人民中起了一些普及教育的作用。

明朝钦天监里设立回回历科，原是要把西域人推算星五行经纬度的方法介绍到大统历里边去，自从贝琳回回历法书译成后，不通阿拉伯文的人也可以参加回回历科的实际工作，改善天文学研究的条件。可惜大统历科和回回历科的天文工作者非但各自为政，不相联系，而且都是固步自封，不求进步，在天文学研究方面二百余年毫无新的发展。

彗 星

黄初六年十月乙未，有星孛于少微，历轩辕。《宋书·天文志》

※ ※ ※

我国很早就有关于彗星记事，并给彗星以孛星、长星、蓬星等名称。古书《竹书纪年》上就有“周昭王十九年春，有星孛于紫微”的记载。但是因为这本书的真实年代有待考证，对这件事暂且存疑。最可靠的记录，开始见于《春秋》：“鲁文公十四年秋七月，有星孛入于北斗。”鲁文公14年是公元前613年，这是世界上最早的一哈雷彗星记录，《史记·六国表》载“秦厉共公十年（公元前467年）彗星见。”这是哈雷彗星的再见，不过《史记》没有记载它出现的时间而已。

哈雷彗星绕太阳运行均平周期是七十六年，出现的时候庞然明亮易见。从春秋战国到清末的二千多年，共出现并记录的有三十一次。其中以《汉书·五行志》元延元年（公元前12年）记载的最详细：“元延元年七月辛未，有星孛于东井，践五诸侯，出河戌北，率行轩辕，太微、后日六度有余，晨出东方，十三日，夕见西方，……锋炎再贯紫宫中。……南逝度犯大角，摄提。至天市而按节徐行，炎入市中，旬而后西去，五十六日与芳龙俱伏。”这样生动又简明的语言，把气势雄伟的彗星运行路线视行快慢以及出现时间，描绘得栩栩如生，其它的每次哈雷彗星出现的记录，也相当清楚明白，分见于历代天文志等史书。

哈雷彗星的来临，姿态固然十分雄伟，但是其他彗星的出现，气势也相当壮观，史书上载：“唐代上元三年（公元676年），彗星于东井指北河，长三余尺，东北行，光时益盛，长三丈，扫中台，指文昌。”不但形象描绘逼真，而且位置准确，所经过的亮星，都加注记，这正是我国古代天象记录的优点。

在古代，我们的祖先不仅观测彗星的形态和位置。对彗尾的成因也有见解，《晋书·天文志》载：“彗体无光，傅日而为光，故夕见则东指晨见则西指，在日南北皆随日光而指，顿挫其芒，或长或短，”这种见解是正确的，而在欧洲直到公元1532年才有类似的认识。

在我国古代，还记录到慧星分裂现象。《新唐书·天文志》

载有：“唐乾宁三年（公元896年）十年，有客星三，一大二小，在虚，危间，乍合乍离，相随东行，状如斗，经三日而二小星没，其大星后没。”象这样的观测记录是很细致的，当然，在这里所说的客星，指的就是已分裂的慧星。

星 陨

元嘉二十四年正月，月犯心大星。天星并西流，多细，大不过如鸡子，尾有长短，当有数百，至旦日光定乃上，有入北斗紫宫者。《宋书·天文志》

※ ※ ※

流星雨的记载，在世界上我国最早，《竹书纪年》中有“夏帝癸十五年，夜中星陨如雨”的记载。最详细的记录见于《左传》：“鲁庄公七年（公元前687年）夏四日，辛卯夜，恒星不见，夜中星陨如雨。”这是世界上天琴座流星雨的最早记录。

我国关于流星雨的记录，大约有一百八十次之多。其中天琴座流星雨记录大约有九次，英仙座流星雨大约有十二次，狮子座流星雨记录有七次，这些记录对于研究流星群轨道的演变，将是重要的资料。

流星雨的出现，形象相当动人，我国古代记录非常精彩。如《宋书·天文志》中关于天琴座流星雨的一次记录：“大明五年（公元461年）三月，月掩轩辕。……有流星数十万，或长或短，或大或小，并西行，至晓而止。”而英仙座流星雨出现时的情景，从古记录上看也令人难以忘怀。如《新唐书·天文志》载：“唐开元二年（公元714年）五月，乙卯晦，有星西北流，或如瓮，或如斗，贯北极，小者不可胜数，天是尽摇，至乃止。

流星体坠落到地面便成为陨石或陨铁，这一事实，我国也有记载：《史记·天官书》中有“星坠至地，则石也”的解释。到了北宋，沈括更发现陨石中有以铁为主要成分的。他在《梦溪笔

谈》里就写着：“治平元年（公元1064年），常州日禺时，天有大声如雷，乃一大星几如月，见于东南，少时而震一声，移著西南，又一震而坠，在宜兴县民许氏园中，远近皆见，火光赫然照天，……视地中只有一窍如杯大，极深，下视之，星在其中，荧荧然，良久渐暗，尚热不可近。又久之，发其窍，深三尺余，乃得一圆石，犹热，其大如拳，一头微锐，色如铁，重亦如之。”沈括已经注意到陨石的成分了。

在欧洲直到1803年以后，人们才认识到陨石是坠落到地面的残留部分。

黑 气

永元元年十二月乙酉，日中有三黑子。《南齐书·天文志》

※ ※ ※

太阳，是我们地球上光和热的源泉。我们的祖先，善于实践，勤于观测。对太阳上的细节都进行详细描述。精确记载，见于史书。现今世界公认的最早的黑子记事，是西汉河平元年（公元前28年）三月所见的太阳黑子现象。《汉书·五行志》记载“河平元年……，三月己未，日出黄有黑气大如钱，居日中央。”这一记录把黑子的位置和时间都叙述得很详尽。

事实上，在这以前，我国还有更早的黑子记载，在约成书于公元前140年的《淮南子》这一著作中就有“日中有踰乌，”的叙述。踰乌也就是黑子的形象。又《汉书·五行志》载：“汉元帝永光元年（公元前43年）四月……日黑居仄，大如弹丸”，这表明太阳边侧有黑子成倾斜状，大小和弹丸差不多。

黑子，在太阳表面表现为发黑的区域，由于物质的激烈运动，经常处于变化之中，有的存在不到一天，有的可到一个月以上，个别长达半年。这种现象，我们的祖先也都精心观察，并且反映在记录上，《后汉书·五行志》有这样的记载：“中平，…

…五年（公元188年）正月，日色赤黄中有黑气如飞鹊，数月乃消。”《宋史·天文志》也记有宋高宗绍兴元年（公元1131年）“二月卫己卯，日中有黑子，如李大，三日乃伏。”

黑子，不但有存在时间，也有消长过程中的不同形态，最初出现在太阳边缘的只是圆形黑点，随后逐渐增大，以致成为分裂开的两大黑子群，中间杂有无数小黑子，这种现象，也为古代观测者所注意到。《宋史·天文志》记有宋徽宗政和二年（公元1112年）“四月辛卯，月中有黑子乍二乍三，如栗大。”这一记载，就是属于极大黑子群的写照。从汉代到明代共一千六百多年间，黑子记载超过一百次。1975年，我国云南天文台编集我国从公元前43年到公元1638年的黑子记录，共一百零六条，进行计算，得出周期是一0、六 $\pm$ 0、四年，同时还存在六十二年 and 二百五十年的长周期，这一重要的结果，是研究我国古代黑子记录，探索它的规律的良好收获。

历代记录已经表明：黑子出现最多的年月，也是极光出现频繁的时期，黑子和极光互有关系，1971年7月，云南天文台又利用我国黑子和极光古记录，同时进行分析得出，并不是近三百年才有的暂时现象，这说明我国古代黑子资料是相当珍贵的。

新 星 和 超 新 星

晋惠帝永兴元年五月，客星守毕。《宋书·天文志》

※ ※ ※

古时常常和慧星相混的一种天象，叫做客星，它是恒星的一种。本来很暗，因为内部的激变，忽然光辉灿烂起来，亮度有的几天之内增加几千万倍至几亿倍，叫做超新星，殷墟甲骨文中已有新星记录，如《殷墟书契后编》下九、一“七日己巳夕，点出

注：本题参见《中国历史上的宇宙理论》

新大星并火。”意思是，七日（己巳）黄昏有一颗新星接近大火（心宿二），在欧洲，第一颗新星是公元前134年由希腊依巴谷（公元前二世纪）记录下来的。比殷墟甲骨文要晚一千年以上。依巴谷并没有记载这颗新星的日期和方位，而同一颗新星，我国《汉书·天下志》却记下了大致的日期和方位：“元光元年六月，客星见于房。”从此以后，到十七世纪末，我国共记下了约七十颗新星和超新星。其中最引人注意的是公元1054年出现在金牛座的超新星。这颗超新星只有中国和日本有观测记录。《宋史·仁宗本纪》记载：“嘉祐元年三月辛未，司天监言：自至和元年五月，客星晨出东方，守天关，至是没。”

这里嘉祐元年三月辛未是公元1059年4月6日，至和元年是公元1054年，“天关”即金牛座 ϵ 星。这里日期、方位都很清楚。根据这一段记录和其他记录，画出来的光变曲线和现代天文学所测得超新星光变曲线很一致。有趣的是，在这颗超新星的位置上，现在用望远镜可以看到一个蟹状星云，正以每秒1100公里的速度膨胀着。据计算这个星云是大约一千年前从中心一点开始膨胀的，这和我宋代记录的超新星爆发时间很相一致。因此，可以肯定，蟹状星云就是1054年超新星的遗迹。

日 月 食

隆昌元年五月甲戌合朔，巳时日蚀三分之一，午时光复还。（永明）六年九月癸巳，月蚀在娄宿九度，加时在寅之少弱，亏起东北角，蚀十五分之十一。《南齐书·天文志》

※ ※ ※

我国有明确日食记录的古代文献，当推《诗经》。《诗经·小雅·十月之交》说：“十月之交，朔日辛卯，日有食之。”这是有名的“诗经日食”。《诗经》中没有说出日食发生的具体时间，但是，这次日食发生在公元前七百多年左右是无疑的，这比

欧洲古希腊最早的日食记录至少要早一个世纪。

近年来，通过对卜辞的考古和研究，人们发现，我国还有比“诗经日食”更早的日食记录。卜辞里有这样的话：“贞：日（有）食”（《林》一一〇·五），此为武丁卜辞，“癸酉贞：日夕又食，佳若？”“癸酉贞：日夕又食，非若？”（《佚》三七四）这段话的意思是说，“癸酉日占，黄昏有日食，是吉利的吗？癸酉日占，黄昏有日食，是不吉利的吗？”

在武丁时期或者更早人们就有了日食的观念是可能的。因为用“食”这个术语表示日月食，反映了古人对这一异常天象的初步认识，是比较原始的概念。以为日、月食的发生，是日月被某种神物吞没下去，故称为“食”。《淮南子·说林训》：“月照天下，食于蟾蜍。”就是这种古老观念的表述。

从汉代起，日食的观测记录，已经有日食时太阳的方位初亏和复圆的时刻，亏起方向。如《汉书》记载：“征和四年（公元前89年）八月辛酉晦，日有食之，不尽如钩，在元二度，晡时食，从西北；日下晡时，复。”“晡”指下午四、五点钟。年、月、日、时、方位、食分都记载的清清楚楚，总计我国历史上的日食记录，约有一千一百次左右。详细研究这些记录，可以帮助我们探讨在这段长时间中万有引力常数是否在减小。

太 一

天极星，其一明者，太一常居也。《史记·天官书》

※ ※ ※

在古代，人们给“太一”、“太乙”赋予多种神秘的意义，这里我们只考察出现于史书中的太一星名。《史记·天官书》作“太一常居”，而《汉书·天文志》作“太一之常居”，西汉的

注：本题参见《钱宝琮科学史论文选集》

天文学家始终没有承认太一是北极附近的一个星名，不过说天神太一常驻在那里。《天官书》和《天文志》又说：“太微，三光之廷，……其内五星，五帝坐”，南宫太微垣里的五个星不叫它们五帝，而叫它们五帝坐也是这个意思。

“太一常居”的星名，在秦汉之前从来没有出现过，而是以我们今天称为 β 星来表示的。这个 β 星离开天的北极有十五度，二十六分之多，但是因为地球绕日运动有岁差的关系，二千年前的北极不过七、八度，的确是一个北极附近最为显著的明星，它的地位比较安静。昭公十七年《公羊传》说：“大火为大辰，伐为大辰，北辰为大辰。”北辰是那时北极附近的大辰，除贝达星外，没有第二个星可以担当这个名义。《公羊传》所谓大辰或为大火，或为参伐，都是一个大星而不是指一个星座，贝达星离开北极比较近，很容易观察得到。把它做一个观象授时的对象，也有相当理由。所以可以和大火、参伐同称“大辰”，这个北辰在这天空最高处，地位比较优越，有充当众星领袖的资格，西汉人叫这个星做“太一常居”。也无非是神地相宜的意思。但是在改称“太一常居”以前，这个贝达星似乎有过类似帝王的徽号，《史记·天官书》说：“旁三星三公，或曰子属，后勾四星，末大星正妃，余三星后宫之属也。环之匡卫十二星藩匝，皆曰紫宫”。宛然一个帝王宫廷的环境，《史记·天官书》又说“斗为帝车”，似是说“北斗是天帝的车子”。

西汉时代的讖纬家大都喜欢讨论天象，《春秋纬》关于恒星的记载尤其多，但是他们对于北辰星的称谓，有的叫它太一，有的叫天皇、大帝和天宝大帝，很不一致。西汉末年以后，郊禘所奉的天神不叫太一而叫皇天上帝，星占家对于贝达星的称谓，也有较多变动，《晋书·天文志》依据石氏、甘氏和巫咸的星经记载，说：“北极，北辰最尊者也，其组星，天之枢也，……第一星主月，太子也，第二星主日，帝王也，亦太乙之坐，谓最赤明者也，第三星主五星，庶子也。”唐以后的天文家就叫这座赤明的

星为帝星，不再叫它“太一常居”或“太一”了。

二 十 八 舍

东方。角二星，……，亢四星，……，氏四星，……，房四星，……，心三星，……，尾九星，……，箕四星，……。北方。南斗六星，……，牵牛六星，……，须女四星，……，虚二星，……，危三星，……，营室二星，……，东壁二星，……。西方。奎十六星，……，娄三星，……，胃三星，……，昂七星，……，毕八星，……，觜三星，……，参十星，……。南方。东井八星，……，舆鬼五星，……，柳八星，……，七星七星，……，张六星，……，翼二十二星，……，轸四星，……。

《隋书·天文志》



我国开化很早，先民在黄河下游，由渔猎发展到耕稼，仰观天文以测寒暑署暘之节候，就非常必要了，正是在这样的历史条件下，我国古代天文学家把天空中目力所及的星分成二十八组，叫做二十八宿。东南西北各七宿，东方苍龙七宿是角、亢、氏、房、心、尾、箕，南方朱雀七宿是井鬼、柳、星、张、翼、轸。北方武七宿是斗、牛、女、虚、危、室、壁，西方白虎七宿是，奎、娄、胃、昂、毕、嘴、参。

我国古代二十八宿的划分标准有两派，一派以《石氏星经》为依据，属黄道二十八宿。《史记·律书》所记载的二十八宿，即是属于这一派；另一派以《甘氏星经》为依据，属赤道二十八宿。

二十八宿之说始见于《周礼》、《考工记》、《吕氏春秋》、《淮南子》等书。在《诗经》中，二十八宿中的名字已见的有火（心）、箕、斗、室、壁、昂、毕、参、牛等，甚至已有银河的记载，说明那时对于恒星有了较多的认识，《诗经》许多

篇中清楚地表述了恒星的出没所反映的季节变化与社会生产，人民生活的关系。如“定之方中，作于楚宫”，“七月流火，九月授衣”。又如“毕”是带柄的捕兔用的小网；“箕”是播谷子的生产工具等，这些形象的描述，反映了古代对于恒星的命名，最初都是用生产工具，生活用品和劳动人民的形象来考虑的。

勾 陈 六 星

勾陈，后宫也，太帝之正妃也，太帝之坐也。北四星曰女御宫，八十一御妻之象也。勾陈口中一星，曰天皇太帝、其神曰耀魄宝，主御群灵，秉万神图。《隋书·天文志上》



勾陈六星是星图上形似北斗的六个小星。起初，它不叫勾陈六星，而是叫后勾四星。后勾四星的名字最早出现在《史记·天官书》里，勾是曲的意思，这就是说后勾四星的形状是弯曲着的。据测定《史记·天官书》的后勾四星，大概是小熊星座的 ρ 、 ϵ 、 δ 、 α 四个星，最后的一个 α 星最为光明，天官书叫它正妃。“索隐”引《孝经援神契》说：“辰极横，后妃四星从，端大妃光明”，称“后勾四星”为“后妃四星”，正妃为大妃，和“天官书”中的名称稍有不同。

后来，《晋书》、《隋书》的“天文志”都把后勾四星或后妃四星说成勾陈六星。近世星图上的勾陈六星，是形似北斗的六个小星，最光明的 α 星却不在其内。这个 α 星从《甘氏星经》起，都叫它天皇大帝。《开元占经》卷一百九：“甘氏中官古今同异”说“天皇大帝，古今同，一星，勾陈口中”又说“五帝内座，古今同，五星，华盖上”，《晋书·天文志》说：“勾陈口中一星曰天皇大帝，其神曰耀魄宝，主御群灵，执万神图”，“华盖

注：本题参见《钱宝琮科学史论文选集》

上五星曰五帝内坐，设余又顺帝居也”。两晋的时候，天的北极在天枢星附近，离开 α 星和 β 星距离约略相等，勾陈口中的 α 星究竟比北极五星中的 β 星明亮得多，当时的人们就开始请“主御群灵，执万神图”的天皇大帝从 β 星移迁到 α 星去，又把太微垣内的五帝座搬到华盖之下，使五帝和天皇大帝可以常常接近，这一番天界迁都运动做得轰轰烈烈，但是北极五星中的第二星还得保留帝王的尊号，从此紫微宫里有两个天帝而没有正妃了。

我国天文学家的鼻祖——重黎

昔之传天数者：高辛之前，重、黎；于唐，虞、羲、和。
《史记·天官书》

※ ※ ※

《史记》中所称的重黎是比羲和传说更早的天文官。《左传》说：“重黎之后，羲氏和氏，世掌天地四时之官。”由此看来，重黎是我国天文学家的鼻祖。

在神话中，重和黎是两个人。据《国语·楚语》，颛琐“命南正重司天以属神，命火正黎司地以属民。”《国语·郑语》说：“夫黎为高辛氏火正，以淳耀淳大，天明地德，光昭四海，故命之曰祝融。”这是把火正黎与火神祝融混为一谈了。

关于重和黎的神话，最主要的是“绝地天通”。据说古时天和地是相通的，到了颛琐，让重、黎二人把天地隔绝了。《国语·楚语》说：“昭王问于观射父曰：周书所谓重黎实使天地不通者，何也？若无然，民将能登天乎？”天地一绝，重和黎就分了家。“重实上天，黎实下地”《史记·历书》记载：“颛琐受之，乃命南正重司天以属神，命火正黎司地以属民，使复旧常，无相侵渎。”“火正”者，即《左传·襄公九年》所谓“陶唐氏之火正阍伯居商丘，祀大火而火纪时焉。相土因之，故商主大火。”这段话说明，尧派阍伯到商丘去担任“火正”一职，

阍伯的后裔相土世袭了这职位，而相土则是殷的先公。而“火正”是专门观测“大火”（心宿二）这颗亮星的司官。每年当大火傍晚出现于东方的时候，就到了该播种的季节；正如同古埃及人观测天狼星于黎明升起于东方时，尼罗河不久就要泛滥一样。因此火正黎实际上是观测天象以定农时，从而管理农业生产的司官。

南正重则是指太阳到了南方中天。观测太阳上中天的准确时刻有重要意义。首先，可以较精确地测定南方，从而可以定出东、西、北方。其次，可以定出午时——即一天时间的中点。第三，可以定出夏至和冬至。方法是立一根垂直于地面的标干（一般长八尺），不断测日影长度的变化。每天日影最短的时刻，就是太阳中天的时刻，也就是午时，此时影在正北，日在正南。如果积累较长观测时间，又可以发现，午时太阳影子最短的一天，就是夏至；影子最长的一天，就是冬至。从夏至到明年的夏至，或从冬至到明年的冬至，就是一个回归年。从夏至到冬至间的平分点，就是秋分；从冬至到夏至间的平分点就是春分。这根八尺长的标干，叫做“表”，是我国最早的天文仪器，可能远早于大家公认的周代甚至商代以前，否则“南正”这名词是不会出现的。

南正重既然管理着测定太阳影子，以决定回归年的长度及二分、二至，这正是“司天”的工作。可见，把重和黎的任务分，一个专门管制历，一个专门管农事，反映在神话中，就是“绝通天地”。这证明，在重黎绝地天通这神话产生的年代，类似后世司天监的初步分工已经出现了。

张衡与《灵宪》

安帝雅闻衡善术学，公车特征，拜郎中，再迁为太史令。遂乃研覈阴阳，妙尽璇机之正。作浑天仪，著《灵宪》、《算罔篇论》，言甚详明。《汉书·张衡传》



张衡（公元78—139年），字平子，河南南阳人，他的《浑天图注》是浑天说的代表作。他指出：“浑天如鸡子，天体圆如炸丸，地如鸡中黄，孤居于内，天大而地小，天表里有水，天之包地，犹壳之裹黄。天地各乘气而立，载水而浮。”他还指出天体每天绕地旋转一周，总是半见于地平之上，半隐于地平之下，这里张衡明确地指出大地是个圆球，形象地说明了天与地的关系，张衡在他的另一名著《灵宪》中说，浑圆的天体并不是宇宙的边界，“宇之表无极，宙之端无穷”，从而表达了宇宙无限的观念。张衡的这些论述表明了浑天说的基本观点。浑天说是一种以地球为中心的宇宙理论，但在当时的历史条件下，它能比较近似地说明天体的运行，于是对后世产生了很大的影响。

在《灵宪》中，张衡系统地总结了前人关于宇宙生成与演化的思想，除了沿用道家有生于无的客观唯心主义观点外，张衡采用当时得到发展的元气学说，比较完整地描述了天地万物生成、变化和发展的过程，对后世产生了深远的影响。张衡还提出了五星视运动的重要理论。他用“近天则迟，远天则速”的理论，解释了五星运动或快或慢的现象。这表明张衡已认识到五大行星同地球的距离有近有远，而且就同一行星而言，其运行的轨道也时而接近地球时而远离地球。这又是五星运动快慢与距离之间定性关系的早期描述，张衡对月食的成因也有初步的认识，认为月食是由于地球的影子——“闾虚”遮蔽了月亮而引起的。此外，他测得日、月的视直径为0.5度，同今测值相近，这些都说明张衡在天文学方面的贡献是很突出的。

王蕃的天文学成就

王蕃字永元，庐江人也。博览多闻，兼通术艺。始为尚书郎，去官。孙休即位，与贺邵、薛莹、虞汜俱为散骑中常侍，皆

加驸马都尉。时论清之。遣使至蜀，蜀人称焉，还为夏口监军。
《三国志·吴书·王蕃传》

※ ※ ※

王蕃（公元228—266年），字元和，三国庐江郡（今安徽潜山县）人。他知识渊博，通晓天文、数学，先后担任过尚书郎、散骑中常侍等职。他的天文学成就全部载于《晋书·天文志》中：“至吴时，中常侍庐江王蕃善数术，传刘洪《乾象历》，依其法而制浑仪，立论考度日：

“前儒旧说，天地之体，状如鸟卵，天包地外，优谷之裹黄也；周旋无端，其形浑浑然，故曰浑天也。周天三百六十五度五百八十九分度之百四十五，半覆地上，半在地下。其二端谓之南极、北极。北极出地三十六度，南极入地三十六度，两极相去一百八十二度半强。绕北极径七十二度，常见不隐，谓之上规。绕南极七十二度，常隐不见，谓之下规。赤道带天之紘，去两极各九十一度少强。

黄道，日之所行也，半在赤道外，半在赤道内，与赤道东交于角五少弱，西交于奎十四少强。其出赤道外极远者，去赤道二十四度，斗二十一度是也。其入赤道内极远者，亦二十四度，井二十五度是也。

日南至在斗二十一度，去极百一十五度少强。是也日最南，去极最远，故景最长。黄道斗二十一度，出辰入申。故日亦出辰入申。日昼行地上百四十六度强，故日短；夜行地下二百一十九度少弱，故夜长。自南至之后，日去极稍近，故景稍短。日昼行地上度稍多，故日稍长；夜行地下度稍少，故夜稍短，日所在度稍北，故日稍北，以至于夏至，日在井二十五度，去极六十七度少强。是日最北，去极最近，景最短。黄道井二十五度，出寅入戌，故日亦出寅入戌。日昼行地上二百一十九度少弱，故日长；夜行地下百四十六度强，故夜短。自夏至之后，日去极稍

远，故景稍长。日昼行地上度稍少，故日稍短；夜行地下度稍多，故夜稍长。日所在度稍南，故日出入稍南，以至于南至而复初焉。斗二十一，井二十五，南北相应四十八度。

春分日在奎十四少强，秋分日在角五少弱，此黄赤二道之交中也。去极俱九十一度少强，南北处斗二十一，井二十五之中，故景居二至长短之中。奎十四角五，出卯入酉，故日亦出卯入酉。日昼行地上，夜行地下，俱百八十二度半强，故日见之漏五十刻，不见之漏五十刻，谓之昼夜同。伏天之昼夜以日出没为分，人之昼夜以昏明为限。日未出二刻半而明，日入二刻半而昏，故损夜五刻以益昼，是以春秋分漏昼五十五刻。

三光之行，不必有常，术家以算求之，各有同异，故诸家历法参差不齐。《洛书甄曜度》、《春秋考异邮》皆云：‘周天一百七万一千里，一度为二千九百三十二里七十一步二尺七寸四分四百八十七分分之三百六十二。’陆绩云：‘天东西南北径三十五万七千里。’此言周三径一也。考之径一啻周三，率周百四十二而径四十五，则天径三十二万九千四百一里一百二十二步二尺二寸一分七十一分分之十。

《周礼》：‘日至之景尺有五寸，谓之地中’。郑众说：‘土圭之长尺有五寸，以夏至之日立八尺之表，其景与土圭等，谓之地中，今颍川阳城地地也’。郑玄云：‘凡日景于地，千里而差一寸，景尺有五寸者，南戴日下万五千里也。以此推之，日当去其下地八万里矣。日邪射阳城，则天径之半也。天体圆如弹丸，地处天之半，而阳城为中，则日春夏秋冬夏，昏明昼夜，去阳城皆等，无盈缩矣。故知从日邪射阳城，为天径之半也。’

以句股法言之，旁万五千里，句也；立八方里，股也；从日邪射阳城，弦也。以句股求弦法入之，得八万一千三百九十四里三十步五尺三寸六分，天径之半而地上去天之数也。倍之，得十六万二千七百八十八里六十一歩四尺七寸二分，天径之数也。以周率乘之，径率约之，得五十一万三千六百八十七里六十八步一

尺八寸二分，周天之数也。减《甄曜度》、《考异郵》五十五万七千三百一十二里有奇。一度凡千四百六十里百二十四步六寸四分十万七千五百六十五分分之万九千四十九，减旧度千五百二十五里二百五十六步三尺三寸二十一万五千一百三十分分之十六万七百三十。

分黄赤二道，相与交错，其间相去二十四度。以两仪推之，二道俱三百六十五度有奇，是以知天体员如弹丸也。而陆绩造浑象，其形如鸟卵，然则黄道应长于赤道矣。绩云：‘天东西南北径三十五万七千里’，然则绩亦以天形正员也，而浑象为鸟卵，则为自相违背。

古旧浑象以二分为一度，凡周七尺三寸半分。张衡更制，以四分为一度，凡周一丈四尺六寸一分。審以古制局小，星辰稠概，衡器份大，难可转移，更制浑象，以三分为一度，凡周天一丈九寸五分四分分之三也。”

由此可知，王蕃以“浑天说”为依据，提出了“浑仪”的构造原理，并根据张衡所制浑仪太大，不便搬运等情况，进行分析研究，制成了浑仪，对我国天文学作出了可贵的贡献。

另外，王蕃还进行了数学研究，得出圆周率为 $\pi = 3,15$ ，这和刘徽的“徽率”（ $\pi = 3.1416$ ），南朝祖冲之的“祖率”（ π 在3.1415926与3.1415927之间）很相近。这在当时的条件下，也算是一项重要的数学成就。

刘洪与《乾象历》

又百二十一年，刘洪造《乾象历》，始悟月行有迟速。《元史·郭守敬传》

※ ※ ※

刘洪（约公元41—206年），东汉天文学家，泰山蒙阴人，后汉桓帝延熹中应太史征召到洛阳，参与天文工作（参见《后汉

书·律历志》)，灵帝光和中（公元178—183年）刘洪任职洛阳谷城门候献出他精心编制的乾象历，但是，灵帝末年黄河流域各地区农民起义，专制政权动荡不安，乾象历没有被采用颁行。三国吴中书令阚泽“受乾象法于东莱徐岳，又加解注”，黄武二年（公元223年）颁行乾象历，至于吴亡（公元280年）。

刘洪在乾象历中，首次利用月亮视运动的不均匀性于交食的推算。他第一次明确给出一近点月长度的数据为27.5533590日，与今推值27.5545689日相差约百秒，他由实测得到月亮在一近点月内每天的实行度数，因而造表，列出每天实行度数不及或超过平均速度的改正项，具体某一时日的改正项则以一次内插法求得，由此可以在依平均速度推算月亮位置的基础上，加上改正项，而得到较准确的月亮位置。这样也就提高了推算日月食发生时刻的准确度。刘洪把月亮在一近点月内运动的状况分为四个不同的阶段，每个段约七日，大体正确地反映了月亮运动速度变化的真切情况，奠定了后世月离表的基础。不仅如此，刘洪还发现了白道同黄道之间有一个六度左右的夹角，这同现在测得的结果也很相近。他还首次指出了黄白交点退行的现象，实际上已经给出了一个交点月的长度值。刘洪还提出了食限的概念，对为何不是每次朔望都发生交食的问题提供了解答。他指出在合朔时，月亮离黄白交点不超过十五度半才发生日食，后代各历都通用此数作为是否发生日食的判断数据，它同现代的数据也大体相近，刘洪所给出的交食周期也较前精确，他还首次指出了先前历法所定的回归年长度偏大，使用了较前准确的回归年为365.2462日，朔望月被缩短到29.53054日，对后世产生了积极的影响。

何承天的历法思想

何承天，东海郟人也。从祖伦，普右卫将军。承天五岁失父，母徐氏，广之姊也，聪明博学，故承天幼渐训义，儒史百

家，莫不该览。《宋书·何承天传》



何承天（公元370—447年），是南北朝时期杰出的数学家和天文学家，他自幼遍览儒史百家，学问广博，先后研究过漏刻，浑仪，进行过天文观测（四十年）。西晋科学家杜预说：“《易》所谓治历明时，言当顺天以求合，非为合以验天也”，意思是说，制订历法必须按照天体运动的规律进行，使历法符合天体运动实际情况，而不能反过来使天体运动符合历法。何承天非常赞同这种“准物”的看法。

对历法的研究和制定，何承天是勤恳的而且进行过不少改革。何承天是晋秘书监徐广的外甥，徐广在东晋朝曾积累了从永和年间到太元末年四十多年的日、月、五星观测记录，在此基础上，何承天编制了中国历法史上很有影响的元嘉历。这部历法的首要成就是提出了废除平朔而用定朔的思想。据《宋书·何承天传》记载，元嘉20年（公元443年），何承天上表曰：“月有迟疾，合朔，月食不在朔望，亦非历意也。故元嘉皆以盈缩定其小余，以正朔望之日”，这条意见遭到太史令钱乐之兼丞严粲等人的反对，“每月朔、望及弦皆定大、小余，于推交会（日月食）时刻虽审，皆用盈缩则月有频三大，频二小，比旧法殊为异”，尽管这项改革由于顽固守旧派的反对而没有实行，但它毕竟迸发出了照亮历法改革的思想火花。几个世纪之后，《元史·郭守敬传》里还说：“何承天造《元嘉历》，始悟以朔望及弦皆定大小余”。可见其影响是深远的。何承天依据冬至前后日影的观测记录，断定景初历所推的冬至后天三日，予以改正，他以正月甲子夜半合朔雨水为上元，而以前各家历法都以十一月朔夜半为历元，按何承天的计算法，上元庚辰到元嘉220癸末五千七百三年。但是推算五星行度不用这个上元而分别用五个“后元”，这对五星推步是个重大的进步。此外，对日法的调整，何承天也有重要的成就，

他通过自创的调整日法朔余的数学方法，使计算结果与实测数据非常近似。

当然，何承天的历法思想也表现出明显的保守性。在历法的计算方面也有不少误差，如他认为岁差是一百年退一度，年数就过多。在闰周的研究方面，赵馥玄始历(公元412年)创立六百年二百二十一闰的闰周，六百年是31个十九年再加十一年，二百二十一闰是31个闰再加四闰，这项改订闰周的思想在天文学史上具有重要意义，但是，何承天造元嘉历时仍用十九年七闰的闰周，他说：“十九年七闰数微多差，复改法易章则用算滋繁，宜当随时迁革以取其合”，何承天以七十余岁的高龄造元嘉历，未能学习赵馥改革闰周，思想上是保守的。

曹士芳与符天历

唐建中时，术者曹士芳始变古法，以显庆五年以上元，雨水为岁首，号符天历。《新五代史·司天考》

※ ※ ※

曹士芳生平事迹不详，他在公元780—783年间制定了“行于民间”的符天历。符天历大胆革新，以雨水为岁首，不用上元积年，以一万为日法，这三项变革虽不是当时历法发展中的主流但对于后世历法工作者有一定的启发作用。

“雨水为岁首”创始于刘宋何承天的元嘉历，汉太初元年以后历法，以建寅之月为正月，但推算历日都要从前一年的冬至气算起。为什么不从本年正月的中气雨水算起呢？何承天、曹士芳都以雨水为岁首，他们的主张是十分明朗的，但从春秋以来，天文工作者以测量日中晷影来确定冬至时刻，从而推算冬至以后各气的时刻，在天文学家不能准确地测量太阳的黄道经度以前，不

注：本题参见《钱宝琮科学史论文选集》

论用平气或定气，雨水气的准确时刻是很难直接测定的，以雨水为气首是有它的缺点的。

上元积年的数字计算工作十分繁重，对于历法实在是利少弊多，景初历的“迟疾差”，“交会差”，元嘉历的五星“后元”都是为改良上元积年而提出来的，傅仁均戊寅元历，效法汉太初历，用武德元年戊寅岁十一月甲子朔旦冬至为历元，不再推算上积年，戊寅元历颁行后八年，经崔善为等的修改，复用上元积年，推定“上元戊寅至武德九年丙戌积十六万四千三百四十八算”，曹士蒯以显庆五年正月雨水为历元，日、月运行的迟疾、交会和五星的周期当然要有所加减，不用积年是实事求是的简易方法，可惜一般历法工作者没有重视它。

中宗神龙六年（公元705年）太史丞南宫说制己巳元历，景龙中历成，没有被颁行。据《旧唐书·历志》所录，乙巳元数据的奇零部分都以100为分母，“日”下为“余”，“余”下为“奇”，奇下如果还有零数，则称为“小分”，一律从百进。这样用百进小数来记整数下的奇零部分，可以一望而知它们的精密程度，当然比普通分数简便。曹士蒯的符天历，又称万分历，用10000为数据奇零部分的共同分母，晚唐五代时期的劳动人民接受了曹士蒯的万分术，但各时期的司天监官员还蔑视民间“小历”，没有敢采用他的小数方法，到元朝郭守敬等编制授时历（公元1280年）才断然用小数表示整数下面的奇零部分。

沈括的天文历法成就

括始置浑仪、景表、五壶浮漏，招卫朴造新历，募天下上太史占书，杂用士人，分方技科为五，后皆施用。《宋史·沈括传》。

※ ※ ※

沈括（公元1031—1095年），字存中，钱塘，（今浙江杭州

人，是我国古代以博学著称的科学家。

在天文历法方面，沈括注重观测的思想贯穿于他的天文研究活动中，他主持司天监工作期间，力主在实测日、月、五星行度的基础上改进历法。他亲自推荐和积极支持精于历术的淮南人卫朴进行改历工作，于1074年修成了奉元历，沈括对五星运行的轨迹和陨石坠落时的情景，均作过生动的描述，这是他进行了认真仔细观察的结果。为测验极星与天北极的真实距离，他亲自设计能使极星保持在视力之内的窥管，并用它连续进行了三个月的观测，每夜观测三次，“凡为二百余图”，进而得到当时极星“离天极三度有余”的结论。沈括对晷漏进行了长达十余年的观测和研究，得到了超越前人的见解，如他第一次从理论上推导出冬至日昼夜一天的长度，“百刻而有余”，夏至日昼夜一天的长度“不及百刻”的重要结果。沈括坚持了“月本无光日耀之乃光耳”的科学认识，并用实验的方法“一弹丸以涂粉其半，侧视之则粉处如钩；对视之，则正圆。”形象地演示了月亮盈亏的现象。

针对阴阳合历在历日安排上的缺欠，沈括大胆地提出了新建议，他主张使用与农业生产关系密切的十二气历，即以“十二气为一年，以立春为一年之始，大尽三十一日，小尽三十日，一大一小相间，纵有大小相并，一岁不过一次”，这样可以做到“岁岁齐尽，永无闰余”，而把传统的月相交化的内容仅作为历注书日月。沈括的这一建议既简单又科学，比起现行的公历——格列高利历还要合理。沈括的建议在当时未被采纳，其后八百余年，英国气象局确使用过与十二气历十分相似的肖伯纳历，用于农业气候的统计。

郭守敬的天文历法成就

至元四年，西域札马鲁乙撰进万年历，世祖稍颁行之。十三

年，平宋，遂诏前中书左丞许衡，太子赞善王恂、都水少监郭守敬改治新历。衡等以为金虽改历，止以宋纪元历微加增益，实未尝测验于天，乃与南北日官陈鼎臣、邓元麟、毛鹏翼、刘巨渊、王素、岳铉、高敬等参考累代历法，复测候日月星辰消息运行之变，参别同异，酌取中数，以为历本。十七年冬至、历成，诏赐名曰授时历。《元史·历志》



郭守敬（公元1231—1316年），字若思，河北邢台人，是个博学多才的科学家，元统一中国后，忽必烈任命张文谦为改历的负责人，由王恂负责组织天文机构，进行历法计算，而郭守敬则负责仪器制造和进行天文观测，经王恂、郭守敬等人的集体努力，1280年，新历告成，被定名为授时历，并于次年正式行。

授时历颁行不久，王恂即病逝，其时，有关新历的许多计算程序、数据等都还是一堆草稿，继王恂任太史令的郭守敬挑起了定稿工作的全部担子，经2年的努力，出色地完成了任务。

郭守敬是一位著名的天文仪器制造家，他设计制造了圭表、简仪、仰仪、七宝炉漏、星晷定时仪、水运浑象、日月食仪、玲珑仪等十余种天文仪器，其中有不少创新。如仰仪利用了小孔成像原理，在一座仰放着的中空半球面仪器内用十字杆架着一块有小孔的板，孔的位置正在半球面的中心，太阳光经过小孔，在半球面上形成太阳的倒像，从球面上刻的座标网立刻可以读出太阳的位置和当地当时的真太阳时，而当日食时还可观测日食的时分、各食象发生的时刻及日食时太阳所在的位置，对月亮和月食也能进行类似的观测。郭守敬的杰出创造，把我国古代天文仪器制造推到了一个新的高峰。

在天文观象方面，郭守敬组织进行了一次空前规模的测地工作，在北京、太原、成都、雷州等27处设立观测所，测量当地纬

度，由南海到北海，从西沙群岛至北极圈附近，每隔10度设一观测台，测量夏至日影的长度和昼夜长短，观测台数比唐代多一倍，得到了丰富的成果。对于一系列天文常数也都进行了测量，如（一）1280年冬至时刻的测定；（二）测定每年冬至太阳位置；（三）测定当年冬至月离近地点距离；（四）测定二十八宿距星度数等，都取得了重要的结果。

仪器的制造和天文观测的进行，为历法的制定创造了条件，郭守敬等在研究前代历法的基础上，吸取了各历的精华，运用宋代以来数学发展的新成就，加上自己的创新，编制了我国古代最优秀的历法——授时历，把古代历法体系推向高峰。授时历采用的天文常数值都是比较精确的。其对日、月五星运动的研究也达到了新的水平。如它继承了南宋杨忠辅统天历（公元1199年）的成果，定回归年的长度为365.2425日，这与格里历所用值是一样的，授时历还接受了统天历关于回归年长度古大今小的正确的变化概念，并给出了比统天历为优的变化值，授时历在日月五星运动的推算中有所谓创法五事：一、太阳运动方面，将太阳的周年运动用定气分段，使用招差术来推求每日任何时刻的太阳位置和运动；二、月亮运动方面，将一个近点月分成3367段，用招差术来推求每日任何时刻的月亮位置和运动；三、在黄道度数和赤道度数的互相换算中使用了弧矢割圆术的方法；四、计算太阳的去极度和黄道上各点离赤道的距离和赤道上各点离黄道的距离等；五、计算白道和赤道的交点离春分点或秋分点的距离，以及使白道坐标和黄道坐标直接相联系起来，从而提高计算月亮运动的准确性。

盖 天 说

天象盖笠，地法覆盘。天地各中高外下。北极之下，为天地之中，其地最高，而滂沲四隤，三光隐映，以为昼夜。《晋书·



盖天说是我国古代产生最早、影响最深的宇宙结构学说，约有三个支派，祖暅在《天文录》中说：“盖天之说，又有三体：一云天如车盖，游乎八极之中；一云天形如笠，中央高而四边下；一云天如欹车盖，南高北下”，“天如车盖”和“天如欹车盖”实际上是一回事，它们同属于第一次盖天说。第一次盖天说即天圆地方说，它是主张“天圆如张盖，地方如棋局”的，《周髀算经》说过，平直的大地是每边八十一万里的正方形，天顶的高度是八万里，向四周下垂，大地是静止不动的，而日月星辰则在天穹上随天旋转，穹庐般的天穹有一个“极”，这极是半球形天穹的顶点。在我国黄河流域一带，北极高出地面三十六度。因此，古人以为半球形的天盖子是倾斜三十六度盖着地面的，所谓“天如欹车盖，南高北下”就是这个意思。可见，古人开始从原始的质朴的直观性出发，力图概括天体视运动的现象，提出一个宇宙模型，尽管里面掺入了许多主观臆测的成分，但是作为第一次建立宇宙模型的尝试确实是难能可贵的，它开了在这个领域里探索真理的先河。

第一次盖天说的设计在总体上是粗糙的，而且缺乏一定的科学性，时间不长就垮台了，代之而起的是第二次盖天说。第二次盖天说是在第一次盖天说的基础上修改而成，两次盖天说的区别在于，第二次盖天说不以地为平整的方形，而是一个拱形“天象盖笠，地法覆盘”就是这次盖天说的思想体现。这次盖天说提出天穹有如一个斗笠，大地象一个倒扣着的盘子。北极是天的最高点，四面下垂，天穹上有日月星辰交替出没，在大地上产生昼夜，还给天和地规定了数值，据《周髀》载，“极下者，其地高人所居六万里，滂沲四隕而下，天之中央亦高四旁六万里”，“天离地八万里”，可见天穹的曲率和拱形大地的曲率是一样

的，拱形大地的设想，虽然仍不符合实际，却反映了科学的进步。尽管如此，第二次盖天说还是不能解释天体的运行。对于日月星辰的东升西落，第二次盖天说是这样回答的，太阳在天穹这个曲面内运行，并不是东升西落，而只是迥环不息地运转。阳光所能照到的距离，按照盖天说的观点是十万六千里，太阳转到这距离以外，我们就看不见了，这就是黑夜。这个理论能够描述天体的某些视运动，有些数据是经过实测的，因此，它反映了古人对于宇宙的认识过程中从观测经验上升为理论这样一条正确的认识路线。但是，第二次盖天说也有其局限性。首先，盖天说用了一条错误的假设：“凡日景于地，千里而差一寸”（《周礼·郑玄注》）。这个数据不是根据实测，而是先验地给出的，因此，在大地测量中将会导致很大的谬误。在我国历史上，一直到唐代，在著名科学家一行主持下，由南宫说等人实测了子午线的长短，才从根本上推翻了这个先验的人为规定的数字；其次，就宇宙论而言，盖天说没有说清楚，大地这个“复盘”是扣在什么地方上，天这个盖笠又如何能高悬于地面八万里高的上空。因此它是一个不完全的宇宙图式。

浑 天 说

言天体者有三家：一曰周髀，二曰宣夜，三曰浑天。宣夜之学绝无师法。周髀术数具存，考验天状，多所违失，故史官不用。唯浑天者近得其情，今史官所用候台铜仪，则其法也。立八尺圆体之度而具天地之象，以正黄道，以察发敛，以行日月，以步五纬。精微深妙，万世不易之道也。《后汉书·天文志》

※ ※ ※

浑天说是我国古代著名的宇宙结构学说之一。东汉张衡在《浑天仪注》中对浑天说作了详细描述：“浑天如鸡子。天体圆如弹丸，地如鸡中黄，孤居于内，天大而地小。天表里有水。天之

仓地，犹壳之裹黄。天地各乖气而立，载水而浮。周天三百六十五度又四分之一，又中分之，则一百八十二度八分度之五复地上，一百八十二度八分度之五绕地下。故二十八宿，半见半隐。其两端谓之南北极。北极乃天之中也，在正北出地上三十六度。然则北极上规，径七十二度，常见不隐。南极天之中也，在正南入地三十六度。南极下规七十二度，常伏不见。两极相去一百八十二度半强。天转如毂之运也，周旋无端，其形浑浑，故曰浑天也。”根据这段描述，浑天说的宇宙模型应该是这样的：一个中空的圆形天球，其中一半贮了水，圆形的地球就浮在水上。天和地的关系犹如鸡蛋壳和鸡蛋黄。整个天球内壳，分为三百六十五度又四分之一。它有北极和南极两个极，北极在地平线上三十六度，南极则在水下。因此整个天球对于地球来说，是倾斜的。天球绕着北极和南极这根轴线如车轱辘般转，一半常在水上，一半常在水下，因此嵌在天球内壳的二十八宿，也就半见半隐。至于日月五星，也是在天球内壳中绕地球运转的。

张衡对浑天说的描述影响很大，后来的天文学家多有阐述，《晋书·天文志》记载着三国时“浑天家”王蕃说过的话：“《周礼》：‘日至之景，只有五寸、谓之地中。’郑众说：‘土圭之长，尺有五寸，以夏至之日，立八尺之表，其景与土圭等，谓之地中，今颍川阳城地也。’郑玄云：‘凡日景于地，千里而差一寸。尺有五寸者，南戴日下万五千里地也。’以此推之，日当去其下地八万里矣。日邪射阳城，则天径之半也。天体圆如弹丸，地处天之半，而阳城为中，则日春夏秋冬夏昏明昼夜去阳城皆等，无盈缩矣。故知日邪射阳城为天径之半也。”据这段话，王蕃认为大地应为圆形平面，而阳城居天顶下，即地之中央。这里有个问题须要弄明白，“地”是球形呢还是平面！王蕃之后，祖暅也持有“地是平面”的观点。据《隋书·天文志》记载，南北朝的“浑天家”祖暅说：“令表高八尺，与冬至影长一丈三尺各自乘，并而开方除之为法，天高乘表高为实，实如法，得四万二

里有奇，即冬至日高也。以天高乘冬至影长为实，实如法，得六万九千三百二十里有奇，即冬至南戴日下去地中数也。令表高及春秋分影长五尺三寸九分各自乘，并而开方除之为法，因冬至日高实而以法除之，得六万七千五百二里有奇，即春秋分日高也。以天高乘春秋分影长为实，实如法而一，得四万五千四百七十九里有奇，即春秋分戴日下去地中数也。南戴日下去地中数也。南戴日下，‘所谓’丹穴，也。推北极里法：夜于地中表南，傅地遥望北辰组星之末，令与表端参合，以人目去表数及表高各自乘，并而开方除之为法，天高乘表高数为实，实如法而一，即北辰组星高地数也。”从这段计算来看，表明祖暅是持“天圆地平”观点的。与此不同，何承天认为“地是球形的”，《隋书·天文志》记载何氏说过的一段话：“详寻前说，因观浑仪，研求其意，有悟天形正圆，而水居其半；地中高外，水周其下。言四方者：东曰旸谷，日之所出。西曰蒙汜，卑之所入。《庄子》又云：‘北溟有鱼，化而为鸟，将徙于南溟，斯亦古之遗记，四方皆水证也。四方皆水，谓之四海，凡五行相生，水生于金。是故百川发源，皆自山出，由高趋下，归泛于海。日为阳精，光耀炎炽，一夜入水，所经焦竭，百川归注，是以相补。故旱不为减，浸不为益”。其中：“天形正圆，而水居其半，地中高外卑，水周其下”说明圆形的天球，一半贮了水而球形的大地，半浮于水面。这个描述与《浑天仪注》里的宇宙图式完全一致。实际上，浑天说是主张地是球形的，甚至说人用：“泥丸”来比喻天地。如明代黄润玉在《海涵万象录》中说：“予幼时戏将猪尿盛半胞水，置一大干泥丸于内，用气吹满胞毕。见水在胞底，泥丸在中，其气运动如云。是那天地之形状也”。

球形的大地认识，是人类对宇宙的认识的一个重大成就，在人类认识自然界的历史上具有极其重要的意义。后来浑天说成了指导观测天体视运动、测量天体方位、制订历法的宇宙论基础，成了我国古代正统的天文学体系，并且通过唐代僧一行实地测量

子午线的长度而得到了科学上的认识。

宣 夜 说

宣夜之书云；惟汉秘郎鄧萌，记先师相传云，天了无质，仰而瞻之，高远无极，眼瞽精绝，故苍苍然也。譬之旁望远道之黄山而皆青，府察千仞之深谷而窈黑。夫青非真色，而黑非有体也。日月众星，自然浮生虚空之中，其行其止，皆须气焉。是以七曜或逝或住，或顺或逆，伏见无常，进退不同，由乎无所根系，故各异也。故辰极常居其所，而北斗不与众星同没也：摄提填星皆东行；日行一度，月行十三度；迟疾任情，其无所系著可知矣，若缀附天体，不得尔也。《晋·天文志》



宣夜说的产生可以上溯到殷代，清代天文学家邹伯奇（公元1817—1867年）说：“宣夜午夜，斯为谈天家之宣夜乎！”，宣夜说从来不去先验地设想，天的高低，地的大小，而是强调实测强调经验。这是它与其它二说的不同之处。

关于宣夜说的内容可以概括为两点，1、宣夜说是历史上第一次否认了有形质的天，这在人类认识宇宙的历史上，是一个划时代的思想，2、宣夜说的自然观的基础是元气学说，《晋书·天文志》载：“日月众星，自然浮生虚实之中，其行其止，皆需气浑。”三国时的哲学家杨泉说：“夫天，元气也，皓然而已，无他物焉”。又说：“夫地有形而天无体。譬如灰焉，烟在上，灰在下也。”这些论断在当时来说是非常深刻的。

同盖天说和浑天说一样，宣夜说也有局限性。“杞人忧天”这个成语，中国人并不陌生，这个故事出自《列子·天瑞

篇》，因为宣夜说讲日月星辰飘浮于气体中，但是日月星辰为什么能飘浮于气体中，宣夜说没有讲，所以宣夜说出现后，有人听说日月星辰是在天空飘浮的，就害怕它们掉下来。对此，东晋天文学家虞喜向类似杞人的思想作出过解释，《晋书·天文志》载“天高穷于无穷，地深测于不测。天确乎在上，有常安之形；地魄焉在下，有居静之体。当相覆冒，方则俱方，员则俱员，无方员不同之义也。其光曜布列，各自运行，忧江海之有潮汐，万品之有行藏也。”实际上这段解释也没有把宣夜说提出的问题说清楚。

关于宣夜说的历史作用，郑文光认为：“从观测天文学的角度看，宣夜说却不如浑天说的价值大。浑天说能够十分近似地说明太阳和月亮的运行，宣夜说却只说它们‘或逝或住，或顺或逆，伏见无常，进退不同’而没有探讨其运行的规律性。修订历法的时候，浑天说有很重要的实用意义，而宣夜说却仅仅具有理论意义，这是为什么宣夜说在历史上不如浑天说影响之大的主要原因。”

地 理 学

“土壤”溯源

是以太山不让土壤，故能成其大；河海不择细流，故能就其深。《史记·李斯列传》

※ ※ ※

“土”字出现得很早，在甲骨文、金文中已有“土”字写法。金文中，“土”字的写法有13形，从土的字有22个。甲骨文中“土”字写法有27形，从土字的有12个。东汉许慎《说文解字》里指出“土”字有所包含的意思是：1、“地之吐生万物者也”。这是从植物生长来认识土壤的，指明了土壤与植物之间的自然环境关系。2、再从“土”字的字形结构来看，土字上面的两“二象地之下，地之中”。就是说，土壤是具有层次的，上一横代表土，下一横代表底土，两横中间代表土壤中部。3、“土”字的一竖“1物出形也”。这一竖表示植物从土中生长出来，直立向上的形态。

随着人们对土壤认识的深入，又出现了“壤”的观念。《尚书·禹贡》载：“厥土惟白壤”，“厥土惟壤”等，这表明壤只不过是土的一种而已。郑玄《周礼郑注》解释说：“壤亦土也，变言耳。以万物自生焉则言土，土犹吐也。以人所耕而树艺焉，则言土壤。壤、和缓之貌。”这表明，土与壤是有区别的，其区别是：“万物自生”的土，乃是自然土壤；而“人所耕而树艺”的土则是壤，即耕种土壤，或称农业土壤。这个区别很重要，反映了人们对土壤的认识进入了一个新阶段。

由于我国古代早就有“土”和“壤”的名称，所以人们也很

容易把“土”和“壤”这两个字结合起来，成为“土壤”一词。古代文献中最早使用“土”一词的，就目前所知，是西汉时（公元前二世纪）司马迁的《史记》。《史记·孔子世家》写道：“在今孔丘得据土壤，贤弟子为佐，非楚之福也”这里的“土壤”代表封地，指孔子受封的地方和土地。《史记·李斯列传》中所说的“土壤”指的是泥土。一百多年后，班固在《汉书·沟洫志》奏中也用了“土壤”一词。说：“成帝初，清河都尉冯遂奏言：‘郡承河下流，与兖州东郡分水为界，城郭所居尤卑下，土壤轻脆易份’”。其中“土壤”也是指泥土。南北朝的刘敬叔，在《异苑》卷二中说：“义熙中，新亩黄舒耕田得一缸金，卜者云：三年勿用，长守富也。舒不能从，遂成土壤。元代李兰盼等撰的《大元一统志》卷一，在讲述怀孟路时，说“土壤腴润”。可见，“土壤”一词自西汉以后，历代都在使用，其意义是指各种土壤的总称。这个词不仅从古代用到现代，而且意思也跟现代的“土壤”一词接近。在现代科学术语中，“土壤”是由岩石经风化破碎，成为粉末，再杂以生物腐殖质，堆积于地面上的混合物体。

伏天的历史

德公元年，初居雍城大郑宫。……二年，初伏以狗御蛊。德公生三十三岁而立，立二年卒。《史记·秦本纪》

※ ※ ※

据《史记》载，秦德公二年（公元前676年），夏季酷热，用杀狗来禳解热毒，以免谷库所储的谷物因受热而出现大量的飞虫，并避免人们因天气过热而得病，就把要解毒热的日子，称为“伏日”在东汉和帝永元6年（公元94年），曾下令“在伏

注：本题参见《中国古代地理学史》

天终日不要出门干事”，所以“伏”字又有“潜伏避盛暑而不出”的意思。

秦德公在订“伏日”时是否已同时规定了“三伏”呢？虽然唐张守节《史记·秦本纪正义》认为“六月三伏之节，起秦德公为之”。但根据尚不足，因为在秦德公以后约700年间，文献上还看不到提到“三伏”的，只有东汉崔寔《四民月令》中，曾说：

“初伏荐麦瓜于祖祢（音尼）”说明那时既有“初伏”，很可能已有“三伏”的称呼了。具体何时始有“三伏”，还难以订出。

究竟“三伏”在夏季的那些日子呢？据《渊鉴类函》引唐吕才《阴阳书》说：“从夏至后第三庚为初伏，第四庚为中伏，立秋后初庚为后伏，谓之三伏。”为什么伏天都要选在“庚”日呢？这与秦汉时代盛行“五行生克”的说法有关。当时人们认为最热时期在夏季，夏季属火，庚属金，金最怕火将它烧融，所以一到“庚”日金必伏藏，于是火就能大肆热毒，使天气变得特别热了。那天既然金为伏藏，所以也称为“伏”日。这种看法已与秦德公杀狗而称“伏日”的看法，有所不同，但也是形而上学的迷信观点。只是这种以庚日为伏日的规定，却使我们能大体肯定气候上伏天的日期，这还是有处用的。按照这种规定，我们可以计算出伏天可能出现的日子大体在阳历7月11日到8月17日之间，这正好与《管子·幼官》三十节气中“大暑至”，“中暑”，“大暑终”三个节气所包含的日子相一致。“中暑”最热，这又与“热在中伏”的说法相符。

东汉时，人们已知伏天的日子，不应规定为全国一律，在《风俗通义》中指出，按照户律在汉中、巴蜀、广汉等地，由于气候温暑，草木早生晚落，与关中及中原的气候不同，允许那里可以按照当地的气候条件，另选伏天，这种规定是合理的。

广州通天海夷道

广州东南海行，二百里至屯门山（在广东省东莞县以南），

乃帆风西行，二日至九州石（在海南岛的东北角），又南二日至象石（即独珠山）。《新唐书·地理志》

※ ※ ※

唐朝在我国海上交通发展史上，占有很重要的地位。这时我国远洋航行的海舶，以船身大，容积广，构造坚固，抵抗风涛之力强，以及我国船员航海技术的纯熟，著闻于太平洋和印度洋。大的海舶，长达20丈，可载600—700人。由于唐朝的海舶坚固和完善，所以唐末以后，阿拉伯商人来中国都乘中国船。《新唐书·地理志》后面附载唐代地理学家贾耽所述的“广州通海夷道”，详细述及从中国到波斯湾之航程，概括地反映了由于海上交通的发展带来的地理认识，这段记载受到中外研究中西交通史学者的重视。原文如下：

“广州东南海行，二百里至屯门山，乃帆风西行，二日至九州石，又南二日至象石。又西南三日行，至占不劳山（即越南东海岸外的占婆岛），山在环王国（即古代的林邑或占城）东二百里海中。又南二日行至陵山（即越归仁以北的燕子岬）。又一日行，至门毒国（即越南芽庄）。又一日行，至古笪国（即越南庆和）。又半日行，至奔陀浪洲（即越南藩朗）。又两日行，到军突弄山（即昆仑岛）。又五日行至海峡（即新加坡海峡、菲利普海峡和马六甲海峡），‘藩’人谓之质，南北百里，北岸则罗越国（即马来半岛的南部），南岸则佛逝国（即室利佛逝国，指苏门答腊的东南部）。佛逝国东水行四五日，至河陵国（即爪哇），南中洲之最大者。又西出峡，三日至葛葛僧祈国（在不罗华尔群岛中），在佛逝西北隅之别岛，国人多钞暴，乘舶者畏惮之。其北岸则箇罗国（在克拉地峡）。箇罗西则哥谷罗国（克拉地峡的西海岸）。又从葛葛僧祈四五日行，至胜邓州（似在苏门答腊的日里附近），又四五日行，至婆露国（即婆鲁师洲，苏门答腊西海岸的巴罗斯）。与六日行，至婆国伽兰洲（即尼科巴群岛）。又北

四日行，至师子国（即斯里兰卡），其北海岸距南天竺大岸百里。又西四日行经没来国（在奎隆），南天竺下最南境。又西北十余小国，至婆罗门西境。又西北二日行，至拔胝国（似在布罗奇）。又十日行，经天竺西境小国五，至提胝国（在第乌），其国有弥兰太河，一曰新头河（即印度河），自北渤昆围来，西流至提胝西北，入于海，又自提胝国西二十日行，经小国二十余，至提罗分和国（在波斯湾头奥波拉以东近阿巴丹处），一曰罗和异国。国人于海中立华表，夜则置炬其上，使舶人夜行不迷。又西一日行，至乌剌国（即奥波拉），乃大食国之弗利刺河（即幼发拉底河），南入于海。小舟溯流二日，至末罗国（即巴士拉），大食重镇也。又西北陆行千里，至茂门王所都缚达城（即巴格达）。自婆罗门南境从没来国至乌剌国，皆缘缘岸东行，其西岸之西皆大食国”。

造林的记载

为驰道于天下，东穷燕齐，南极吴楚，江湖之上，濒海之欢毕至。道广五十步，三丈而树，厚筑其外，隐以金椎，树以青松。《汉书·贾山传》

※ ※ ※

造林（包括护路林、城市造林、经济林等）在我国历史悠久，古人很早就认识了造林与美化环境和经济发展的关系，从司马迁的《史记》开始，各朝正史几乎对此都有较详细的记述。

我国古代最早记载护路林的文献是《汉书·贾山传》。《晋书·符坚载记》说：“王猛整齐风俗……自长安至于诸洲，皆夹路树杨槐柳……百姓歌之曰：‘长安大街，夹树杨槐’”。《周书·韦孝宽传》记载：南北朝北朝时，韦孝宽“为雍州刺史，先是路倒一里，置一土堠，经雨颓毁，每须修之。自孝宽临州，乃勒部内，当堠处植槐树代之，既免修复，行旅又得庇荫。周文后

见，怪问知之，曰：岂得一州独尔，当今天下同之于是令诸州夹道一里种一树，十里种三树、百里五树焉”。《隋书·食货志》曰：“炀帝即位…自板渚引河达于淮海，谓之御河”，《宋史·李璋传》载：“发卒城州西关，调夫修路数十里，夹道植柳，人指为李公柳”。

有关城市造林的记载，见于史载的以《三国志》为早。《三中志·魏志·王昶传》说，三国时，王昶“为洛阳典农，时都畿树木成林”。《旧唐书·玄宗本纪》记载：开元28年（公元740年）“春正月，两京路及城中苑内种果树”。代宗永泰2年（公元766年），“种城内六街树”。《旧唐书·范希朝传》曰：范希朝当振武（今内蒙古和林格尔西北）节度使时，“单于城市旧少树，希朝于他处市柳子，命军人种之，俄遂成林，居人赖之”。《新唐书·吴凑传》道，吴凑当京兆尹时，先是街樾（树荫）稀残，有司蒔榆其空。凑曰，榆非人所荫玩，悉易以槐”。

在植经济林方面，司马迁的《史记·货殖列传》载：“山居千章之材。安邑千树枣；燕、秦千树栗；蜀、汉、江陵千树桔。”这是古代营造经济林致富的最早记录。《汉书·循吏传》载：龚遂为渤海太守时，“劝民务农桑，令口种一树榆”。《三国志·魏志·郑浑传》云，曹魏时，郑浑为魏郡太守，“以郡下百姓苦乏材木，乃课树榆为篱，并益树五果；榆树成藩，五果丰实”。南北朝时，《南史·刘善明传》说：“文秀既降，除善明海陵太守，郡境边海无树木。善明课人种榆与费杂果、遂获其利”。《宋史·河渠志》是古代记载植经济林最具体、最丰富的历史文献。宋代开宝5年（公元972年）正月，太祖诏曰：“应缘黄、汴、清、御等河州县，除准旧制种艺桑枣外，委长吏课民别树榆柳及土地所宜之木。仍案户籍高下，定为五等：第一等树五十本，第二等以下递减十本。民欲广树艺者听，其孤、寡、惇、独者免”。神宗熙宁五年（公元1072年），东头供奉官赵忠政言：“界河以南至沧州凡二百里，夏秋可徒涉，遭冬则冰合，无异平地。请自沧州东接海，西抵西山，植榆、柳、桑、枣，数年之间，可限契

丹”。神宗熙宁7年（公元1074年），河北沿边安抚司请付边郡屯田司。又言于沿边军城植柳蒔麻，以备边用，可见植经济林不仅对经济发展有重要价值，而且对于巩固边疆，保卫边疆也有积极的作用。

我国古代对黄河汛期的认识

且水势各异，不博议利害而任一人，如使不及冬成，来春桃花水盛，必羨溢，有填淤反壤之害。《汉书·沟洫志》

※ ※ ※

随着物候知识的积累和观察汛情的深入，在汉代已把物候作为河流汛情随时间变化的参照物，并予以命名，当时所谓“桃花水”（汉书·沟洫志）就是其中一例。随着这种知识的积累和发展，宋朝已作出了系统的划分。

据《宋史·河渠志》记载，这种划分是：说者以黄河随时涨落，故举物候为水势之名，自立春之后，东风解冻，河边人候水，初至凡一寸，则夏秋当至一故尺，颇为信验，故谓之“信水”。二月、三月桃花芜，冰泮雨积，川流猥集，波澜盛长，谓之“桃花水”。春末芜菁花开，谓之“菜花水”。四月末垄麦结秀，擢芒变色，谓之“麦黄水”。五月瓜实延蔓，谓之“瓜蔓水”。朔野之地（指黄河上源地区），深山穷谷，固阴沍寒，冰坚晚泮，逮乎盛夏，消释方尽，而沃荡山石水带矾礞并流于河，故六月中旬后，谓之“矾山水”。七月菽豆方秀，谓之“豆华水”。八月莢适华，谓之“荻苗水”。九月以重阳纪节，谓之“登高水”。它既反映了黄河年中涨落的一般规律，又注意到例外的洪水爆发的可能性，即指出了影响较大的凌汛和伏汛，又指出了复槽安流的时间。它与这个时期洪水预报的进展一起，成为我国古代汛学相对成熟的一种重要标志。它在我国黄河中下游地区的水利实践中长期被采用，直到清朝，还起着积极的指导作用。

大九州说

尧遭洪水，褒山襄陵，天下分绝，为十二州，使禹治之。水土既平，更制九州，列五服，任土作贡。《汉书·地理志》

※ ※ ※

我国古代对海陆大势有名的理论是战国邹衍（公元前305年—240年）的“大九州说”。《史记·孟子荀卿列传》对此有介绍。“儒者所谓中国名，于天下乃八十一分居其一分耳。中国名曰赤县神州。赤县神 州内自有九州，禹之序九州是也，不得为州数。中国外，如赤县神州者九，乃所谓九州也。于是有裊海环之，人民禽兽莫能相通者，如一区中者，乃为一州。如此者九，乃有‘大瀛海’环其外，天地之际焉”。这段话的意思是说，方形的大地上有九个“州”，中国是其中之一，叫“赤县神州”，每个州四周环绕着一个“裊海”，而九州之外，还有一个“大瀛海”包围着，一直与下垂的天的四周相连接。邹衍是中国古代阴阳五行学派的代表。侯外庐在《中国思想通史》第1卷说这一学派“成为形而上学的易学及荒唐无稽的讖纬的先河，他的方法是从经验开始，而转向扩充式的的主观的类推逻辑”。司马迁在介绍大九州说时也评述说：“其语闳大不经，必先验小物，推而大之，至于无垠”。大九州说很长时期人多疑其荒唐诞夸。但邹衍是齐国人。齐国三面临海，早已是我国古代主要航海国，较早了解海外情况并进行了这方面的探索。《史记·封禅书》：“自威、宣、燕昭，使人入海，求蓬莱、方丈、瀛州（三神山）”。齐国威、宣等王礼贤下士，兼收并蓄，在京城临淄附近建立了稷下学宫，形成学术中心。《史记·田敬仲完世家》“宣王喜文学游说之士，自如邹衍、淳于髡、田骈、接予、慎到、环渊之徒七十六人，皆赐列第为上大夫，不治而议论是以齐稷下学士复盟，且数百千人”。由此可见邹衍的大九州说不能认为全属

荒唐，很可能是在当时有关海外知识和三神山等传说基础上“推而大之”产生的。

随着古代海外交通事业的发展，人们也逐渐改变对大九州说的看法，元张翥：“九州环大瀛海，此邹氏之言也。人疑多荒唐唐诞夸。况当时外缴未通于中国，将何以证验其言哉！汉唐而后，于诸岛夷力所可到，利所可到，班班史传，固有其名矣”。《元史·天文志》记载，当时西域人札马鲁丁制有地球仪，明确反映了海陆大势，也进一步证明大九州说并非全属荒唐诞夸。

我的古代的陆地地形知识

大司马史长安张戒言：“水性就下，行疾则自刮除成空而稍深。河水重浊，号为一石水而六斗泥。今西方诸郡，以至京师东行，民皆引河，渭山川水溉田。春夏干燥，少水时也；故使河流壅，貯淤而稍浅；雨多水暴至，则溢决。而国家数堤塞之，稍高于平地，犹筑垣而居水也。《汉书·沟洫志》

※ ※ ※

我国的陆地地形复杂多样。水地、高原、丘陵、盆地、平原五种类型，我国一一俱有。在漫长的历史过程中，我国的古代劳动人民对海岸、构造、沙漠、流水等地形进行了长期的观察记录，积累了丰富的地形科学资料。对世界地形理论的发展作出了杰出的贡献。

我国是世界上海岸最长的国家之一，总长约一万八千多公里，生活于沿海附近的古代人们，在采果贝类、海产和打渔的过程中，逐渐认识了海岸地形，如西周初年，我国已经学会利用海涂。据《史记·货殖列传》记载：“太公望封于营丘，地泻卤，人民寡。于是太公劝其女功，极技巧，通渔盐。”春秋时期海滩建盐田扩至东海吴国，显然这里面必有海岸地形知识在其中。唐代由于航海业的发达，远航到了西亚，故海岸地形知识比以前丰富，如《新唐书·地理志》云：“广州东南海行，二百里至屯

门山，乃帆风西行，二日至九州石。又南二日至象石。又西南三日行，至占不劳山，山在环王国东二百里海中。又南二日行至陵山。又一日行，至门毒国。又一日行，至古笮国。又半日行，至奔陀浪洲。又两日行，到军突弄山。又五日至海硖，蕃人谓之前质，南北百里，北岸则罗越国，南岸则佛逝国。佛逝国东水行四五日，至河陵国，南中洲之最大者。又西出硖，三日至葛葛僧祇国，在佛逝西北隅之别岛，国人多钞暴，乘舶者畏惮之。……”可见这段记述中已有山、门、州，石、海峡海岸地型类型的记录，关于河口洲的形成，《后汉书·郡国志》记载东阳有长洲泽，即今海门。《梁书》云：“胡逗洲在县东南二百三十八里海上，东西八十里，南北三十五里。”胡逗洲也是河口洲地形。关于海蚀情况，《宋史·河渠志》说：“盐官去海三十余里，旧无海患。去岁海水泛涨，湍激横冲沙岸，每一溃裂，尝数十丈。日复一日，浸入鹵地芦州，港渚荡为一壑。今闻渐势深入，逼近居民，数年以来，水失故道，早晚两潮，奔冲向北，遂至县南四十馀里，尽沦为海……详今日之患，大概有二：一曰陆地沦毁，二曰咸潮泛溢。”海岸受侵蚀使得海岸地形发生变化。如杭州湾的海宁，《元史·地理志》说：“大德·延祐间亦常被其害，泰定四年春（公元1327年）其害尤甚”。《元史·河渠志》云：“文宗天历元年（公元1328年）都水庸田司言，八月十日至十九日，正当大汛，潮势不高，风平水稳……十五日至十九日，海岸沙涨，东西长七里余，南北广或三十步或数十百步”。这些记载是符合我国的海岸地形实际的，现代地理学已经证明杭州湾是沙岸地形和岩岸地形的分界线，杭州湾以北主要是泥沙构成的沙岸，滩浅开阔平直，杭州湾以南主要是岩石构成的岩岸，岸线曲折，水深湾长，岛屿棋布，地势险峻。

对构造地形的观察和记录，在我国也是很早的，构造的形成是在地球内力作用下，上升或沉降的结果。我国古代最早记载由地震形成的地形文献是晋代出土的《竹书纪年》，书中有“地折

及泉”一语，《后汉书·礼仪志》称建康元年（公元144年）正月凉州地震时“山谷圻裂”，《魏书·灵征志》称延昌元平（公元512年）恒州地震时，“陷裂、山崩、泉涌”。宋代以后，地震地形的记述较为详尽，如《宋史·五行志》记录公元1125年的地震有“兰州尤甚，陷数百家”之说，《元史·五行志》记载公元1303年的地震“汾州城陷，长一里，东城陷70余步”，《明史·五行志》也载有公元1547年水平断层情况：“嘉靖二十六年七月癸酉，澄城麻坡山界头岭，昼夜吼数日，山忽中断，移走东西三里，南北五里。”此外，该志还记载公元1621年地震发生地陷情况：“天启三年闰十月乙卯，仁寿长山声震如雷，裂七里，宽三尺，深不可测”。升降运动所成的地形以下沉时所成的湖泊最为人们所注意。苏州附近的当湖是地陷所成。《后汉书·郡国志》载：“今计偕簿县之故治，顺帝时，陷而为湖，今谓为当湖。大旱湖竭，城廓之处可识”。我国西南邛都也有陷湖，《后汉书·西南夷传》称：“邛都夷者，武帝所开，以为邛都县。无几而地陷为污泽，因名为邛池。”

沙漠，我国古代称为流沙。《禹贡》说“西被于流沙”，《史记·卫将军骠骑列传》记载西北沙漠情形云：“会日且入，大风起，砂砾击面，两军不相见”。至于蒙古高原的沙漠地形，《汉书·匈奴传》说：“幕北地平，少草木，多大沙”。新疆塔里木盆地罗布泊地区的雅丹地形，汉代已有记载。《汉书·西域传》曰：“戊己校尉徐普，欲开以省道里半，避白龙堆之阨”。白龙堆即今雅丹地形，因雅丹地形形态有如土龙盘舞之势，加上土堆顶部每有白色盐碱结皮，土堆间又有流沙，远望如白色龙堆之故。《汉书·地理志》称为“白龙堆沙”，《汉书·西域志》又说：“楼兰国最在东乘，近汉，当白龙堆，乏水草。”“楼上国，地沙卤少田。”白龙堆正在这个楼兰古国中。《后汉书·西域传》记述了大秦国也有沙漠。写道：“其国西有弱水，流沙”。《隋书·地理志》曰：“大业置敦煌郡，改鸣沙为敦煌，有神沙

北、三危山，有流沙”。可见，隋时这里已有沙丘地形发育，唐开北庭都护府，在准噶尔盆地中建有“流沙州”。按《旧唐书·地理志》：“金满，流沙洲北，前汉乌孙部旧地”。沙漠地形除流沙以外，还有“磧”。“磧”是指沙丘以外的沙漠地形，《新唐书·地理志》说，吐鲁番焉耆间有“雷石磧、银山磧”等沙漠地段，新有“草堆沙”的记载，这也是沙漠地形的一种，书中写道：“（伊吾郡纳职县）又西南，经达匪草堆”，“草堆”即指生长草木的沙堆。

我国地势西高东低，且河流众多。因此，地面上的流水搬运作用异常显著。《汉书·沟洫志》载有河水挟带大量沙泥，以至“河水重浊，号为一石水而六斗泥”，《旧五代史·卷13》谈到山溪暴流搬运巨石云：“陕西因洪水下大石，塞山涧中，水遂横流为害。石之大有如屋者，人力不能去，州县患之”，这里说明洪流搬运力是大的。洪流造成山崩，历代史书在“五行志”中都有记述。《汉书·五行志》记述了“成帝河平三年（公元前26年）二月丙戌，犍为柏江山崩，捐江山崩，皆壅河水”。和帝永元十二年夏：秭归山高四百丈，崩填溪，杀百余人”。关于地上河，《汉书·沟洫志》说：“从隄上北望，河高出民屋”，“至淇口，水适至堤半，计出地上五尺”，“河水高于平地，岁增堤防，犹尚决溢，不可以开渠”。可见，我国古代劳动人民早就对泥沙沉积致使黄河决溢有了认识，这些认识对后世治理黄河具有重要的参考价值。

两 汉 的 远 航 海 线

自日南障塞、徐闻、合浦船行可五月，有都元国；又船行可四月，有邑卢没国；又船行可二十余日，有谶离国；步行可十余日，有夫甘都卢国。自夫甘都卢国船行可二月余，有黄支国，民俗略与珠崖相类。其州广大，户口多，多异物，自武帝以来皆献见。《汉书·地理志》



我国人民早在汉代以前，就与东南亚各国有着频繁的海上往来。西汉时，南海和印度海的航海事业得到进一步的发展。据《汉书·地理志》的记载，那时的航海线是：从合浦郡（郡治在合浦东北）的徐闻县（在今徐闻西）出发、船行约5月可到都元国（故地或以为在今印度尼西亚苏门答腊东北部，或以为在今马来半岛南部），又船行约4月可到邑卢没国（故地或以为在今缅甸勃固附近），再航行约20日到湛离国（故地或以为在今缅甸伊洛瓦底江沿岸），由此步行10余日到夫甘都卢国（故或以为在今缅甸伊洛瓦底江中游卑谬附近）。又行2月余到黄支国（故地一般以为在今印度马德拉斯西南的康契普姆附近），黄支国南有已程不国（故地在今斯里兰卡），自黄支国返航，约8月到皮宗（故地在今马来半岛西南），又行约8个多月返回。从上述的航线情况看来，对当时海上的地理认识已到印度南部和斯里兰卡。

东汉时又开辟了一条重要的航线，即从云南经缅甸通往印度，历史上一概称之为“永昌道”。这条路自永昌（郡治在今保山东北）沿伊洛瓦底江入孟加拉湾到印度，然后由海道入大秦。《魏略·西戎传》说：“（大秦）又有水道通益州、永昌”，指的就是这条路。又说：“（大秦）其国在海西，故俗谓之海西。有河出其国，西又有大海”。这个时代的大秦（即罗马）包括埃及，海西系指红海；此处所言之河，系指尼罗河；后面的“大海”系指地中海。该书还说：“海西有迟散城”。迟散系指亚历山大港。该书还对大秦的城邑数字、疆域大致面积及物产等都作了记载，而对物产记载尤为详细。《史记·大宛列传》及《汉书·西戎传》虽均提到犁轩（即大秦），但较详记载大秦，在中国文献中当首推《魏略·西戎传》，这反映甘英虽未到达罗马，但作为地理知识，中国人对于罗马已有一定程度的了解。

由于远洋航行的发展，开辟了对日本的海上交通，对日本的地理也有了初步的认识。《后汉书·东夷传》记载倭（即日本）

依山岛为居，凡百余国。……土宜禾稻、麻纴、蚕桑，知织绩为缣布。出白珠、青玉。其山多丹土。气温腴，冬夏生菜菇。无牛马虎豹羊鹊”。

气温年变化的古代理论

远日下而寒，近日下而暑，大寒在冬至后两气者，寒积而未消也。大暑在夏至后两气者，暑积而未歇也。《隋书·天文志》

※ ※ ※

我国古代人民对一年中为什么九九和伏天的极端温度不出现于冬夏至，进行过研究。《隋书·天文志》归结出两个原因，一是“远日下”与“近日下”，一是“寒积”与“暑积”，按照当时的认识水平，是难能可贵的。

根据近代科学的解释，最热月出现于夏至后一个月，最冷月出现于冬至后一个月，它们不是分别出现于夏至日和冬至日，原因有两：一是，正午太阳高度角逐日不同，夏季高而冬季低；二是昼夜长短逐日不同，地面白昼以吸收太阳热量为主，夜间以辐射热量为主，由于这两个原因相结合，所以地面就有热量的逐日“积累”及“累消”的问题。这就会出现“寒积未消”和“暑积未歇”等现象，从而最热及最冷时期必然分别落后于夏至（太阳高度角最高）及冬至（太阳高度角最低）日。可见《隋书·天文志》的“寒积未消”，“暑积未歇”的观点是很有见地的。

但是，“远日下而寒，近日下而暑”这一点似与近代科学相矛盾，因为，我们知道在北半球，太阳是冬近而夏远。我们之所以觉得夏季热于冬季，主要还是太阳高度角“夏高”而“冬低”的原故，并不是“近日”与“远日”所致。但是，如果以历史观点看，当时人们对天体运行的认识水平不高，他们认为太阳是按“七衡六间”的方式运行的，他们认为：“远日下”和“近日

注：本题参见《中国古代地理学史》

下”正分别与太阳高度角“小”和“大”相对应，即“远日下”则“太阳高度角小”，“近日下”则“太阳高度角大”。所以，他们的“远日下而寒，近日下而暑”，是分别包含“太阳高度角大而寒，太阳高度角小则暑”的含意的。从现代科学来看，那时的认识虽然并不正确，却也是有正确的成分，在一千多年前有这样的认识，已可认为是相当深刻的。

黄河源的勘探和记述

水从地涌出为井。其井百余，东北流百余里，汇为大泽，曰火敦淖尔。《元史·地理志》河源附录

※ ※ ※

雄伟的黄河是我国北方最大的一条河流。自古以来，它就和我国人民的生产和生活结成密不可分的关系，其中游地区素称为我国古代文化的摇篮。黄河的源头在哪里？我国古代人民很早就开始探索这个问题。由于河源地属高寒地带，交通困难，所以，对其正源的认识，就象黄河本身一样，经历了不少曲折。

《尚书·禹贡》：“导河积石”。“积石”即青海省的积石山。据此则最迟不晚于战国时代，我国人民已知道黄河在青海省了。但那时对积石山以远的河源情况还是不了解的。《山海经·山经·北山经》记道：“敦薨之水（开都河）流入勃泽（罗布泊），出于昆仑之东北隅，实惟河源”。可见，由于当时对积石山以远的情况还不了解，以至将昆仑山以北很远的罗布泊水系，与昆仑山之东的黄河水系，不切实际地连成一气，把前者当作了黄河的上源。这种错误的认识，到了西汉被描述得更为具体。《汉书·西域传》记载，当时通西域的张骞一行和当地人民，由于对沙漠内陆湖的水量平衡过程还没有科学的认识，又看到西域地区山前潜水重显现象，因此，当他们看到塔里木河“东

注：本题参见《中国古代地理学史》

注蒲昌海（又名盐泽，即罗布泊）”，“其水亭居”，不再往外流，“皆以为潜行地下，南出于积石，为中国河（黄河）”。汉武帝刘彻很注意这一情况，他根据张骞的报告，又“案古图书，河出昆仑”的记载，把塔里木河发源地葱岭与昆仑山统一起来，同视为昆仑山。这种错误认识，给予后世影响很大，流传亦久。

唐初，由于唐王朝与吐谷浑（我国的一个古族名，时居今青海省）之间，时而发生战争，时而又和睦地交往频繁，从而有人到达了河源区的星宿海，观览了河源。侯君集和李道宗就是其中的两人。对他们观览的情况，《新唐书·吐谷浑传》作了这样的记载：贞观9年（635年），“（侯）君集、（李）道宗行空荒之地二千里，阅月次星宿川，达柏海上，望积石山，观览河源”这里所说的“星宿川”，就是黄河至此而川流散漫的星宿海；

“柏海”就是与星宿海相通的扎陵湖。可见，当时对河源的认识，已从积石山上溯到星宿海了。唐朝由于加强了对西藏的关系，汉藏两族间的交往颇为频繁。当时往来要途经河源区，因此也增加了对河源的认识。如文成公主进藏与西藏首领松赞冈布联姻，就路经河源区。《旧唐书·吐蕃传》记载：“赞普（指松赞冈布）率其部至柏海，亲迎（文成公主）于河源”。稍后，刘元鼎在长庆2年（822年）往来西藏。《新唐书·吐蕃传》记载了他所了解到的河源情况：“河之上流……水益狭，春可涉，夏乃乘舟。其南三百里，三山中高而四下，曰紫山，直大羊同国，古所谓昆仑也，虏曰闷摩黎山，东距长安五千里，河源其间”。这里已描述了河源区的水文等特征，较前具体了。他虽未说明“河之上流”的具体河名，但当指扎陵湖和鄂陵湖附近的黄河上游，而“其南三百里……河源其间”，可能就是指黄河正源卡日曲了。然而，他们都是就途顺道地观览，并没有作较为详细的考察，所以了解的情况毕竟粗略。要对河源有进一步的了解，还有待于专门的勘察。

元朝建立以后，为了解黄河上游的山道情况，曾派都实前往

勘察河源。这次考察的过程和结果，在延祐2年（1315年），由潘昂霄根据都实的弟弟阔阔出的转述，写成了河源专著《河源志》。后来，《元史》的编著者又把它载入史册。《元史·地理志》河源附录写道：“至元十七年，命都实为招讨使，佩金虎符，往求河源。都实即受命，是岁至河州；州之东六十里，有宁河驿，驿西南六十里有山曰杀马关，林麓穷隘，举足浸高，行一日至巅，西去愈高；四阅月始抵河源，是冬还报并图其城传位置以闻”。这次了解的河源情况是：“河源在土蕃朵甘西鄙，有泉百余泓，沮洳散涣，弗可逼视，方可七、八十里。履高山下瞰，灿若列星，以故名火敦脑儿，火敦译言星宿也，群流奔凑，近五七里，汇二巨泽名阿剌脑儿”（“巨泽”指扎陵和鄂陵两湖），自西而东……其流浸大，始名黄河”。此外，它还记述了河源区的其它地理特征：“昆仑迤西人简少，多处山南：山皆不穷峻，水亦散漫。曾有髦牛、野马，狼狽、獬羊之类”；“（黄河）自发源至汉地，南北涧溪，细流傍贯，莫知纪极；山皆草山、石山，至积石（山）方林木畅茂”。由上述可知，依《河源志》记载，当时已把星宿海定为河源。但在《元史·地理志》河源附录中保留着另一资料，即元代地理学家朱思本从八思吉思家所得到的帝师记述的河源片断。其内容是：“水从地涌出为井。其井百余，东北流百余里，汇为大泽，曰火敦淖尔”。“火敦淖尔”即是星宿海。依此记录则把星宿海西南的卡日曲（或称喀喇渠）作为黄河的上源。“帝师”是元朝僧官名，在朝廷为皇帝之师。因此，他关于这次调查河源的结果，必须更慎重，从而还记录了星宿海西南的卡日曲为河源。这条河正是黄河的正源。如果说唐朝认识卡日曲是河源还没有明确的记载，那末元朝的记载则是很明确了，而且对河源区地理特征作了比前为详的记述，成就是辉煌的。

经过元朝都实的考察，黄河正源已经有了明确的记述，但这并不意味着对河源的认识到此可以动结了。事实上还有许多问题需要进一步去认识；包括卡日曲的水文特征、分水岭、相邻水系

的情况等。自元朝以后，我国考察河源的活动，仍在继续进行，从不同的方面丰富了对河源的知识。

张骞出使西域

居匈奴西，骞因与其属亡乡月氏，西走数十日，至大宛。大宛闻汉之饶财，欲通不得，见骞，喜，问欲何之。骞曰：“为汉使月氏而为匈奴所闭道，今亡，唯王使人道送我。诚得至，反汉，汉之赂遗王财物不可胜言。”大宛以为然，遣骞，为发驿道，抵康居。《汉书·张骞传》



张骞（公元前175—前114年），西汉时代探险家。陕西汉中成固（今陕西城固）人。官大行、封博望侯。他受汉武帝的派遣，曾经三次出使。第一次在建元2年（公元前139年），从陇西（今甘肃陇西）出发，出使大月氏，相约共同夹攻匈奴。他越葱岭、亲历大宛、康居和大月氏、大夏等地，公元前126年回国，前后历十三年。《据汉书·张骞李广利传》记载：“骞以郎传募，使月氏，与堂邑氏奴其父俱出陇西。径匈奴，匈奴得之，传诣单于。……留岁余，还并南山，欲从羌中归，复为匈奴所得。留岁余，单于死，国内乱，骞与胡妻及堂邑父俱亡归汉。拜骞太中大夫，堂邑父为奉使君”。第二次是在公元前122年，从西蜀的犍为（今四川宜宾）出发，想探寻前往身毒（今印度）的捷径，但是没有成功。关于这次出使西域的具体过程，《汉书·张骞李广利传》记载尤详：“骞曰‘臣在大夏时，见邛竹杖、蜀布，问安得此，大夏国人曰：吾贾人往市之身毒国、身毒国在大夏东南可数千里。其俗土著，与大夏同，而卑湿热。其民乘象以战。其国临大水焉。以骞度之，大夏去汉万二千里，居西南。今身毒又居大夏东南数千里，有蜀物，此其去蜀不远矣。今使大夏，从羌中，险，羌人恶之；少北，则为匈奴所得，从蜀，宜径，

又无寇。天子即闻大宛及大夏、安息之属皆大国，多奇物，土著，颇与中国同俗，而兵弱，贵汉财物，其北则大月氏、康居之属，兵疆，可以赂遗设利朝也。诚得而以义属之，则广地万里，重九译，致殊俗，威德遍于四海。天子欣欣以骞言为然。乃今因蜀犍为发间使，四道并出：出陇，出徒、出樊、邛，出楚，皆各行一二千里。其北方闭氏犂，南方闭犂、昆明。昆明之属无君长，善冠盗，辄杀略汉使，终莫得通。然闻其西可千余里，有乘象国，名滇越，而蜀间出物者或至焉，于是汉以求大夏道始通渠犂国。”第三次的目的地，还是中亚各国，张骞以及他的分遣队，先后到了当时中亚、西亚、西南亚的一些国家。《汉书·张骞李广利传》载：“天子数问骞大夏之属。骞即失候，因曰：臣居匈奴中，闻乌孙王号昆莫。昆莫父难兜靡本与大月氏俱在祁连焞煌间，小国也。大月氏攻杀难兜靡，夺其地，人民亡走匈奴。子昆莫新生，传父布就翎候抱亡置草中，为求食，还见狼乳之，与鸡街肉翔其旁，以为神，遂持归匈奴，单于爱养之。及北，以其父民众与昆莫。使将兵，数有功。时，月氏已为匈奴所破，西击塞王。塞王南走远徙，月氏居其地。昆莫既建，自请单于报父怨，遂西攻破大月氏，大月氏复西走，徙大夏地。以昆莫略其众，因留居，兵稍疆，会单于死，不肯复朝事匈奴。匈奴遣兵击之，不胜，益以为神而远之。今单于新困于汉，而昆莫地空。蛮夷恋故地，又贪汉物，诚以此时厚赂与乌孙，招以东居故地，汉遣公主为夫人，结昆弟，其势宜听，则是断匈奴右臂也。既连乌孙，自其西大夏之属皆可招来而为外臣，天子以为然，拜骞为中郎将，将三百人，马各二匹，牛羊以万数，赍金币帛直数千钅万，多持节副使，道可使遣之旁国。骞既至乌孙，致赐谕谐，未能得其决”。

张骞三次出使中亚各国的意义是重大的。在他出使成功以后，经自河西走廊通往中亚的大道更加畅通，成为闻名于世的“丝绸之路”。《汉书》曰：“而大宛诸国发使随汉使来，观汉广

大，以大鸟卵及犛毳眩人献于汉，天子说。……大角氏，出去戏诸怪物，多聚观者，行偿赐，酒池肉林，令外国客遍观各仓库府藏之积，欲以见汉广大，倾骇之。及加其眩者之工，而角氏奇戏岁增变，其益兴，自此始。而外国使更来更去。”西汉以及以后的历代封建王朝，通过“丝绸之路”不断地向中亚、西亚、东南亚各国派遣使节，这些国家的使节也频频来华、商队更是沿着张骞开辟的道路，络绎不绝地往返于中国和 中亚各国之间。这就促进了东西方各国的政治、经济和文化上的交流，推动了这些国家的经济和文化的发展。

张骞出使旅行的地理意义也是十分重大的。他把旅途上亲身经过的和传闻中的国家、如大宛、乌孙、康居、大月氏、大夏、安息、身毒、奄蔡、条支等十几个国家的人口、兵力、物产、交通以及这些国家彼此之间的距离，都一一加以详尽的介绍。这是我国古代有关中亚各国经济地理最早的描述。途中，他对自然地理情况，也有认真的考察，发现于阗（今新疆和田）以西的河都向西流入西海（今咸海）；于阗以东的河流都流入蒲昌海流（今罗布泊）。对身毒、条支（今伊朗、伊拉克境）等国的气候也有扼要的描述。张骞说，印度的气候卑温暑热，条支国靠近地中海，气候炎热，多稻田。这些记载都是正确的。张骞在开阔中国古代人民的地理视野，丰富中国古代人民的地理知识方面，起了重要的作用。

张骞的第二次出使，虽然没有取得成功，但是他这次出使的地理意义，还是值得重视的。他根据第一次出使的时候在大夏看见邛竹杖，蜀布这一件事，作出十分大胆却是颇为合理的推测，认为从四川应该有经过印度通往阿富汗的捷径。在这个信念驱使下，张骞进行了第二次出使，虽然到昆明遇阻，但是通过这次旅行，得知在四川南面千里之外还有一个乘象的国家。同时，通过张骞的考察，进一步了解了四川西南部、云南、贵州、一带地方的情况，这为后来开拓这一带地方，打下了良好的基础。

裴秀和地图绘制

皇帝乃命有司撰访吴蜀地图，蜀土既定，六军所经地域，近远山川险易，徒路迂直，校验图记，罔或有差，今上考《禹贡》《山海》川流，原湿陂泽，古之九州及今之十六川郡国县邑疆界乡陬及古图盟会旧名，水陆径路为地图十八篇。制图之体有六焉。一曰分率，所以辩广轮之度也；二曰准望，所以正彼此之体也；三曰道里，所以定所由之数也，四曰高下，五曰方邪，六曰迂直，此三者各因地而制宜所以校夷险之异也。《晋书·裴秀传》

※ ※ ※

裴秀（公元223—271年），字季彦，河东闻喜（今山西闻喜县）人，从小就很好学，有着渊博的才识。晋武帝时曾佐理国家军政，官至“司空”（相当于宰相的地位），接触到不少的地理和地图资料。用于国家管理和战争需要的地图，春秋战国时期已很普遍，至汉代已有较高的水平，但是由于几经战火，图籍散失很多，据裴秀所说，到西晋时已是“秘书既无古之地图”，汉代萧何所收秦之图籍亦已不存，幸存下来的“惟有汉氏舆地及括地诸杂图”。这些一般的行政区图大都简单粗陋，既不设比例尺，方位的划定又不准确，对名山大川亦不备载，“虽有粗形，皆不精审，不可依据”。有些图籍“荒外迁诞之言，不合事实，于义无取”。另外由于历史的变迁，古代地理经典《禹贡》所记载的山川地名，已“多有变易”，而“后世说者或强牵引”，造成了混乱。这种状况，当然不能满足当时所谓“大晋龙兴”的政治和军事需要。故此裴秀立意制作新图。他研究了大量的古代资料，对照当时的实际情况，“上考《禹贡》《山海》川流，原湿陂泽，古之九州，及今之十六州，郡国县邑，疆界乡陬，及古国盟会旧名，水陆径路”，在门客京相璠的协助下，编制成《禹贡地域图》18篇。这可以说是见于文字记载的最早历史地图集。在制作过程

中。他以实事求是的科学态度，对古代文献所载与当时的实际情况进行考核比较，力求弄清搞准，而不是生搬硬套，牵强附会，采取“疑者则阙，古有名而今无者，皆随事注列”的办法，并且改正了旧有的“天下大图”过分巨大，用缣80匹，不便展阅，记载又不精确的弊病，以一分为十里，一寸为百里的比例，缩制成方丈图。图中“备载名山都邑”，使“王者不下堂而知四方”，为军政管理提供了科学依据。可惜，裴秀主持绘制的这些地图，早已失传。

裴秀在地图学上的贡献，不仅在于他主持编制了上述地图，更在于他把前人的制图经验加以总结提高，第一次明确地创立了我国古代地图的绘制理论。在《禹贡地域图》序中，裴秀明确地提出六条制图原则，即分率、准望、道里、高下、方邪、迂直。第一条说明必须按比例反映地区长宽大小的比例尺，第二条是确定各地彼此间的方位关系，第三条是要知道各地间的路程距离，后三条说明各地间由于地形高低变化和中间物的阻隔，道路有高下、方斜、迂直的不同，制图时两地间所取的距离应是水平直线距离，故要“因地制宜”，采取逢高取下，逢方取斜，逢迂取直的方法，确定水平直线距离。这六条原则是互为关联，互为制约的，“有图象而无分率，则无以审远近之差；有分率而无准望，虽得之于一隅，必失之于他方；有准望而无道里，则施于山海绝隔之地，不能以相通；有道里而无高下、方邪、迂直之校，则径路之数必与远近之实相违，失准望之正矣。”裴秀对数学在制图中的运用非常重视，指出：“远近之实定于分率，彼此之实定于道里，度数之实定于高下、方邪、迂直之算”。从这里可以看出，他已把数学中的比例运算方法，与测定远方地物间水平直线距离的“重差数术”应用于的地图绘制中。裴秀提出的这些制线原则，是绘制平面地图的基本科学理论。这一直影响着直至清代时的我国传统制图学。

酈道元和《水经注》

道元好学，历览群书，撰注水经四十卷，本志十三篇。又为七聘及诸文皆行于世。《北史·酈道元传》

※ ※ ※

酈道元，字善长，范阳涿鹿（今河北涿州市）人，他的生年不详，据后人推算可能生于公元465年或472年，曾任过北魏政权的御史中尉和一些州郡的官吏，于公元527年被人杀害。他一生勤奋好学，历览大量书籍，并注重于地理考察。少年时曾随他的父亲到过山东，后来他曾先后在山西、河南一些州郡任地方官，所到之处，他“寻图访蹟”，“访渎搜渠”，对当地的地理情况进行实地考察和详细记录。他虽然生长在北魏统治的地区，但对全国甚至域外地理状况也非常关注。在从事地理研究和考察过程中，酈道元深切地感到以往的地理著作，如《山海经》、《禹贡》、《周礼·职方》、《汉书·地理志》等失之简略，都赋一类作品为体裁限制，更不能畅述达意，《水经》“虽粗缀津渚”，略具纲领，但却只记水道，不记水道以外的地理情况。而且，地理现象是在不断变化着的随着年代的推移，人们对于上古的情况已很渺茫，加上部族的迁徙，城市的兴亡、河道的变迁，地名的更换等，地理情况发生了复杂的变化。历史上的著作，已远不能满足人们的现实需要。酈道元觉得把历史上的地理变迁尽可能详细地记载下来，“庶备忘误之私，求其录省之易”，十分必要。因此，他以《水经》一书为蓝本，著作《水经注》，全面描述全国的地理情况。《水经注》计40卷，记述的河流水道增加到252条，注文二十倍于原书，约达30万字，所引用的书籍四百三十多种，还转录了不少碑刻材料。所以，这不是简单的注疏之作，而是颇具匠心的再创作。

《水经注》的内容十分丰富，首先，书中对一千二百条河流

的发源地点、流经地区、支渠分布以及古来河道变迁等情况作了非常详细的记载，为研究古代水文地理提供了极其宝贵的材料。特别是酈道元生长在祖国的北方，曾经对北方诸水如易水、永定河、唐河、拒马河、潮河等进行过实地考察，所以对这些河流的来龙去脉记注得相当生动具体。《水经注》中有关河流水道的丰富记述，为我们展现了一幅古代水文地理的详细图景，对于我们今天的城市规划、运河选线、寻找地下水源以及研究气候波动，海岸变迁等仍然有一定的参考价值。

在自然地理和地质地貌等方面，书中也有大量的实际资料。如在永定河注中，酈氏描写了当时平城西南的火山活动情景，指出“山上有火井，南北六十七步，广减尺许，源深不见底。炎势上升，常若微雷发响，‘以草爨之，则烟腾火发。’”对于石灰岩地貌，书中也有多处描写。如在涇水（在今湖北省）注中，他写道：“涇水出县东南大洪山，山在隋郡之西南境，陵之东北，槃基所跨，广圆一百余里，峰曰‘悬钩’。处平县众阜之中，为诸峰之秀。山下有石门，来鄣层峻岩，高皆数百许仞。入石门，又得钟乳穴，凝膏下垂，望齐冰雪，微津细液，滴沥不断。幽深潜远，行者不极穷深。而穴内常有风势，火无能以经久故也。”

《水经注》中还记载了大量农田水利建设工程的资料，反映了我国古代劳动人民在治水营田、改造自然方面所取得的伟大成就。酈氏在逐一记述各条干支河流的同时，还把各地的陂、塘、堤、堰的兴废情况以及运河渠道的开凿情况等作了仔细描述。如西门豹引漳灌邺工程以及漳河十二渠的开凿、战国时期都江堰、灵渠和郑国渠的兴建原委等，《水经注》比前人的记述要详细得多。书中还谈到了我国最早的水库——芍陂的建设和规模，“周一百二十许里，在寿春县南八十里，……陂有五门，吐纳川流。”三国时期，曹操统一中国北方后开凿了六条运河（白沟渠、利漕渠、白马渠、开虏渠、泉州渠、新河）。这是海河流域一项空前规模的水利工程，对于海河水系的形成起了重要作用。《水经

注》关于这方面也作了详尽记载，是研究海河水系形成和发展的宝贵资料。

酈氏对全国河流水道和其他自然现象进行系统的综合记述，所提供的大量真实资料，可以帮助我们对某些人类活动比较集中的地区进行历史地理学的复原工作。如根据《水经注》所提供的资料，结合其它资料，人们作出一千五百多年前的北京市和近郊的地理情况复原图。对现实的经济建设还有一定的参考价值。《水经注》所涉及的内容东北到朝鲜的坝水（即大同江）、南到扶南（今越南和柬埔寨），西南至印度新头河（即印度河），西至安息（伊朗），西海（咸海），北至流沙（蒙古沙漠）。这些域处地理知识，直至今日仍是研究这些国家和地区历史情况的宝贵资料。

裴矩与《西域图记》

呈上膺天育物，无隔华夷，率土黔黎，莫不慕化。风行所及，日入以来，职贡皆通，无远不至。臣既因抚纳，监知关市，寻讨书传，访采胡人，或有所疑，即详众口。依其本国服饰仪形，王及庶人，各显容止，即丹青模写，为《西域图记》共成三卷，合四十四国。仍别造地图，穷其要害。从西顷以去，北海之南，纵横所亘，将二万里。谅由富商大贾，周游经涉，故诸国之事罔不偏知。复有幽荒远地，卒访难晓，不可恁虚，是以致阙。而二汉相踵，西域为传，户民数十，即称国王，徒有名号，乃乖其实。今者所编，皆余千户，利尽西海，多产珍异。其山居之属，非有国名，及部落小者，多亦不载。《隋书·裴矩传》

※ ※ ※

裴矩（公元？—627年）字弘大，河东闻喜人。他的祖父是魏都官尚书，父亲是齐太子金人，裴矩有一个良好的家庭条件，从小好学有智数。曾任司州牧，定州总管等职。

公元六世纪末，长期分裂的南北朝已为隋朝所统一。隋炀帝力图恢复大一统局面，对西域进行经营。当时西域各地的商贾大多集中到张掖进行交易。炀帝命裴矩赴张掖监知关市，主管此事。裴矩一面同西域各族人民发生密切的联系，一面将西域的地理情况和风土人情加以记载，并绘成彩图，撰《西域图记》3卷，该书虽已佚失，但《隋书·裴矩传》转引《西域图记》所记载当时主要的交通路线有三条：

“北道从伊吾（今哈密），经蒲类海（巴里坤湖），铁勒部、突厥可汗庭（今开都河上游裕勒都斯谷内），度北流河水（指今伊犁河、楚河等），至拂菻国（东罗马帝国），达于西海（指今地中海）”。

“中道从高昌（今吐鲁番），焉耆（焉耆回族自治县），龟兹（今库车）、疏勒（今喀什）、度葱岭，又经钹汗（今费尔干纳）、苏对沙那国（今马腊提尤别）、康国（今撒马尔罕）、曹国（今伊什特汗）、何国（今阿克塔什干一带），大小安国（今布哈拉一带）、穆国（今查尔朱）、至波斯（今伊朗）、达于西海（指今波斯湾）”。

“南道从鄯善（即楼兰）、于阗（今和田）、朱俱波（今叶城）、喝盘陀（今塔什库尔干）、度葱岭，又经护密（今阿富汗东北境之瓦罕）吐火罗（指阿富汗巴德一带）、挹怛（今阿富汗扎里沙夫）、帆延（今阿富汗巴米安）、漕国（今阿富汗加兹尼），至北婆罗门（主要地区在今巴基斯坦境内），达于西海（指今印度洋的阿拉伯海）”。

从上述的交通路线，大致可以概略反映出《西域图记》所记载之地域。上述三条路线之终点所临之大海，当时人均名为西海，实际上是分别指今地中海、波斯湾和阿拉伯海，从这里也可以反映出当时人因交通路线之不同而在对地理的认识上产生差异。

裴矩在建筑学方面也有造诣，据《隋书》记载，“炀帝即

位，营建东都，矩职修府省，九旬而就”。

贾耽与“海内华夷图”

臣幼切磋于师友，长趋侍于轩墀，自揣孱愚，叨荣非据，鸿私莫答，夙夜竞惶。去兴元元年，伏奉进止，令臣修撰图。旋即充使魏州、汴州，出镇东洛，东都、间以众务，不遂专门，绩用尚亏，忧愧弥切；近乃力竭衰病，思殫所闻见，聚于丹青。谨令工人画“海内华夷图”一轴，广三丈、纵三丈三尺，率以一寸折成百里。别章甫左衽，奠高山大川。缩四极于纤縞，分百郡于作。宇宙虽广，舒之不盈庭；舟车所通，览之咸在目。《旧唐书·贾耽传》

※ ※ ※

据《旧唐书》记载，贾耽（公元729—805年）曾担任鸿胪卿兼左右威远营使的职务，常常接触外国使节及使外归来的人。他对，“四夷之使及使四夷还者，必与之从容，讯其山川土地之终始，是以九州之夷险，百衍之土俗，区分指画，备究源流”。从那些人中采访到许多关于域外的地理知识。在此基础上绘制了“陇右山南图”。从史书称它为“一轴”推想，这图大概是大幅的。贾耽在献图的表中谈到，“晋司空裴秀，创为六体”，六体则为图之新意，臣虽愚昧，夙尝师范”，说明贾耽绘制“陇右山南图”时，已经遵循裴秀的“制图六体”。用这种方法制作的地图，岐路之侦候交通，军镇之备御冲要，莫不匠心就实，依稀像真，此图的优点显而易见。可是，“诸州诸军，须论里数人额，诸山诸水，须言首尾源流，图上不可备书，凭据必资记注”。由此可见，他除了用符号表示外，还不能不要依靠文字来说明、补充图上无法表示的内容。还在“陇右山南图”问世之前，贾耽已有绘制全国地图的计划。这一计划直到他充使魏州、汴州，出镇东洛、东都时，得到了一些中原地区的地理知识，而后再又擢升宰相，能够查阅到保存在朝廷的各种地图和地理资料之

后,才得以实现。在贞元17年(公元801年)终于完成了“海内华夷图”的绘制工作。

“海内华夷图”长三丈三尺,宽三丈,图的面积约十方丈,几乎比裴秀“地形方丈图”大十倍。比例尺是一寸折地百里(相当于1:1,500,000)。地名用两种不同的颜色分别标注,“古都国题以墨,今州县题以朱(红)”。以颜色区别古、今地名,开创了我国地图史上以朱、墨分注古今地名的先例。此法一直为后人所沿用,直到清末时仍在使用着。

贾耽编绘的“海内华夷图”已经失传。现在只能从保存在西安碑林的“华夷图”上,看到“海内华夷图”的一些大致情况,无疑,“华夷图”是按一定比例尺绘制的。但是,具有一定比例尺的地图,不都是采用“计里画方”法绘制,何况“华夷图”上也没有留下画方的痕迹。过去,不少学者都以为贾耽继成了裴秀“计里画方”法,其立论的根据可能是认“禹迹图”系由“海内华夷图”辗转简缩而来为基础。而今已有充分的证据证实“禹迹图”不是由“海内华夷图”简缩而来。所以,在没有发现新的资料足以证明贾耽确实使用了“计里画方”法绘制地图之前,肯定或否定贾耽承继“计里画方”观点,都是难以令人信服的。

沈括对地学的贡献

沈括字存中,以父任为沭阳主簿。县依沭水,乃职方氏所书“浸曰沂、沭”者,故迹漫为污泽,括新其二坊、疏水为百渠九堰,以播节原委,得上田千顷。《宋史·沈括传》

※ . ※ ※

沈括(公元1031—1095年),字存中,钱塘(今浙江杭州)人,是我国古代以博学著称的科学家。沈括对地理学有着多方面的贡献。他提出“石油生于地中”,“生于水际砂石、与泉水相杂惛惛而去”,第一个把石油和地质学有机地结合了起来。

公元1704年4月，沈括亲自到太行山进行考虑，对华北平原的成因作出了科学的论断，他在《梦溪笔谈》中写道。边太行而北，山崖之间，往往衔螺蚌壳及石子如鸟卵者，横亘石壁如带，此乃昔之海滨。今东距海已近千里，所谓大陆者，皆浊泥所湮耳。尧殪鲧于羽山，旧说在东海中，今乃在平陆。凡大河，漳水、滹沱、涿水、桑乾之类，悉是浊流。今关陕以西，水行地中不减百余尺，其泥岁东流，皆为大陆之土，此理必然。”

沈括对于浙江雁荡山脉的成因也有新的发现。他对于“雁荡诸峰，皆峭拔险怪，上耸千尺，穷崖巨谷，不类他山皆包在诸谷中，自岭外望之，都无所见，至谷中则森然干霄”这些地质现象，给予了科学的解释“原其理，当是为谷中大山冲激，沙土尽去，唯巨石岿然挺立耳”。同时他还用豫、陕一带黄土高原的垂直切割地形，类比雁荡山脉地貌，他说，“今成皋、陕西大涧中，立土动及百尺，迥然耸立，亦雁荡具体而微者，但此土彼石耳”。这不仅说明雁荡山脉只不过是豫、陕一带黄土高原的缩影，而且两者的营力也是相同的。沈括的这段论述，不仅对地貌学，而且对岩石学、构造学都是新的贡献。

沈括还是第一个用化石来推断古气候的人。他在《梦溪笔谈》中写道：“近岁延州永宁关大河岸崩，入地数十尺，土下得竹笋一林，凡数百茎，根干相连，悉化为石。延郡素无竹，此人在数十尺土下，不知其何代物，无乃旷古以前，地卑气温而宜竹耶？”沈括在陕北延安一带发现了竹子化石，进而推想到这一带过去一定有一段时期的气候是温暖而潮湿的。这种利用化石推断古气候的方法，也仍然是今日推断地层年代和油气生成的沉积环境的一种重要方法。

1075年，沈括在观察边防地区时，曾用木屑，面糊堆捏地形，“写其山川道路”，后因天寒又改用熔蜡制作，成立体地图，既真切又便于携带，“至官所”后，沈括又把它复制成木刻的立体地图，上呈朝廷。沈括的这一方法立刻受到重视和推广，

使“边州皆为木图，藏于内府”。这种立体地图的出现比西欧要早7百余年。公元1076年，沈括奉命编修天下州县图，他经过21年地不懈努力，“遍探广内之书，参更四方之论”，计绘制全国大地图1轴，小图1轴，又全国十八路图各1轴，共20轴。在制作过程中，他把州县相对方位的描述，从原先的8个方位增至24个方位；同时十分注意两地间水平直线距离——鸟飞之数的测算，使得州县间的相对位置更为精确可靠。沈括的这些工作，在我国地图绘制史上占有重要的地位。

郭守敬的四海测验工作

十六年，改局为太史院，以恂为太史令，守敬为同知太史院事，给印章，立官府。及奏进仪表式，守敬当帝前指陈理致，至于日晏，帝不为倦。守敬因奏，“唐一行开元间令南宫说天下测景，书中见者凡十三处。今疆宇比唐尤大，若不远方测验，日月交食分数时刻不同，昼夜长短不同，日月星辰去天高下不同，即目测验人少，可先南北立表，取直测景”。帝可其奏。遂设监候官一十四员，分道而出，东至高丽，西极滇池，南逾朱崖，北尽铁勒，四海测验，凡二十七所。《元史·郭守敬传》

※ ※ ※

元至元16年（公元1279年），同知太史院事郭守敬（公元1231—1316年）为了配合授时历的编制，建议在“远方测验日月交食分数时刻不同、昼夜长短不同、日月星辰去天高下不同”。他的建议得到了元世祖忽必烈的称赞和支持。为了搞好这次测量，他创制了简仪、高表、仰仪、立运仪、景符等十多种仪器，“又作正方案。丸表、悬正仪、座正仪，为四方行测者所用。又作仰规覆矩图、异方浑盖图、日出入永短图，与以上诸仪互相参考”。这些仪器具有精确、灵巧、简便等优点，在这次大规模的纬度测量中起了重要的作用。

周密的准备工作就绪以后，测量工作开始了、以郭守敬为首测量人员在南北长11000里，东西宽6000里的广大区域里布下了27个观测站。参加这次测量工作的，除了14名官员外：还有大量的一般工作人员。郭守敬始终是这次测量工作的主要负责人。这次测量的内容之多、范围之广，精度之高，在我国测绘史上是前所未有的。

郭守敬从全国的27个观测点中，精心选出了比较重要的7个点，即南海（今南海上的一个岛屿）、衡岳（今湖南衡山）、岳台（今河南开封）、和林（今蒙古鄂尔浑河上游东岸哈尔和林）、铁勒（今苏联境内安加拉河、叶尔塞河地区）、北海（今苏联下通古斯长河下游）和大都（今北京市）。除大都是首都外，其它6个点从南到北代表了各大区域，相邻两点纬度的间隔都是10度。这7个点的观测项目较其它各点齐全。《元史·天文志》四海测验记载着公元1279年的测量结果。原文如下：

南海，北极出地一十五度，夏至景在表南，长一尺一寸六分、昼五十四刻，夜四十六刻。衡岳，北极出地二十五度，夏至日在表端，无景，昼五十六刻，夜四十四刻。岳台，北极出地三十五度，夏至晷景长一尺四寸八分，昼六十刻，夜四十刻。和林，北极出地四十五度，夏至晷景长三尺二寸四分，昼六十四刻，夜三十六刻。铁勒，北极出地五十五度，夏至晷景长五尺一分，昼七十刻，夜三十刻。北海，北极出地六十五度，夏至晷景长六尺七寸八分，昼八十二刻，夜一十八刻。大都，北极出地四十度太强，夏至晷景长一丈二尺三寸六分，昼六十二刻，夜三十八刻。上都，北极出地四十三度少。北京，北极出地四十二度强。益都，北极出地三十七度少。登州，北极出地三十八度少。高丽，北极出地三十八度少。西京，北极出地四十度少。太原，北极出地三十八度少。安西府，北极出地三十四度半强。，兴元北极出地三十三度半强。成都，北极出地三十一度半强。西凉州，北极出地四十度强。东平，北极出地三十五度太。大名，北极出地三十六度。南京，北极出地三十四度太强。河南府阳城，

元朝四海测验观测值与现在纬度值对照

行 省	陕 西		河 南				中 书 省 直 辖 地					
地 点	兴元	安西府	扬州	阳城	南京	岳台	东平	大名	益都	登州	太原	西京
现在观测值	33°05'	34°14'	32°25'	34°24'	34°48'	34°30'	35°55'	36°20'	36°40'	37°50'	37°50'	40°06'
元朝观测值	33°06'	34°05'	32°32'	34°10'	34°20'	34°30'	35°14'	35°29'	36°43'	37°42'	37°42'	39°40'
差值	-1'	9'	-7'	14'	28'	0	41'	51'	-3'	8'	8'	26'

转下表

		辽阳	四川	江西	湖 广				
大都	上都	北京	成都	吉州	南 海	琼州	雷州	衡岳	鄂州
39°55'	42°10'	41°45'	30°40'	27°06'	16°左右	20°	20°54'	27°15'	30°30'
40°15'	42°38'	41.29'	31°08'	26°07'	14°47'	19°28'	20°27'	27°38'	31°03'
-20'	-28'	16'	-28'	59'	10.3'左右	32'	27'	2°37'	-33'

北极出地三十四度太弱。扬州,北极出地三十三度。鄂州,北极出地三十一度半。吉州,北极出地二十六度半,雷州,北极出地二十度太。琼州,北极出地一十九度太。

注:少、半、太分别表示 $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{1}{2}$ 、 $\frac{3}{4}$ 度,在少、半、太后面的弱(强),则表示在此数值上再减(加) $\frac{1}{12}$ 度)

如果把这27个观测站的北极出地值(即北天极的地平高度)亦即纬度和它们现在的纬度值加以对照(下表),并算出其绝对值平均为 $30'$,中原地区观测站的差值比较小,特别是陕西行省两个点、河南行省四个点、中书省直辖地8个点更为突出,分别为 $5'$ 、 $12'$ 和 $23'$ 。绝对差值以岳台(○)为最小,以衡岳($2^{\circ}23'$)为最大。造成衡岳绝对差值这么大的原因,除有仪器、观测准确与否等原因外,主要可能是由于古、今的观测点不同在一个地方所致。

郑和下西洋

和经事三朝,先后七奉使,所历占城,爪哇、真腊、旧港、暹罗、古里、满刺加、渤泥、苏加答刺、阿喃、柯枝、大葛兰、小葛兰、西洋琐里、琐里、加异勒、阿拔把丹、南巫里、甘把里、锡兰山、喃渤利、彭亨、急兰丹、忽鲁谟斯、比刺、溜山、孙刺、木骨都束、麻林、刺撒、祖法儿、沙里湾泥、竹步、榜葛刺、天方、黎伐、那孤儿,凡三十余国。《明史·郑和传》

※ ※ ※

郑和(公元1371—1435年)原姓马,小字三宝,云南昆阳回族人。因随燕王朱棣(即明成祖)起兵有功,被赐姓郑,提任太监,所以郑和下西洋又称“三宝太监下西洋”。西洋指现在的南洋群岛和印度洋一带。

公元1405年,郑和受明成祖朱棣的命令,率领庞大的舰队首

次出航。从1405年到1433年历二十八年，先后七次下西洋，经三十七个国家，向南到了爪哇，向西到了波斯湾和红海里的默伽，最远到了赤道以南的非洲东海岸，是我国历史上空前未有的壮举。郑和的航海，比葡萄牙人地亚士于1486年到达非洲南端的好望角早八十一年，比哥伦布于1492年发现美洲新大陆早八十七年，比葡萄牙人达伽马于1497年沿着非洲南岸，绕过好望角到达印度海岸早九十多年。郑和下西洋也是世界航海史上伟大的壮举。他对亚洲、非洲的访问，具有极大的政治和经济方面的重要意义，对国际经济和文化交流，产生了深远的影响。

郑和与副使王景弘等出使西洋，组织了一支庞大的舰队，这支舰队除将士之外，有船师、水手、工匠、医官、通事（翻译）、办事、书算手等技术和工作人员总计二万七千多人，分乘船只一百至二百多艘，其中长度超过100米的大型宝船40至60多艘。而哥伦布航行大西洋时只有88人，分乘3只长约19米（63英尺）的小船，达·加马也只有4只船，船员148人。

郑和下西洋的成就和影响，首先表现在经济和文化方面。他开拓了我国在南洋群岛、印度洋沿岸国家的海外市场、扩大了我国的对外贸易，促进了各国间经济和文化方面的交流，增加了我国的国际政治影响。由于海外市场的开拓，我国的海外贸易有了急剧的发展。它有力地刺激了商品生产的增长，促进了我国手工业生产更进一步的发展，特别是丝织和瓷器生产的发展，对我国封建社会内部资本主义生产方式因素的增长，起了一定的促进作用。

郑和下西洋的成就和影响还表现在对国际交通和贸易方面。郑和庞大的舰队的大海沿经常保持六十多艘，航行的技术先进，他不但使用了罗盘、而且还结合天文和地理的知识，不断地对航船进行定位、定向，保证了船队的顺利前进。航程最远的第五次航行，到了红海口的阿丹（今亚丁）和非洲东海岸赤道以南一带，首次开辟了从中国到红海和非洲东海岸一带的航道。本世纪初，在罗得西亚的第二大城市布拉瓦东南大约二百五十公里的石头古

城的地下，发掘出一批中国明代的瓷碗和一些十三世纪中国瓷器的碎片，就是郑和远航到那里的一个实物旁证。郑和每次航行，都把沿途各国的位置、航程的远近、航行的方向、停泊的港口以及航道上的浅滩、暗礁，一一加以详细的记载，绘出航海地图，写了航海手册——“针位编”。这一图一编、总结了当时的航海技术和航海的地理知识，不但丰富了我国人民的海外地理知识，而且为以后东西方海上交通提供了宝贵的资料，对沟通东西方海上交通作出了重大贡献。

郑和下西洋，对我国的地理学也作出了重要的贡献。他根据自己航海所取得的经验和知识，绘制了我国第一部关于海洋地理的世界地图——航海地图。它一共有四十面二十图。其中，绝大部分基本上是正确的。只有小部分是基本上不正确的。在五百多年前能绘出这种水平的航海地图，可以说是十分难能可贵的。

随同郑和远航的马迎、费信和巩珍，分别著有《瀛涯胜览》、《星槎胜览》和《西洋番国志》等书，他们比较详细地记述了沿途所经30多个国家的风土人情和地理情况，从而大大增加了中国人民的域外地理知识。

反映西域历史地理的珍贵文献

——《史记·大宛列传》和《汉书·西域传》

西域以孝武时始通，本三十六国，其后稍分至五十余，皆在匈奴之西，乌孙之南。南北有大山，中央有河，东西六千余里，南北千余里。《汉书·西域传》

※ ※ ※

西域一名，始于西汉，这个地区包括范围很广泛，我国新疆、中亚细亚、印度、伊朗高原、阿拉伯及小亚细亚等地，汉人皆称之为西域。汉永和3年（公元前138年），张骞从陇西（郡治今甘肃临洮），途经河西走廊，到了大宛（在今费尔干纳盆

地），然后经康居（在锡尔河流域），大月氏、大夏（在阿姆河以南兴都库什山以北），东返长安。汉太初元年（公元前104年），贰师将军李广利远征大宛，直抵贵山城（在今长散赛）；汉建昭33年（公元前36年），西域都护甘延寿、副校尉陈汤远征匈奴郅支单于，直抵郅支城（在今江布尔）。这两次军事活动加深了对大宛、康居等地的地理认识。

著名史学家司马迁的《史记·大宛列传》和班固的《汉书·西域传》反映了自张骞通西域以来汉代人对西域的地理知识。《史记·大宛列传》主要是根据张骞的报告来写的，因为张骞先到大宛，所以一般以大宛为准，对西域其他国家或城邦距大宛里数、经济性质、人口、兵力、四至、物产、贸易、文字都有所记录，极其翔实可信，如它记载大宛“其俗土著，耕田，田稻麦。有葡萄酒。多善马、马汗血，其先天马子也。有城郭屋室。其属邑大小七十余城，众可数十万。其兵弓矛骑射。其北则康居，西则大月氏，西南则大夏，东北则乌孙、东则扞罕、于阗。”这是我国文献对费尔干纳盆地地理情况最早的记载。又如它记载：“于阗之西，则水皆西流，注西海；其东水东流，注盐泽。盐泽潜行地下，其南则河源出焉。”西海指咸海，盐泽即罗布泊，可见当时对西域的水系已有极粗略的认识，当然说河源出自盐泽是错误的，但这种错误说法对后代影响很大。《汉书·西域传》也记载了许多西域的地理情况，对西域一些城邦和部落的治所，人口数、军队数、物产也都有较详的记载，如它提到葱岭以东“南北有大山，中央有河”，其河有两原：一出葱岭山，一出于阗。于阗在南山下，其河北流，与葱岭河合，东注蒲昌海。蒲昌海，一名盐泽者也。去玉门关（千）三百余里，广袤三百里。冬夏不增减，皆以为潜行地下，南出于积石为中国河云”。焉耆近海水多鱼”等，说明当时对西域一些大的山川如帕米尔，塔里木河、塔里木盆地北面的天山。南面的昆仑山，和田河（古代称于阗河）与叶尔羌河（古称葱岭河）的汇合，塔里木河东注罗布泊

（当时称蒲昌海或盐泽），以及焉耆（在今焉耆回族自治县）附近的博斯腾湖等。都已经有所了解。当然对河源的说法同《史记·大宛传》一样，是错误的。

汉建初元年至永元14年（公元76—102年），班超（公元32—102年）在西域进行活动，使汉朝和西域在经济文化上得以继续发展。永元7年（公元95年），班超派甘英出使大秦（罗马），抵安息条支西界，为西海（波斯湾）所阻，虽未能到达罗马，作为中国旅行家之出现于波斯湾头，却是有史以来的第一人。

班超的儿子班勇，他还在儿童时代，就随班超到西域，后来，又继承父亲遗志再通西域，他的一生几乎都在西域度过，足迹几乎遍及南北两道。经过亲身见闻，他写成《西域传》一书，对西域诸国的道里方位，以及气候地势、物产风俗等，都作了较详的记载。因此，南朝宋范曄在撰《后汉书》时将这部书全部收入《西域传》中，并且说明“今撰建武以后其事异于先者，以为《西域传》，皆安帝末班勇所记云”。班勇的《西域传》留传下来，至今仍为研究西域历史地理的重要资料。

最早规格化的全国性区域志——

《汉书·地理志》

昔在黄帝，作舟车以济不通，旁行天下，方制万里，画埴分州，得百里之国万区。是故《易》称“先王建万国，亲诸侯”，《书》云“协和万国”，此之谓也。《汉书·地理志》

※ ※ ※

东汉初年由班固撰写的《汉书·地理志》是中国最早比较详尽和规格化的全国性区域志，它是在当时各地方政府记载了当地地理、经济等资料的基础上加以总结写成的。

《汉书·地理志》记述全国各地情况采取分区的办法。由于

汉武帝建立了巩固的中央集权政府，全国有了统一的行政区划，因此该志是以平帝时已有的103个郡国及其所属的1,314个县、邑、道、侯国为主体，分别在郡国、县、邑、道、侯国条下，记载了建置沿革、户籍人口、山岳陂泽、水道源流，水利设施、各种特产，重要的聚落要塞、名胜古迹，以及政府设立的工矿企业机构等情况。内容丰富，比较全面地反映了当时全国的地理情况和经济情况，其中保存着完整的全国性的人口地理资料。

西汉末平帝元始二年（公元2年），除载有全国“民户千二百二十三万三千六十二、口五千九百五十九万四千九百七十八”而外，还对所属103个郡国的户口分别进行了记述，如“平原郡，户十五万四千三百八十七，口六十六万四千五百四十三。”

“千乘郡，户十一万六千七百二十七，口四十九万七百二十。”

“济南郡，户十四万七百六十一，口六十四万二千八百八十四。”《汉书·地理志》所载元始2年的全国及下属103个郡国的人口，虽然只列有统计数字，而无其他构成情况的说明，但我们以所载各郡国的人口数与其立地面积逐个相除，便可得到103个郡国的人口密度。从《汉书》所提供的资料来判断，以州而言，司隶、豫州、冀州、兖州、徐州和青州的人口密度较大，而荆州、扬州、益州、凉州、并州、幽州、朔方和交趾的人口密度较小；以郡国来说，平原郡、济阴郡、颍川郡、清河郡和东平国的人口密度最大，每平方公里都在190人以上，其中平原郡最高，达到每平方公里400多人，而敦煌郡、郁林郡、张掖郡、牂牁郡和武威郡的人口密度最小，每平方公里都不到一人。由于人口的地区分布和密度大小是和自然条件与社会条件有密切关系，所以我们可以据此，对西汉各州、郡国的人口分布与人口密度所呈现的不同情况，进行区域分析，对比研究当时自然条件、生产水平、经济情况以及其他社会原因，在人口地理分布上所产生的作用和影响。

化 工 矿 冶

铁 范

夫上之化下，上之从上，犹泥之在钧，唯甄者之所为；犹金之在镕，唯冶者之所铸。《汉书·董仲舒传》

※ ※ ※

我国金属铸造生产有着悠久的历史 and 辉煌的成就，其中以泥范、铁范和熔铸最重要，称为古代三大铸造技术。

用泥范铸造器物，是我国古代最主要的铸造方法。商代早期的泥范，已有两合范、三合范和內范，能铸造铙、凿、爵等小型生产工具和日用器皿。商代中期，已发展到能用多个型，芯组成复合范铸造百斤以上的大型铜器。我国古代在泥范铸造方面的一项重大创造，是叠铸法的出现和应用。所谓叠铸，就是把许多个范块叠合起来组装成套，用一个总浇口，一次可以铸出几十个甚至上百个铸件。这种铸造方法效率高、质量好、节省造型材料和金属液、成本低。

春秋战国时代，我国已出现铁范铸造。铸型材料从石和泥、沙改为金属，从一次型经多次型又改进为耐用性更高的所谓“永久”型（就是金属型），在铸造的历史发展上具有重要的意义。1953年河北兴隆铁范的发现，证明我国早在战国时期已经用白口铁的金属型浇注生铁铸件。这批铁范包括锄、镰、斧、凿、铍等类共87件，大部完整配套。其中，镰和凿是一范两件，锄范的形状和铸件相吻合，使壁厚均匀，利于散热；范壁带有把手，以便

握持，又能增加范的刚度。可以说是创造了一种中国风格的金属型，并且在那个时候已经大体定型了。近年来，在河南南阳、郑州、镇平、河北满城，山东莱芜等地又继续出土汉代铁范许多件，品种比战国时期显著增多，型式却基本相同。河南绳池汉魏铁器窖藏中还有铸造成形铁板和矢镞的铁范以及长达半米的大型铁犁范。

除铁制金属型外，战国和汉代已经用铜制金属型铸造钱币（如传世和出土的五铢铜范等）。它们在生产中起着重要作用，但是在文献中，却很少看到记载。《汉书·董仲舒传》里说：“犹金之在熔、惟冶者之所为”，师方注：“熔谓铸器之模范也。熔音容”。这可以认作是金属型铸造的最早记述。但是后来这个“熔”字和“溶”字通用，失却它的本意了。

曾经有一种意见，认为铁范在我国很早发明，以后是失传了。到近代才又从国外引进。这是不对的。因为，虽然锄、镰等小农具，在唐、宋以后，由于炒铁的发明和推广，已经由铸制改为锻制，但是，犁镜一类却直到近代仍有用铁范铸造的。从战国、秦、汉起，由泥范翻铸铁范，再由铁范翻铸铁器的工艺方法基本上延续不变，是一脉相承的，在工艺操作上形成一套合乎科学原理的办法，例如：用铁水预热型（最初浇注的若干件作为废品或次品处理），使用双层涂料，浇注以后及时打箱，除使用金属芯外还采用泥芯，使用简易的装卡机构等。由于金属型生产率高，使用寿命长（小型铸件可以达到几百次），产品规格齐整，又能保证得到白口组织（在浇注铁件的时候），它和铸铁柔化术配合使用，在古代农具铸造上发挥着十分重要的作用。《汉书·沟洫志》描绘汉代大规模兴修水利的情景说：“举冢如云，决渠为雨”，出土铁器的检验表明，在这么多的铁工具中，有相当数量应该是由金属型铸成的。

高奴有洧水可燃

高奴有洧水可燃。《汉书·地理志》

※ ※ ※

关于我国石油的最早记载，首先见之于东汉历史学家班固（公元32—92年）所著的《汉书》。在该书《地理志》中写道：“高奴有洧水可燃”。

高奴，秦置县名，在今陕西省北部延长一带；洧水，即今延河的一条支流。北魏郦道元在地理名著《水经注》中作了更为详细的记载：“高奴县有洧水，肥可燃。水上有肥，可接取用之。”这里所说的肥，即指石油，后人在注释《汉书》时，有人认为《汉书》中关于“高奴有洧水可燃”的记载，脱落了一个肥字，主张应依《水经注》的记载给予补遗。

《汉书》是一部系统记载西汉（公元前266—8年）历史的书。作者在叙述其编纂该书《地理志》的方法和目的时说：

“是以采获旧闻，考迹诗书，推表山川，以缀《禹贡》、《春秋》，下及战国、秦、汉焉。”也就是说，《汉书·地理志》是在采获旧闻、考迹诗书、推表山川的基础上编写而成的。且不论作者是通过什么方法获知“高奴有洧水可燃”的，只就时间而言，这一事实在作者编书之前就已经存在了。因而可以断言，至迟在两千多年前，我国人民就已经发现陕北一带的石油及其可燃性了。

西晋司马彪所著《后汉书·郡国志》五转引《博物记》中的这样一段记载：酒泉郡延寿“县南有山，石出泉水，大如宫簾，注地为沟。其水有肥，如煮肉泊，赭赭永永，如不凝膏，燃之极

注：本题参见《中国石油工业发展史》

明，不可食，县人隆之石漆。”《水经注》更加详细地引述了《博物志》的记载：“酒泉延寿县南山出泉水，大如筥，注地为沟。水有肥，如肉汁，取著器中，始黄后黑，如凝膏，燃极明，与膏无异，膏车及水碓缸甚佳，彼方人谓之石漆。”并说：“水肥亦所在有之，非止高奴县洧水也。”这里所说的“石漆”，“水肥”，均指石油。

《博物志》是晋人张华所撰，约成书于公元267年。此书对古酒泉郡延寿县的石油，从其形态、性质到用途，已能作出如此详细、真实的记载，完全可以说明，我国古代人民发展酒泉延寿一带的石油，已是很早以前的事了。而《水经注》中关于“水肥亦所在有之，非止高奴县洧水也”的论断，则清楚地告诉我们，在我国著名地理学家酈道元生活的时代，即公元五世纪末六世纪初，人们已经具有了不只是“高奴县洧水”才有石油的认识。

到了唐代，对甘肃酒泉一带的石油产地记载得更清楚了。唐朝李吉甫（公元758—814年）在《元和郡县志》中写道：玉门县“石脂水，在县东南一百八十里，泉有苔，如肥肉，燃之极明。”当时，对陕西延长一带的石油，也有更加具体的记载。如段成式著《酉阳杂俎》中说：“石漆，高奴县石脂水，水腻浮水上，如漆，采以膏车及燃灯，极明。”

“赫蹄”解

舜择弃为乳母，时儿生八九日。后三日，客复持诏记，封如前予武，中有封小绿篋，记曰：“告武以篋中物书予狱中妇人，武自临饮之。”武发篋中有裹药三枚，赫蹄书，曰：“告伟能：努力饮此药，不可复入，女自知之。”《汉书·孝成超皇后》

※ ※ ※

现在已经知道，“赫蹄”是丝棉纸，这种纸是我国最早的正规使用纸，“赫蹄”的记载最早见于《汉书》，原书记载着这样

一个故事。西汉末年，赵飞燕姐妹二人都被召入宫，得到汉成帝的宠幸，一个当上皇后，一个当了昭仪。宫中有个女官叫曹伟能，生了一个孩子，按说应该是皇子。赵昭仪知道了，就派人抛弃了孩子，把伟能监禁起来，给她一个绿色的小匣子，里面是用“赫蹄”包着的两瓶毒药，“赫蹄”上写着：“告伟能，努力饮此药，……”就这样，伟能被逼着服毒死了。

这张包着药还写上字的“赫蹄”，究竟是什么东西呢？

二世纪末叶，我国有个学者应劭解释说，它是一种用丝绵做成的簿纸，原来在西汉时代，我国已能制作丝绵了。制作丝绵的方法是把蚕茧煮过以后，放在竹席子上，再把竹席子浸在河水里，将丝绵冲洗打烂。丝绵做成以后，从席子上取下，席子上常常还残留着一层丝绵。等席子晒干，这层丝绵就变成一张张簿簿的丝绵片，剥下来就可以在上面写字。这种薄片就是“赫蹄”，也就是丝绵纸。

在东汉永元十二年（公元100年），我国有名的学者许慎，写成了中国第一部字典——《说文解字》。这部字典里已经收有“纸”字。他解释“纸”字的意思，就跟在水中打制丝绵有关。因为最早的纸是用蚕丝做成的，和做丝绵又有密切的关系，所以纸字就用“纟”做偏旁，

这种丝绵纸的发明，是当时劳动人民努力实践的成果，伟能的时候是公元前十二年，毫无疑问，“赫蹄”的发明年代应该在这以前了。

火井的记载

时、南郡获白虎，献其皮牙爪，上为立祠。又以方士言，为隋侯、剑宝、玉宝璧、周康宝鼎立四祠于未央宫中。又祠太室山于即墨，三户山于下密，祠天封苑火井于鸿门。《汉书·郊祀志》

注：本题参见《中国石油工业发展史》



“火井”是我国古代人民给天然气井的形象命名。我国古代人民在钻凿水井和盐井的过程中，发现了天然气的燃烧现象，并把这种井称之为“火井”。人民在生产实践中，随着对天然气性能的逐步认识，开始了有目的的钻凿“火井”，开采和利用天然气。早在西汉中叶，我国就已经出现了天然气井。据《汉书·郊祀志》记载：西汉宣帝神爵元年（公元前6年），“祠天封苑火井于鸿门”。同书《地理志》也有西河郡鸿门县“有天封苑火井祠，火从井出”的记载。《水经注》对“鸿门火井”的位置有较详细的记载：“阎水又东经鸿门县县故鸿门亭。”《地理风俗记》曰：阎阴县西五十里，有鸿门亭天封苑火井庙，火从地井出。”汉代的鸿门县，阎阴县，在今陕西省神木县西南，榆林县东北地区，即鄂尔多斯盆地的东北边缘一带。在这里很早发现天然气是可能的。应该说，鸿门火井是我国最早的天然气井，这口井的天然气很可能是当地人民在钻凿水井的过程中发现的，由于天然气的燃烧，因而立祠表示虔诚。

在出现鸿门井后，我国四川地区也出现了“火井”。西汉著名文学家扬雄（公元前53—公元18年）在《蜀都赋》中写道：“蜀都之地，古曰梁州……东有巴賁，绵亘百濮。铜梁、金台、火井、龙湫”，这些事例表明，西汉时我国人民已发现了天然气井。

据史料记载，世界上最早投入开发的天然气是我国的自流井气田，它位于四川省自贡市、富顺县和荣县境内，历史上曾称自井场和贡井场。自流井构造的开发，是从钻凿盐井开始的。南宋王象之《舆地纪胜·富顺县古迹》记载：“盖盐井神也……井主梅泽，神姓梅，梅本夷人，在晋太康元年（公元280年）因猎，见石上有泉，饮之而咸，遂凿石至三百尺，咸泉涌出、煎之成盐，居人赖焉。”可见“自流井”这一名称的由来与自流古井有

关。我国古代四川地区人民从钻凿的盐井中汲取卤水，煎制成盐，行销川黔各地，以保障人无食盐之忧，在四川成都和邛崃县出土的东汉画像砖上的煮盐图，表明当时已利用天然气煮盐。东汉章帝时（公元79—83年），崔寔在《博徒论》中就提到“江阳之盐”。公元347年，东晋时成书的《华阳国志·蜀志》有“江阳县郡，有富义盐井”的记载。说明在汉晋时自流井一带就有了井盐生产，而且《华阳国志》也说：“取井火煮之，一斛水得五斗盐，家火煮之，得无几也。”这里不仅指出了早在汉晋时期，我国已有了井火煮盐，而且明确说明“井火煮盐”的优越性远远超过“家火煮盐”，并改变“家火煮盐”的秋冬收薪茅最急的状况，当然，古人的计算数字不太准确，事实证明，我国是世界上最早开采和利用天然气的国家，西方到公元1663年英国人才开始利用天然气。

两汉治铜业的分布情况

今汉家铸钱及诸铁官，皆置更卒徒，改山取铜铁，一岁功十万人已上。《汉书·贡禹传》

※ ※ ※

两汉时期，铜业最盛的主要是两个地方，一是西南为今云南四川一带，一是东南的今安徽、江苏、浙江三省接壤之地。《史记·货殖列传》载：“巴蜀亦沃野，地饶画、薑、丹沙、石、铜、铁、竹、木之器”。“巴郡”，“蜀郡”在今四川。《汉书·地理志》说“益州郡俞元（今云南澄江县南，一说今昆明、易门南及玉溪一带皆是）怀山，来唯（今云南文山县西）从虫山，越嶲郡邛邰（今四川西昌县东南）南山等产铜。《后汉书·西南夷郡》道：哀牢夷（今云南保山、永平二县地）有铜。《后汉书·郡国志》云：蜀郡属国徒（今四川天全县东）山，犍为属国朱提（今四川宜宾县西南）山、賁山（今云南建水县东南）采山、俞

元（同上）裴出山等出铜。这是见于正史记载的两汉今云南、四川一带产铜地点。

大约从东汉章帝（公元76—88年在位）到灵帝（公元168—189年在位）的一百年左右内，广汉郡、蜀郡的青铜工艺最为殷盛。传世的铜镜中有“汉西蜀刘氏作竟”、“广汉西蜀造作明镜”，“广汉造作尚方明竟”等便是蜀地医师所造。《南齐书·刘峻传》载：“南广郡蒙山下有城名蒙城，可二顷地，有烧炉四所，高一丈，广一丈五尺。从蒙城渡水南百许步，平地掘土深二尺得铜，又有古掘铜坑，深二丈，并居宅处犹存……案此必是通所铸”。南广郡在今四川，这里有掘铜坑，烧炉，说明至少有采煤和冶炼两大工序，或许还有铸钱，即“通所铸”所指。此“烧炉”有四所之多，并“高一丈，一丈五尺”，说明作坊规模不小。

对东南一带产铜的情况，正史也有记载。《汉书·吴王濞传》说：“吴有豫章铜山”。武德元封二年（公元109年）将豫章改为丹阳郡，属17县，包括安徽、浙江江苏三省的部分地方。汉时丹阳铜业极盛，《汉书·地理志》载设有铜官的地方只有丹阳一处。东汉末年，今浙江绍兴制镜业较为发展，在图案上具有特殊的风格，其中最著名的是伍子胥画像镜；另外还有一些纪年、姓氏、纪地镜。

两汉之后，我国古代的冶铜业渐为减少。《宋书·武帝纪》载：“禁丧事用铜钉”。《南齐书·高帝纪》说：“后宫器物·栏槛，以铜为饰者，皆改用铁”等便是例证。从此之后至近代工业发展之前，铜业只在较为狭窄的生产和生活部门发挥它的作用。

华北油田和新疆地区的石油记载

光熙元年五月，范阳国地燃，可以爨。《晋书·志十九》

※ ※ ※

在我国广大的华北平原，古代人民不断发现天然气苗。《晋

注：本题参见《中国石油工业发展史》

书·志十九》记载：“光熙元年（公元306年）五月，范阳国地然，可以爨。（见33页）西晋范阳国辖境，相当于今之河北涿源以东，固安、永清以西，徐水、容城以北，北京房山以南地区。现在的华北油田就包括这一地区。一千六百多年前，人们不仅在这里发现了天然气，而且，可以爨（chan），即用天然气燃饭，这是一个创举。二百多年以后，在这一地区的西部又有天然气发现。《魏书·灵徒志》记载：“孝昌二年（公元526年），幽州道县地燃”。北魏郡州道县，即今河北省涿水县。

我国新疆地区石油的最早记载，见之于北齐魏收所著的《魏书龟兹国传》里，书中载：“龟兹国，在尉犁西北白山之南一魏百七十里，都延城，汉时旧国也。……其西北大山中，有如膏者流出成州，行数里入地，如谿饒，甚臭”。

《魏书》是记载北魏拓跋珪登国元年（公元386年）至东魏孝静帝武定八年（公元550年）历史的著作。这就说明，新疆库车一带的石油、早在一千五百多年前就被发现和利用了。

宋朝欧阳修等所编著的《新唐书·地理志》中记载：“北庭大都护府，……又渡黑水，七十里黑水守捉，又七里有东林守捉，又七里有西林守捉，又经黄草泊、大漠、小碛，渡石漆河，踰东岭，至弓月城……”。“石漆”为石油之古称。《新唐书·地理志》中记载的石漆河，即今之精河，在新疆准噶尔盆地南缘的精河县境内。精河县南部有第三系砂岩出露，与相距百五十公里的独山子油田的含油层位相同。由此可见，唐时把精河称之为石漆河，说明当时人们已发现精河上有石油。

杀青小考

恢欲杀青简以写经书。《后汉书·吴佑传》

※ ※ ※

杀青一词最早出现在《后汉书·吴佑传》。李贤注释说，“以火炙简令汗，取其青易书，复不蠹，谓之杀青，亦谓汗简。”

还有一种说法认为，初稿书于青竹皮上，取其于改抹，改定后再削去青皮，书于竹白，谓之“杀青”。也就是我们今天所谓的“删削”。明代著名的科学家宋应星在《天工开物》一书中认为，杀青是造纸的第一道工序——浸竹去青。他说：“浸至百日之外，加工槌洗，洗去粗壳与青皮（是名杀青）”。他进而把杀青看成是造纸的同义语。

我国考古工作者通过对灞桥纸（早于蔡伦纸）的研究分析，已经知道灞桥纸主要是由大麻纤维所造，但也混有少量的苧麻。用麻来造纸，采用的也是丝绵纸的制造方法。我国古代的劳动人民穿不起丝绸、丝绵，只好穿麻制品。古书上是把“布”（指麻布）和“帛”并提的，把“麻缕”和“丝絮”（指丝绵）并提的。当时制造麻缕，与制造丝绵的方法一样，也是在水中进行的，现在在北方农村中，还有沤麻的事情。《诗经》中就讲到“东门之池，可以沤麻”，“东门之池，可以沤纆”，“沤”就是把麻长时间地浸渍在水中。在水中制造丝绵的时候，竹席子总有残留着的丝绵，同样，在沤麻的时候，也总有细碎的麻筋落下来。竹席子上残留的丝绵可以做成丝绵纸。劳动人民在积累了做丝绵纸的经验以后，就很自然地采用这种方法，用细碎的麻筋制造植物纤维纸了。

中国自然科学研究室的潘吉星模拟实验汉代麻纸的制造过程如下：

汉代麻纸的制过程大体上是把麻头，破布切碎、用水洗涤。然后用草木灰水浸透并且蒸煮，这可以说是后世碱法化学制浆过程的滥觞。通过碱液蒸煮，原料中的木素、果胶、色素、油脂等杂质进一步被除去，用清水漂洗后，就加以舂捣，捣碎后的细纤维用水配成悬浮的浆液，再用漏水的纸模捞取纸浆，经脱干，干燥后就成纸张。如果纸表皱涩，还要研光，方能书写。

两晋南北朝时期，造纸的原料已经不限于树皮、麻头，破布和破鱼网等东西，西晋的文学家张华在他写的《博物志》中说，

剡溪（现在的浙江嵊县地区）出产古藤，可以造纸，所以就把纸称为剡藤。宋朝的赵希鹄写了一部《洞天清录集》，书中说晋朝大书法家王羲之和他的儿子王献之，有不少字是写在会稽出产的竖纹竹纸上的，竹纸不能离开杀青，由此可知，杀青最初是从晋朝开始的，而到唐宋时期，已能制造质量很高的竹纸了。

灌 钢

怀文造宿铁刀，其法，烧生铁精以重柔铤，数宿则成刚。以柔铁为刀脊，浴以五牲之溺，淬以五牲之脂，斩甲过三十札。《北史·綦母怀文传》

※ ※ ※

中国早期冶炼钢铁技术，最突出的成就，就是“灌钢”冶炼法的创造。这种冶炼方法，利用生铁的铁液灌入未经锻打的熟铁，不但能使产生强烈的氧化作用，把渣滓较快的除去，而且能使碳分较快的渗入，炼成品质较好的钢铁。

这种具有创造性的“灌钢”冶炼方法，至少南北朝时在南方已经普遍应用了。《重修政和经史证类备用本草》卷4玉石部引梁陶弘景说：“钢铁是杂炼生铤作刀镰者。”所谓“生”就是指生铁、所谓“铤”就是指熟铁，“杂炼生铤”就是把生铁和熟铁混杂起来冶炼。《重修政和经史证类备用本草》又引宋代嘉祐年间苏颂所著的《本草图经》说：“以生铤相杂和，用以作刀剑锋刃者为钢铁。”明末宋应星《天工开物》卷14五金部说：“生熟相和、炼成则钢”。方以智《物理小知》卷7金石类说：“生熟相炼则钢”。所说的也都是同样的意思。究竟用什么方法把生铁和熟铁混杂起来冶炼呢？东魏、北齐间（公元550年左右）有个讲究道术的人叫綦母怀文的，曾经炼造一种“宿铁刀”。所谓“宿铁”就是后世所说的“灌钢”。大概这种炼钢法，是在东晋南北朝期间发明的，在南方已很流行，所以陶弘景已把它当作炼钢的主要方法，而北方由于綦母怀文的开始运用，在襄国（今

河北邢台县西南)一带才逐渐流行。

当东晋南北朝时,这种具有创造性的灌钢冶炼法的发明,该和当时研究道术的炼丹家有关。炼丹家的目的在制仙药和炼金银,虽然他们本来的目的没有达到,但由于不断的用各种矿物配合和烧炼,发现了不少秘密,创造了不少新东西。炼丹家炼丹多在深山古洞,经常在高山峻岭人迹罕见的地方采集药石,为了避免野兽的侵害,需要佩带弓箭。他们很讲究锻炼宝剑,例如南朝的陶弘景,他不但是个炼丹家和药物学家,而且是个炼刀剑的专家,他曾著有《古今刀剑录》一书,《太平御览》卷665也引有他有关刀剑的长篇大论。炼丹家在炼丹和炼金银的过程中,运用多种矿石和金属作化合试验,必然会丰富冶金的知识,提高冶金的技术。这种用生铁熟铁相和炼的灌钢冶炼法,该就是由此创造出来的。

到宋代,这种灌钢冶炼法已在全中国范围内流行,成为主要的炼钢法了。宋代沈括《梦溪笔谈》卷3说:“世间锻铁所谓钢铁者,用柔铁屈盘之,乃以生铁陷其间,封泥炼之,锻令相入,谓之团钢,亦谓之灌钢。”这是说,在炼钢炉中把熟铁条屈曲地盘绕着,把生铁块嵌在盘绕的熟铁条中间,用泥把炉密封起来烧炼,待炼成后再加锻打,这样灌钢就炼制成功。他们利用生铁的含碳量高和熔点低,可以在温度较低时先熔化,让生铁的铁液灌入四周盘绕的熟铁中,和留存在熟铁内的氧化渣紧密地发生氧化作用,使熟铁中的渣滓除去,所含的碳到达适当的份量,终于转变成品质较纯的钢铁。因为这种钢的冶炼方法的主要特点,是用生铁液灌注熟铁,所以称为灌钢。又因为这种钢的冶炼方法是用生铁和熟铁团结起来炼成的,所以又称为“团钢”。

到明代,这种灌钢的冶炼方法又略有不同。明末方以智《物理小识》卷7金石类说:“灌钢以熟片加生铁,用破草盖之,泥涂其下,火力熔渗,取锻再三。”这是说:用熟铁片加上生铁,用泥涂的破草鞋盖住,运用炼钢炉的火力,使生铁的铁液“熔渗”到熟铁片中,再加锻打,便可炼成灌钢。明代李时珍

《本草纲目》卷8金石部说钢铁共有三种：“有生铁夹熟铁炼成者，有精铁百炼出钢者，有西南海山中生成状如紫石英者”。这里所说的第一种钢铁，即所谓“生铁夹熟铁炼成者”，就是指灌钢。这里所说的第三种钢铁，是根据《宝藏论》一书的，他曾引《宝藏论》说：“钢铁生西南障海中山石上，状如紫石英，水火不能坏，穿珠切玉如土也”。实际上天然的钢铁是不存在的，这是金刚石的误传。中国自从冶炼生铁技术推行以后，一般冶炼钢铁的技术有两种，一种是“精铁”炼成的“百炼钢”，一种是生铁和熟铁混杂炼成的灌钢。

百 炼 钢

有金刚拟紫石英，百炼不销，可以切玉。《旧晋书·西戎传》

※ ※ ※

在欧洲，自从中世纪中期创造了冶炼生铁的鼓风炉之后，所得到的铁主要是很脆的生铁。生铁因为太脆，不适宜制造工具和武器，所以冶金家不得不想法把脆硬的生铁炼制可锻的熟铁。不久就发明了用熟铁块来炼钢的方法，就是用熟铁块加碳来锻炼成钢。

据《论衡·率性篇》记载，“世称利剑有千金之价，……鱼肠之属，龙泉、太阿之辈，其本铤山之恒铁也。冶工锻炼成铄利，岂利剑之锻与炼乃异质哉？工良师巧，炼一数至也。试取东下直一金之剑，更熟锻炼，足其火，齐其铄，犹千金之剑也。夫铁石天然，尚为锻炼者变易故质。”从这段话，我们可以清楚地看到：在汉代用一般的铁经过锻炼也能成为钢了。

要由熟炼为钢铁，主要是依靠不断的锻炼，越锻炼也就坚韧。在晋和南北朝时代，已有一种所谓“百炼钢”。《文选》卷

注：本题参见《中国古代冶铁技术的发明发展》

25载晋刘琨《重赠庐谡诗》就曾说：“何意百炼钢，化为绕指柔。”《晋书·赫连勃勃记》载：在夏赫连勃勃称王的时候，曾任命叱干阿利做将，作大匠的官，制造一种“百炼钢刀”，刀上有龙雀形的大环，号为“大夏龙雀”。《太平御览》也载，南朝有一种“横法钢”，也是“百炼”成功的，或称为“百炼钢”。当时用“百炼钢”制成的刀，据说，能够斫断用头发丝悬挂起来的捆为一束的13根“芝”。到宋代，磁州的锻坊还有能炼“百炼钢”。据沈括的《梦溪笔谈》卷3说：我出使到磁州，到锻场观看炼铁，方才认识真钢。凡铁中有钢的，犹如面中有筋，要濯尽柔面，面筋才能显见。炼钢也是如此，用精铁在火中锻炼一百多次，每次锻炼后用秤来称，锻一次就轻一次。一直要锻到斤两不减的时候，便得到纯钢，从此就百炼不耗了。这时的铁精纯，颜色清明，磨光后便呈青而且黑的色泽，和一般的铁不同。也有炼到最后没有钢的，这是由于产地的关系。从沈括这段话，可知这种“百炼钢”的炼制，是用的渗碳法，所谓“精铁”当是一种熟铁，其中含有相当多的熔渣，沈括所说的这种“精铁”中的“柔面”，就是指其中所含的熔渣。当熟铁放在用木炭的炼钢炉中加热到摄氏800度到1000度时，碳分就会渗透熟铁块的表面，使熟铁块表面所含碳分均匀地混杂在铁的许多层中间，而把相当于“柔面”的熔渣锤打出去。这样不断的把熟铁块在木炭中加熟反复的折叠锻打，便能不断的使碳分增加而把熔渣除去，所以每锻一次，就轻一次，等到锻炼一百多次，熔渣既除尽，所含的碳分也增加，也就得到“纯钢”，从此就百炼不耗了。从来所有“百炼钢”都是由这个原理炼成的。但各地所产的铁，由于矿石的成分和冶炼方法有差别，成分不尽相同，如果含磷、硫等成分较多，铁就变得疏松而脆，不可能炼成“纯钢”。

石 流 黄 的 记 载

俗剪发齐眉，以饴粥涂之，昱昱然光泽。日三澡漱，然后饮

食。其国南界有火山，山旁石皆焦铍，流地数十里乃凝坚，人取以为药，即石流黄也。《北史·西域传列》

※ ※ ※

石流黄即硫黄。《淮南子》作“流黄”，《说文》作“留黄”，出产在相当于今日的四川、甘肃、山西地区。

硫黄有天然存在，人们很早就开采它。同时在冶炼中，逸出的刺鼻的二氧化硫和温泉中四溢的硫黄气直接地刺激着人们的感官。就在这些接触中，人们逐渐认识到硫的一些性能。除了获知它对某些皮肤病有特别的疗效外，还有某些奇特的性质，如《神农本草经》里说：“石硫黄……能化金银铜铁、奇物”，就是说硫能和铜铁等金属化合。我国最早一本炼丹著作东汉的《周易参同契》里，记载硫和水银化合生成红色硫化汞的反应。硫的这些性能在从事炼丹的方士眼里，很受器重。硫不仅能和钢铁等金属化合，还能把那神奇的水银制服。于是方士们在妄图用水银炼制所谓的“金液”、“还丹”中，常常使用硫。在实验中，人们还发现，硫着火容易飞升，性质活泼，很难擒制。怎样才能使它药性缓和变成比较容易控制呢？方士们采用了一种名叫“伏火法”的办法，就是拿某一种药或几种药，特别是金属或石质的药，用一定的火候，烧到一定程度，药经过“伏火”后，就失掉了原来的性能，用而其功用也就不同了。

硫黄“伏火法”，在唐初孙思邈的《丹经内伏硫黄法》中说得很详细。他说拿二两硫黄、二两消石，研成粉末，搁在销银锅子内，将三个皂角子逐一点着，然后夹入锅子内，把硫黄和消石烧得起焰火。等到烧得起焰火时，再拿生熟木炭三斤来抄，等到炭消三分之一，就退火，趁没有冷却时取混合物。这样就叫“伏火”了。

硫黄和消石等量同研，点着后已经能起一种类似火药的作用。公元一三三八年法国和公元一三四七年英国的初期火药的成分就只有消石，硫黄两种。在理论上，这个方子近似于

$2\text{KNO}_3 + 2\text{S} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2 + \text{N}_2$ 公式。除硫黄、消石外，再加上皂角子，可能发生膨胀力，有爆炸的性能；孙思邈只提到发生焰火，原因是炼丹家所用的药料是天然产生的，没有经过提炼，所以力量微弱。

我国古代的冶铁工场和技术

登、莱、徐、兖、凤翔、陕、代、邢、虢、磁、虔、吉、袁、信、澧、汀、泉、建、南剑、英、韶、渠、合、资二十四州，兴国、邵武二军，铁之冶七十七。《宋史·食货志》

※ ※ ※

我国古代的冶铁技术与对陨铁的认识有关。陨铁是流星堕落到地球上的一种物质，人们在长期观察陨铁的基础上，逐渐认识到了铁的性质，由于火的使用和冶铜技术的发展，与此同时，冶铁也开始了。河北藁城县商代遗址中出土的铁刃青铜钺、刀都是经过锻打的陨铁薄片，表明当时已有一定的锻造技术，并且对铁的性质有了一定的认识。

人类早期炼得的熟铁叫块炼铁，是矿石在摄氏八百到一千度的条件下，由木炭还原直接得到的，出炉的时候，是一种含有大量非金属夹杂物的海绵状的固体块。这是生铁的前身。它本身由于含碳量较低，所以很软，对于农业耕作是不方便的。随着鼓风设备的提高，人们已能把火烧到一千一百五十多度，在这样的条件下，块炼铁就变成了生铁，生铁出炉的时候，产品呈液态，可以浇铸成型，非金属夹杂物少，质地比较硬，便于耕作。可见，由块炼铁到生铁是炼铁技术上的一次飞跃。江苏六合程桥出土的春秋晚期的一件铁块，经科学分析，是白口生铁。到战国时代由于社会经济的发展，冶铁业也得到了进一步的发展。战国时代被发现或开发的铁矿已有不少。据《山海经·中山经》和《管子·地数篇》说，这时“出铁之山三千六百九”，这个统计数字不一定正确，但可知这时被发现的铁矿一定很多了。公元前二世

纪，秦始皇设铁官管理全国冶铁事业，汉武帝进一步实行盐铁官营，据《汉书·地理志》说，设“铁官”的共有下列49处：郑（今陕西省华县北）、夏阳（今陕西省韩城县南）、雍（今陕西省凤翔县南）、漆（今陕西省郿县）、毘池（今河南省滎池县）、安邑（今山西省夏县北）、皮氏（今山西省河津县西）、平阳（今山西省临汾县西南）、絳（今山西省曲沃县西南）、大陵（今山西阳文水县东北）、隆卢（今河南省林县）、河南郡（今河南省洛阳县东北）、阳城（今河南省登封县东南）、西平（今河南省西峡平县西）、宛（今河南阳县）、武安（今河北省武安县）、皖（今安徽省潜山县北）、山阳郡（今山东省金乡县西北）、沛郡（今江苏省沛县东）、都乡（在河北省境）、千乘郡（今山东省决青县东南）、千乘县（地点同千乘郡）、东平陵（今山东省历城县东）、历城（今山东省历城县）、京（今山东莱芜县西北）、临淄（今山东省临淄县）、灰牟（今山东省文登县西北）、琅邪郡（山东省诸城县）、下邳（今江苏省邳县东）、朐（今江苏东海县南）、盐渍（今江苏省盐城县）、堂邑（今江苏省六合县北）、桂阳郡（今湖南省郴县）、沔阳（今陕西省沔县东南）、武阳（今四川省彭山县东）、南安（今四川省夹江县西北）、临邛（高四川省邛崃县）、渔阳（今河北省密云县西南）、夕阳（今河北省滦县西）、平郭（今辽宁省盖平县）、陇西陵（今甘肃省临东县）、郁秩（今山东省平度县）、鲁国（今山东省曲阜县）、金城（今江苏省徐州市）、广陵国（今江苏省扬州东北）、营（彭山东省营县）、北平（今河省省满城县西）、东平国（今山东省皖平介东）、涿郡（今河北省涿县）。

汉代冶铜、铸钱、冶铁等手工业都具有相当规模，都使用大量“卒徒”来从事生产，“卒”是指服徭的兵卒，“徒”是指犯罪而罚充工役的人。据《汉书·贡禹传》记载，贡禹在元帝即位之初（公元前48年）曾上书说：当时铸炼的官和铁官所使用开铜铁矿的“卒徒”多到十万人，各地铁官所用的卒徒，一般都有几百

人。汉代的冶铁炉已很高大，据《淮齐书·刘俊传》载，刘俊曾说南广郡界蒙山有城名蒙城，约有二顷地，上有烧炉回处，高一丈，广一丈五尺，就是汉文帝时邓通冶铜之所，汉代冶铜的炉既如此高大，冶铁炉就该更大了。到东汉时代，在西北、西南、东北等边远地区已略有发展《后汉书·郡国志》所记载的产铁地点，除了西汉时没有铁官的地点以外，还有下列各地：巴郡的岩（四川省渠县东北）、越隲郡的台登列（今四川省冕宁县东和会元今四川省会理县）、益州郡滇池（今云南省晋宁县东）、永昌郡的不韦（今云南省保山县北）、北地郡的七居（今甘肃省宁县东）、渔阳郡的渔阳（今北京密云县西南）、泉州（今河北省武清县东南）。

到魏晋南北朝时候，北方由于长期的战争，社会经济受到破坏，冶铁业也不免受到影响，但是由于铁农具为农民必需之物，各地的冶铁业并没有安全停顿，《魏书·食货志》说：“其铸铁为农具兵刃，在所有之。”同时，由于战争的关系，冶铁业中军事工业部分也有一定程度的发展。例如，后赵的石虎曾在丰国、浞池建立冶铁业，南燕的慕容德曾在商山（今山东省桓台县东南，建立冶铁业等。梁时修筑浮山壁，曾用东西两个冶铁工场所存的铁器几千万斤沉在堰旁，可见当时铁的生产率已不低。

隋唐时期，制造农具和兵器，需要大量的钢铁，而且在工程建设中，采用灌铸铁或铅以加强构件之间的联系方法，如赵州桥的拱石之间穿以铁腰，考古学者在试掘唐乾隆墓道时发现，墓道全用石条筑砌，石条之间用栓板固定并用铅灌铸以固隙。唐代贸易的繁荣，需要大量的金属，这就使隋唐金属冶炼的规模和产量超过了前代。据《新唐书》载，九世纪初全国“岁采银万二千两、铜二十六万千斤，铁二百七万斤。”九世纪中叶，唐政府征收的税收“岁率铁五十三二千斤”。这些数字反映了当时的冶铁业是相当发达的。宋时，冶铁业又有新的发展，据记载，公元十世纪初，信州一地的铜铅矿就曾有十余万人昼夜开采冶铁用的矿石。王安石变法后的元丰年间（公元1078—1084年）一年产铁煤

五十万斤，比隋唐时增加了一倍多。

胆 铜 法

崇宁元年，提举江、淮等路铜事游经言：“信州胆铜古院二一为胆水浸铜，工少利多，其水有限；一为胆土煎铜，土无穷而为利寡。计置之初，宜增本损息，浸铜斤以钱五十为本，煎铜以八十。”诏用其言。《宋史·食货志》

※ ※ ※

早在西汉成书的《淮南万毕术》里，就有“曾青得铁则化为铜”的话。曾青又有空青、白青、石胆、胆矾等名称，其实都是天然的硫酸铜一般呈蓝色结晶体，因在空气里部分风化失掉水分成为白色，所以曾青又叫白青。东汉时的著作《神农本草经》也有“石胆能化铁为铜”的记载，这和上面的话是一致的。后来，在一些书里有类似“以曾青涂铁，铁赤色如铜”的记载。南北朝时期陶弘景所作的实验，又扩充了以前的范围，不限于硫酸铜，只要是可溶性的铜盐，就会和铁起置换反应。他说：“鸡屎矾投苦酒中涂铁，皆作铜色”。苦酒指醋酸。鸡屎矾也许是碱性酸铜或碱性碳酸铜。它们和硫酸铜不一样，都是难溶于水的东西，所以要加醋酸使它溶解。以上记载都清楚地表明，铁和铜盐能起反应，把铜盐中的铜置换出来。我们把金属活动顺序表和上面的记载略加比较，就能看出我们的祖先对这一现象认识的深刻程度。几种金属活动顺序依次是：钾、钠、钙、镁、铝、锌、铁、铅、铜、汞、银、铂、金。金属的位置越排在前面，它的金属活动性越强。铁在上面金属活动顺序表中排第七位、而铜却排在第九位，说明铁比铜活动得多。因此，铁能和铜盐起作用而置换出铜。我们的祖先并没有仅仅停留在上述这一认识上，到了宋元，或许还稍早些，已发展成水法炼铜的胆铜法而应用于生产上，成为大量生产铜的主要方法之一。据《宋史·艺文志》载有《浸铜要略》一卷。

所谓胆铜法，就是把铁放在胆矾（就是硫酸铜）溶液（俗称胆水）里，使胆矾中的铜离子被金属铁所置换而成为单质铜沉积下来的一种产铜方法。这种产铜方法，有许多优点。它可以就地取材，在胆水多的地方设置铜场、设备比较简陋、技术操作简单、成本低、“工少利多”，只要把铁薄片和碎块放入胆水槽中，浸渍几天，就能得到金属铜的粉末。胆铜法可以在常温下提取铜，不必象火法炼铜那样需要高温，这样既节省大量燃料，又不必使用鼓风，熔炼等设备。胆铜法还可以使含有铜的贫矿和富矿都能应用。

由于社会经济的发展，宋代铸币感到铜原料不足，加上水法炼铜的胆铜法具有上面的许多优点，所以宋代对胆铜法很重视，应用这种方法生产铜地方很多，据宋代文献记载，就有十多处。其中以韶州岭水（今广东曲江）、信州铅山（今江西铅山）、饶州德兴（今江西德兴）三场最为著名，规模也最大。北宋胆铜产量每年达一百多公斤，占当时铜总产量的百分之十五到二十五。南宋铜产量大减，但胆铜比重却比以前较高，宋高宗绍兴年间胆铜占总产量的百分之八十五以上。

胆铜的生产过程包括两个方面：一是浸铜，二是收取沉积的铜。各场所用方法，有同有异，但总括起来大概有三种：一种是在胆水产地就近随地形高低，挖掘沟槽，用茅席铺底，把生铁击碎，排砌在沟槽里，把胆水引入沟槽浸泡，分节用水板闸断，看上去呈阶梯状。利用铜和铁颜色不一，浸浴后待颜色改变，说明胆水里的铜离子，已被铁置换，然后把浸泡过的水放走，把茅席取出，沉积在茅席上的铜就可以收集起来。再引入新的胆水，周而复始地进行生产。另一种是在胆水产地设胆水槽，把铁锻打成薄铁片，排置槽中，用胆水浸没铁片，浸渍几天，薄铁片表面便有一层“赤煤”（铜的粉末）覆盖。把薄铁片从胆水槽中取出，刮取铁片上的赤煤。因赤煤几乎全是单质的铜。把它放入炼炉里略加炼制，新得纯铜。这种方法和前种方法大同小异。第三种是煎熬

法，把胆水引入用铁所做的容器里煎熬。这里盛胆水的工具既是容器，又是化学作用的参加者，煎熬一定时间，就在铁容器上得到铜。煎熬法的长处在于加热和煎熬过程中胆水由稀变浓，都可以加速铁和胆水中铜的置换反应，但是这种方法毕竟要用燃料，还需要专人操作，成本高，工艺多而利少。所以宋代胆铜生产多数胆场基本上用前两种方法。

传说“白日升天”的刘安

淮南王安为人好书，鼓琴，不喜弋猎狗马驰骋，亦欲以行阴德、招徕百姓，流名誉。待致宾客方术之士数千人，作为《内书》二十一篇，《外书》甚众，又有《中篇》八卷，言神仙黄白之术，亦二十余万言。《汉书·刘安传》

※ ※ ※

刘安（公元前175年—公元前122年），汉高祖刘邦之孙，刘长之子。刘长封为淮南王。汉文帝时，刘长因“谋反”罪被长徙（流放）蜀郡（今四川），死在途中，文帝宽大为怀，没有再加罪于刘长的四个儿子；并封其长子刘安为淮南王，其封地在今安徽淮河南岸的寿县，淮南市一带。

刘安为人明敏炼达，文才也很好。有一次文帝召见，命刘安仿效离骚体裁作赋。他日出时奉诏，早饭后就写好了，因此受到文帝的赏识。淮南地处淮河中游，当时是很富庶的地方。刘安又很敬重人才，所以一时四方有术之士和文人学者，都来投奔他。

“八公”（苏飞、李尚、左吴、田由、雷被、毛被、伍被和晋昌）便是这时被刘安所招纳的著名方士。据载，“八公”辅助刘安发明了豆腐。其他还有善于辞章的大山、小山等。刘安和他们在一起研究学问，讲求法术（炼丹术），共著内书二十一卷、外书若干卷，其中内书原名《鸿烈解》，后由汉代刘向校定，改名《淮南子》。外书的卷数很多，大部分散佚。清代学者从宋代所

編《太平御覽》中輯出的《淮南萬畢術》只是外書的一部分。

后来，在汉武帝时代，刘安和他聚集的一班炼丹者声势和影响越来越大，武帝对他们不放心，刘安终因“谋反”罪被迫自杀，并牵连很多宾客被诛。但在当时及后世的传说中，刘安和八公并非死于刀刃，而是“白日升天”的，还说盛在丹鼎（炼丹炉）里的“仙药”给鸡犬吃了，而鸡犬也随之升天成仙。所以有刘安得道，鸡犬升天的说法。现在淮南市八公山下，还有“丹井”的遗迹，相传这是刘安炼丹得道的地方。

炼丹术，是在科学不发达的古代，为求“长生不老”而炼制丹药的方术（方法和技术）。这种方术，世界各国都有，而以我国最早。至迟在公元前二世纪初叶，我国就有不少人会炼丹术。外国炼丹术的出现要迟几百年，并且很可能是从中国传过去的。

当时，所谓“仙丹”，是指一种红色的硫化汞。天然的硫化汞，称为“丹砂”。人工合成的硫化汞，名“银硃”或“灵砂”。古人因为丹砂的颜色和形态在加热时可以发生奇异的变化，所以便认为它与人的生死有联系。人吃了它以后，能使“发白更生黑；齿落生旧所，老翁复丁壮，耆妪成姹女”。即吃了仙丹，可以使人返老还童，成仙得道。这当然是无稽之谈。但是炼制丹砂时，人工合成了硫化汞，却是人类最早进行的化学实验，在化学发展史上有重要的启蒙意义。为近代实验化学起了奠基作用。

最初，求仙丹是在自然界寻找天然丹砂。例如秦始皇统一六国后，曾派徐福率领一支包括“童男童女数千人”的庞大队伍，渡海往“蓬莱仙岛”去寻找“长生不死之药”。后来，一些方士们发现，利用水银和硫磺，用火燃炼，能够人工合成丹砂。这样便兴起了炼丹术。刘安及其术士们便是一批我国早期的炼丹家。

炼丹家—刘向

上复兴神仙方术之事，而淮南有枕中鸿宝苑秘书。书言神仙

使鬼物为金之术，及邹衍重道延命方，世人莫见，而更生父德武帝时治淮南狱时得其书。更生幼而读诵，以为奇，献之，言黄金可成。上令典尚方铸作事，费甚多，方不验。《汉书·楚元王传》



炼丹术是近代化学的前身，导源于公元前二世纪。

炼丹术的目的在于求长生，成神仙。炼丹家以为人为万物之灵，只要虔诚地把自己的身体一神、气、精加以锻炼，可以达到长生，可以变成仙人，这叫做“内丹”。炼丹家又以为“黄金入火百炼不消，埋之毕天不朽”，是物质界中最宝贵的东西，它可以拿“上品药”中的丹砂制成，而所制成的黄金既可制作仙丹，又可用以再制较多的黄金，这叫做“外丹”。

我国自战国至汉初，盛行神仙之学。大家认为一个人要想成神仙，第一须服用仙药；第二须得到仙人的指示。但是，当时的所谓“仙药”只是些植物类的“奇芝”、“巨枣”，吃了也没有发生什么作用。传说仙人在海外，于是，有些人花许多钱去海外求仙，但没有成功。汉武帝时，有个叫李少君的，他知道武帝成仙心甚切，就向武帝建议：第一，虔诚地祭祀灶神，第二，拿丹砂制成黄金，再拿黄金制成饮食之器，如常用这种食器盛饭吃，就可以长寿，就可以见到仙人，从而自己也就变成仙人了。于是，汉武帝在民间广求丹药，并且招致方士亲自从事炼丹。可是没有成功。

刘向，字更生，楚元王之四世孙，初为谏大夫，宣帝招名儒方士，刘向以通达属文与焉。刘向自幼读过淮南王（即刘安）的《枕中鸿宝苑秘书》（即鸿烈解），并且模仿刘安的丹法炼制黄金未成。

《汉书》虽然没有记载刘向是如何炼制黄金的，但是刘向在校订《枕中鸿宝秘书》时，改名为《淮南万毕术》，《淮南万毕术》是刘安、刘向共同完成的著作，《淮南万毕术》载有“丹砂为

汞”，汞，即指丹砂所化成的水银，说明刘向已经掌握了关于物质特性和转化的一些化学知识。并且刘向的炼丹活动对后世炼丹家发生了重大影响，如汉黄门侍郎程伟根据《鸿宝》制金不成，很是懊丧，他的妻子拿药投入有银的筒中，据说，水银就变成银。晋道士李根煎铅锡，投入少许药，铅锡冷后也成为银。庐江太守华令思拿铁器销铅，投入药，铅也成为银，当然，这些银，并不是真银，而是干水银。

持怀疑态度的不懈炼丹家—陶弘景

（陶弘景）于是止于句容之句曲山。恒曰：“此山下是第八洞宫，名金坛华阳之天，周回一百五十里。昔汉有成阳三茅君得道，来掌此山故谓之茅三。”乃中山立馆，自号华阳隐居。始从东阳孙游岳受符图经法。遍历名山，寻访仙药。每经涧谷，必坐卧其间，吟咏盘桓，不能已。《梁书·陶弘景传》

※ ※ ※

陶弘景（公元452—536年），字通明，传说母梦青龙自怀而出生，幼年颇有异操，年十时得葛洪《神仙传》，昼夜研寻，便有养生之志，谓人曰：“仰青云，覩白日，不觉为远矣”。他既是一位韵文学家，又是一位炼丹家。他曾长时期从事炼丹的实验，《淮南子》称梁武帝送给黄金、朱砂、曾青、雄黄等有关矿物，叫他炼丹。他从梁天监四年（公元505年）到梁普通六年（525年），二十年间，凡经七次实验。中间经过多次失败，最后一次开鼎，光气照烛，形质似前，而加以彩虹杂色，据说成功了。

为了寻找炼丹的地方，他曾经改名换姓，潜至现今浙江省的温州和福建省的福州。据宋玉象之《舆地造胜》卷十一说，在浙江省的象山，有陶弘景的修炼之所。其地有炼丹井、炼丹灶、炼丹亭址等。但他真正进行炼丹的地方是他所隐居的茅山。据记载：陶弘景炼丹炉，在华阳上馆，陶弘景居丹井，在华阳上馆前石桥

之东，并见元刘上彬《茅山志》卷八《稽古篇》。

事实上，用一些矿物烧炼，成一定的丹药，会有某种化学反应是可能的。但是古代炼丹家幻想去制造可以服食成仙的神丹，则是荒谬的，是不可能的。但是值得人们注意的是陶弘景对炼丹的实验态度。首先对于采用什么丹方经过一番周密的考虑。他以为金丹的品类很多，象黄帝九鼎神丹、王君虹井，左慈九华之属（，注：有此义说九鼎神丹是气功用语有说是炼丹用语）有的方法舛略，不可凭用；有的丹方，有假冒附加的成分；有的丹方，因与北地交通阻绝，原料难办，也不敢试用。只有九转丹所用的药石，都可以寻找得到，制方的文辞也能够理解。于是决定采用九转丹方来营炼。这些考虑都是比较切合实际的。至于合丹燃鼎，他还能精巧地利用阳燧（即凹面镜）向日中取火。

据记载，头几次在茅山开鼎，显然没有成功。从南霍还茅山鼎事军营，皆不顺利。但不是没有仿佛成功的现象。“每开鼎皆获霜华”。他的门弟子都说这就成功了，但陶弘景认为不对。他根据丹家的说法来检验，以为没有这样那样的反应，就是没有成功的实验。当然丹家的话，往往带有神秘而隐晦的色彩，缺乏可的科学根据。但是他能够认真依照记载去试验，并且以为达不到那个样子，就是没有成功，这种严格的要求，以求成功于万一的试验态度当然是无可非议的。

有一点也值得注意，炼丹为了长生吗？看来陶弘景没有这种简单的信念。当初果武帝叫他炼丹，他就感到很为难，曾说：“吾宁欲学李少君耶！”李少君以丹方欺骗过汉武帝，所以陶弘景引以为戒。后来他在梦中觉得有人告诉他：“不必试，试亦不得。”世中岂复有白日升天人？这些都是他对炼丹求仙没有存成功希望的内心反映，不但在下意识有所反映，而且复见于行动，“于是乃不试”，所有这些，都说明陶弘景对于炼丹修仙的怀疑态度。

他一方面怀疑炼丹能够成仙，另一方面认真不苛地进行炼丹试验，这看起来似乎矛盾而实际并不矛盾。因为前者关系到他的

的信念，后者关系到科学的实验，后者不能以实现前者为目的。陶弘景没有把二者混为一谈，这是他的独特的精神。由于他进行过多次炼丹试验，积累了不少资料和经验。所以写成若干种有关炼丹的著作，如《合丹药诸法式节度》一卷、《集金丹黄白方》一卷，《太清诸丹集要》四卷、《炼化杂术》一卷等都是。我们知道炼丹术是近代化学的前驱，陶弘景认真地从事炼丹实验，并且写了不少有炼丹的专著，这在客观上对于原始化学的发展曾经作出了不寻常的努力。

葛洪与《抱朴子》

洪博闻深洽，江左绝伦。著述篇章，富于班马。《晋书·葛洪传》



葛洪（约公元281—440）年，晋代人，号“抱朴子”，即朴实之意。他出身在一个没落豪族家里，从小受过良好的教育，当然也受到儒家思想的影响，由于阶级的局限，他曾经镇压过石冰率领的农民起义，一生仕途坎坷。葛洪对科学技术的杰出贡献受到了当时和后人的称赞。他的著作对于后来道教的发展有一定的影响。许多有名的山岭都有纪念他的建筑物，最有名的是杭州西湖上的葛岭，那里刻着葛洪像的石碑，说明他对道教发展起了重要的作用。

葛洪平生著作很多。如《抱朴子》内外一百十六篇，《金匮药方》一百卷，《肘后要急方》四卷等，这些著作涉及到哲学、化学、医学等领域，在我国古代科学技术发展史中占有重要的地位。

葛洪是我国古代一位著名的炼丹家。他的炼丹思想是以儒术为基础的，《抱朴子》内篇共二十卷，而讲到炼丹的只有“金丹”、“仙药”和“黄白”三卷。葛洪对于炼丹的基本理论是认

为一切物质都可以改变，而在诚心的要求和适当的条件之下，可以变得出最宝贵的仙丹和黄金。如他认为：“变化者，天地之自然”，又说，“外国作水精碗，实是合五种灰以作之，今交广多有得其法而铸作之者；今以此语俗人，殊不肯信。……愚人乃不信黄丹及胡粉是化铅所作，……未所见少则所怪多，世之常也。”用自然科学的眼光来看，《抱朴子》为篇里的金丹、仙药和黄白三卷各有重点。“金丹”这一卷是以有无机物质炼出所谓长生的仙丹为主，他说：“丹砂烧之成水银，积变又还成丹砂。”在葛洪看来，煅烧红色的丹砂，可游离分解出水银。使水银和硫黄化合，生成黑色的硫化汞。在密闭的状态下，加热黑色的硫化汞，可以升华得到赤红色的晶状硫化汞（就是还丹）。这实际上已经把化学反应的可逆性问题提出来了。“仙药”这一卷是以讨论植物性的“五芝”与延年益寿为主，《抱朴子》中谈及的药物比前人增加了许多种，如铜青、矾石、慈石、寒羽涅，胡粉等，说明当时人们研究的矿物范围有了扩大。“黄白”这一卷是以讲所谓人造黄金和白银为主，这篇记述了关于铅的变化是可逆的，它说明铅白（碱式碳酸铅）加热后经过种种变化，可以变成铅丹（红色的四氧化三铅），铅丹加热可以再制或铅白。

在医学上，葛洪也有很大贡献。他的《肘后要急方》，是具有很高科学价值及实际临床意义的医学文献。为了方便民众，葛洪把自己旅行各地时收集的单方、验方及个人经验汇集成书，名为“肘后”，即随身携带的意思，正如书序所言：“率多易得之药，其不获已须买之者，亦指贱价草石，所在皆有，兼之以灸，不名孔穴，凡人览之皆了其所有。”《肘后备急方》载：“比岁有病时行，仍发疮头面及身，须臾周匝，状如火疮，皆载白浆，随决随生；不即治，剧者多死。治得差后，疮瘢紫黑，弥岁方灭。此恶毒之气。”这是我国古代记述天花病的最早文献。葛洪在《肘后备急方》中讲到的治疯狗咬伤方，已经初步体现了近代免疫学的思想，书中写道：“疗狗犬咬方，仍杀所咬犬，取脑傅

之，后不复发。：他反对巫覡、认为人是自然界稟性最高者，他说：“何神之有，学而已矣”，并无情地抨击了那些“当风卧湿而谢罪于灵祇，饮食失节而委祸于鬼魅”的人，指出：“蓂尔之体、自貽慈恩，天地神明，曷能济焉。”但作为道家的著名人物，他的思想很复杂，充满着矛盾和斗争，他既反对巫覡，主张医学普及民间，同时又主张符咒炼丹，让邪却祸，可见，他是具有明显的二重性的。

铸造工匠——綦母怀文

怀文造宿铁刀，其法，烧生铁精以重柔铤，数宿则成刚。以柔铁为刀脊，浴以五牲之溺，淬以五牲之脂，斩甲过三十札。《北史·綦母怀文传》



綦母怀文是我国东魏、北齐年间（公元550年左右）的一位铸造工匠。《北史·綦母怀文传》记载了他精于算术的故事：

“每云：‘昔在晋阳为监馆，馆中有一蠕蠕客，同馆胡沙门指语怀文云：‘此人别有异算术，乃指庭中一枣树云：‘令其布算子，即知其实数。乃试之，并辨若干纯赤，若干赤白相半。于是剥数之，唯少一子，算者曰，‘必不少，但更撼之，果落一实。’”

这个故事虽带有夸张色彩，但綦母怀文善工巧思，是确信无疑的。《北史·艺术列传》有他造刀的记载，记载上说，綦母怀文锻造宿铁刀的办法是，将生铁和熟铁配置在一起、经过反复烧炼，就成了钢，用这种钢打造成的刀，刀脊是用“柔铁”为材料的。然后，用牲畜的尿水和油脂进行退火处理。这样制成的刀，锋利无比，可以斩断三十层铁甲。

《北齐书·方侠列传》中也有同样的记载，而且从记载中可

注：本题参见《中国历史上的能工巧匠》

了解綦母怀文用来造刀的钢，是这样炼成的：即将一定量的生铁和熟铁料宿配在一起，生铁在上，熟铁料在下，置于高温中；达到一定温度后，生铁被熔化，并渗注进熟铁料中。记载中被称为“柔铤”的，就是熟铁料，《说文解字》中有“铤，铜铁朴也。”朴，就是原料的意思。经过这样“数宿”，熟铁料就炼成了钢。这种钢被称为“宿铁”，也就是后世所说的“灌钢”。这是其巧之一。

其巧之二，用熟铁作刀脊，是为了使整把刀富有弹性和韧性，不易折断。不过，这种炼造技术并不简单。就当时已具备的冶炼技术，用熟铁作刀脊，无非两种方法：一种是锻打，一种是灌钢。显然，綦母怀文采用的是灌钢工艺，即让刀的刃部在高温中多次接受生铁液的渗灌，在强烈的氧化作用中，使刃部的熟铁成为含碳量达到一定标准的“灌钢”。这样“灌”出来的刀自然“钢刃铁脊”，十分理想了。

其巧之三，用“五牲”的尿水和油脂作退火处理。这是淬火法。五牲、古代说法不一，有的说是牛、羊、豕、犬、鸡，也有的说是麋、鹿、麝、狼、兔。不管怎么说，綦母怀文用来淬火的是牲畜的尿液和脂肪，这说明綦母怀文已经掌握和运用了酸性及油性淬火法，这种淬火法，在当时可能是最进先的金属热处理方法。

綦母怀文用这些先进炼造方法制成的刀，其锋利程度自然为一般利刃所莫及。据史料记载，这种“宿铁”刀斩“甲过三十札”，就是说，一次能斩断三十层布满铁叶的甲衣。把这种刀称为：“削铁如泥”，则是毫不夸张了。

孙威和孙拱

孙威，浑源人。……善为甲，尝所意制蹄筋翎根铠以献，太

注：本题参见《中国历史上的能工巧匠》

祖亲射之，不能撤，大悦。……

子拱，……巧思如其父，尝制甲二百八十袭以献，至元十一年，别制叠盾，其制，张则为盾，敛则合而易持。《元史·方技传》



孙威，元代浑源（今属山西省）人，年轻时应募从军。在蒙古军中不仅作战骁勇，而且是一位极有巧思的铠甲制作匠。长期的军旅生活和刀刃相见的激烈战斗，使他积累了丰富的铠甲制作的经验和教训，为铠甲制作工艺的提高和改进，作出了重要贡献。在孙威制作的铠甲中，“蹄筋翎根铠”是他苦心摸索、反复实践而制成的一副名甲。这副铠甲，是用牛蹄筋为索穿成的，铠上的甲片排列得如鸟翎一样，覆盖得相当周密，但又不笨重，披挂在身，十分轻便自如。孙威制成这副“蹄筋翎根铠”后，把它献给元太宗窝阔台，并且建议大量制造。开始，元太宗并不相信这么一副轻薄的铠甲有什么大的防御能力，所以亲自弯弓搭箭进行穿透性试验，这副“蹄筋翎根铠”果然未被射透。元太宗见孙威能制造出如此坚固的铠甲，十分高兴，不但“赐名、赐金符”，并委任孙威为顺天、安平、怀州、河南、平阳诸路工匠都总管。

孙威的儿子孙拱，“巧思如其父”，也是一个出色的甲盾制造能手。他曾经制造二百八十副坚固的铠甲，献给元世祖忽必烈。孙拱最突出的成就，是在公元1274年发明了“叠盾”。盾是古老的作战兵器。据说，我国自黄帝时代起已有了盾。从《韩非子》所载的“自相矛盾”的寓言中可以看出，战国时代已能制造很坚固的盾。这种盾的作用，是在作战时捍蔽自己，因此用处很大；但也有个缺点，就是面积过大，行军、作战携带不便。如果做小了，则无法达到有效捍蔽自己的目的。孙拱在甲盾制作中，用心总结前人的经验，反复进行试验，终于创试成功一种“张则为盾，敛则合而易持的“叠盾”。这种盾，作战时可以张开，行

军时可以敛拢，张合自如，使用和携带均十分方便。不过，这种叠盾的结构究竟如何，现在已无法详知了。可以想象的是，这种盾值，张开时也一定有相当的坚固程度，否则是难以抵御锋利的刀剑和急矢的力量的。正因为孙拱创制的这种盾牌，既有有效捍蔽自己的作用，又有叠合携带的便利，所以元世祖忽必烈才大加欣赏，以为古所未有。

孙拱的制甲技艺也得其父传。忽必烈南征时，因“甲冑不足”，下诏让各地的制甲工匠分担赶制任务。结果，孙拱带领的一批制甲匠人首先完成了任务。而且所制铠甲如虎豹异兽之形，制作的技艺各不相同，得到忽必烈的嘉奖。孙拱由于在军械制作上的才能和贡献，先后被任命为大都路军器人匠总管、工部侍郎等职。

医 药 学

人体病理解剖

时沛郡相县唐赐往彼村彭家饮酒还，因得病，吐虫二十余物，赐妻张从赐临终言，死后刳腹五脏悉，摩碎。郡县以张忍行刳剖，赐子副又不禁止，论妻伤夫，五岁行，子不孝父母，子弃市。《南史·顾凯之传》

※ ※ ※

所谓病理解剖，就是在人体死后，有目的地对尸体进行解剖，以寻找致死的原因及疾病所引起的病变等。《南史·顾凯之传》中记载的一段（见题首引文）关于死后解剖的材料，是世界上最早的人体病理解剖记录。

这段故事的内容是说：有个名叫唐赐的人，原籍在沛郡相县（今安徽省濉溪），因为经常喝酒，患一种疑难奇症，吐出虫二十多条，生命危垂。临终时，他叮嘱自己的妻子张氏，要她在死后把尸体进行解剖，以弄清楚究竟是什么病症。唐赐死后，张氏根据遗嘱，对尸体进行了解剖，观察了尸体的五脏六腑。终于弄清了唐赐的一些体内病变。

在封建社会里，儒家的礼教教义是不允许毁伤人体的。张氏进行这种病理解剖尝试，被认为是大逆不道，而被郡县的官吏处以死刑；甚至唐赐的儿子唐副也以“未加阻拦、忤逆不孝”的罪名而被同时处以死刑。这是公元五世纪左右的事情。

注：本题参见《中国医学史上的世界纪录》

古代希伯莱人虽然做过尸体解剖，但他们所做的是动物解剖，而不是人体解剖，而且也只是为了弄清哪些动物肉能吃，哪些不能吃，而不是为了弄清疾病的情况。

到公元十一世纪的宋代，苏颂主编了一本中药书叫《本草图经》（此书后来失传），其中就记载有一段人体病理解剖的事例：“昔患有症癖死，遗言必开腹，切之得病块如石，文（纹）理有五色，削为刀柄……。”这段记载说的的是一个患腹部肿物的人，留下遗言，要在死后进行解剖。后来，从尸体解剖中，发现有一块石头。文中虽然没有说这块病石长在什么部位、什么器官，但据现代医学知识，这种病态石头可经是胆囊结石，也可能是肾结石或膀胱结石。

据说，欧洲是1302年在波罗那由巴托罗密欧、瓦利那那对一例怀疑是中毒死亡的病例做了尸体解剖。为了纠正古罗马的盖仑的错误，到十六世纪，费努进行了许多尸体解剖，特别是对结核病的患者，做得最多。从此以后，尸体解剖在欧洲就逐渐盛行，甚至成了医学研究必要的、不可缺少的手段和方法。

我国古代医学的师祖——扁鹊

扁鹊者，勃海郡郑人也，姓秦氏，名越人。少时为人舍长。舍客长桑君过，扁鹊独奇之，常谨遇之。长桑君亦知扁鹊非常人也。出入十余年，乃呼扁鹊私坐，闲与语曰：“我有禁方，年老，欲传与公，公毋泄。”扁鹊曰：“敬诺。”乃出其怀中药予扁鹊：“饮是以上泄之水，三十日当知物矣。”乃悉取其禁方书尽与扁鹊。忽然不见，殆非人也。扁鹊以其言饮药三十日，视见垣一方人，从此视病，尽见五脏症结，特以诊脉为名耳。为医或在齐，或在赵。在赵者名扁鹊。《史记·扁鹊仓公列传》



注：本题参见《历代名医传略》

扁鹊，姓秦，名越人，又号卢医，渤海郡郑（今河北省任丘县）人，约生于公元前五一四世纪，是位周游列国的民间医生。他热心为人民治病，博得了人民的崇敬，人民把他比做上古黄帝时代的名医扁鹊，表示对他的尊敬。他不但继承和发展了前人的丰富的医学遗产，同时又总结了人民群众的智慧 and 实际经验，在祖国医学上有着重大的创造和贡献，被后人认为是四诊法的奠基人而推崇为我国古代医学的师祖。

扁鹊青年时期曾在客店当过舍长（相当旅店经理）。店客长桑君常来常往，先后十余年，扁鹊认为他不是一般的人，所以对他很尊敬。长桑君经过多年的接触，也觉得扁鹊是个可造就的人，所以对他很重视，把自己的医术传给了他。长桑君是这样对扁鹊说的：“我有禁方，年老，欲传于公，公毋泄”。扁鹊恭恭敬敬地接过秘方，并拜长桑君为师，经过多年的刻苦学习与临床实践，终于成为出色的医生。

在临床上扁鹊不仅善于用汤药治病，还善于运用针灸，砭石、蒸熨、按摩等疗法，以及各种方法的综合治疗。据《史记·扁鹊仓公列传》记载，扁鹊有一次行医来到陕西的虢国，正遇到太子急病死亡，预备下葬。扁鹊仔细检查一下尸体，发现尸体下还有些温暖，似乎还有细微呼吸。便立刻让徒弟用针来针刺百会穴，针刚扎入，病人果然恢复了知觉，经过用药调理，二十天后太子完全恢复了健康，原来太子是患“尸厥症”（现代医学称为休克）。因扁鹊综合的运用了切脉、望色、听声、写形四诊来诊断病情，再加上治疗得法，所以收到了起死回生的效果。人们称赞说：“天下尽以扁鹊能生死人”。即能使死人复生。扁鹊却说：“我不能使死人复活，太子能活过来，是因为他本来就没死，我不过是把垂危的太子治好了而已”。司马迁在《史记》中高度赞扬他说：“至今天下言脉者，由扁鹊也。”

扁鹊不仅善于切脉，而且还会望诊。据《史记》记载，扁鹊来到了齐国，见到了齐恒侯田午，通过望诊发现齐恒侯有病，于

是他说：“君王有病，在肌肉和皮肤之间，如果不医治的话，恐怕要厉害起来。桓侯说：“我无病。”扁鹊出去后，桓侯说：“当医生的就喜欢给没有病的人治病，想借此表表功。”过了五天，扁鹊又来拜见桓侯说：“君王的病到了血脉，如果不治的话，会越发厉害起来。”桓侯没有答理他，听后很不高兴。过了五天，扁鹊再次拜见桓侯，说：“君王的病到了肠胃之间，如果再不治疗的话，会越发厉害起来。”桓侯还是没有理睬他。又过了五天，扁鹊远远看见了桓侯，转身就跑走了。桓侯特地派人去询问，扁鹊说：“疾病在皮肤和肌肉之间，应用汤药、热熨就可以治好；病在血脉，可用针灸治好；病在肠胃内脏，可以内服酒醪汤药治好；现在病已到骨髓，我已没有办法了，只好躲开。”过了五天，桓侯果然遍体剧痛，派人四处寻找扁鹊，原来他已经到秦国去了。结果桓侯死掉了。

扁鹊行医于中原各省，他能根据人民群众的需要随俗为变。到邯郸时，听说那里重视妇人，便为“带下医”（即妇科医生）；到雒阳时，听说周人爱老人，便为“耳目痹医”（五官科医生）；到咸阳时，听说秦人爱小儿，便为“小儿医”。这些都说明扁鹊精通各科，且能根据当地的需要，努力为人民解除疾苦。

扁鹊是一个具有朴素唯物主义思想的人，他在当时和巫医斗争中，明确地反对巫术，说病有六种不可治。“骄恣不论于理，一不治也；轻身重财，二不能治也；衣食不适，三不治也；阴阳并藏，气不定，四不治也；形羸不能服药，五不治也；信巫不信医，六不治也。”扁鹊是当时杰出的医生，他的高超医术引起御医们的妒嫉，秦武王的太医令李醯自知医术不如扁鹊，便派人暗杀了他。扁鹊逝世了，人民为了纪念他建陵墓、立碑石、筑庙宇，以此来表达对他的崇敬。

淳于意首创医案

太仓公者，齐太仓长，齐太仓长临菑人，姓淳于氏，名意。少而喜医方术。高后八年，更受同郡元里公乘阳庆。庆年七十余，无子，使意尽去其故方，更悉以禁方予之，传《黄帝》、扁鹊之脉书，五色诊病，知人死生，决嫌疑，定可治，及药论，甚精。受之三年，为人治病，决死生多验。《史记·扁鹊仓公列传》

※ ※ ※

淳于意（公元前215—？），齐临淄（今山东临淄）人，因任齐太仓长之职，所以人们称他为太仓公或仓公。他少年时喜好医学，曾学医于临川公孙光，受业于同郡元里的公乘阳庆，阳庆年七十余，无子，便将黄帝扁鹊之脉书、《五色诊》、《药论》等书全部传授给他。他也精心学习，运用于临床。淳于意在祖国医学上的贡献是首创医案。他给人看病，都要把患者的姓名、职业、地址、病情、治疗经过、预后等记载下来。当时将其医案称为“诊籍”。在《史记》里记述了文帝十三年（公元前67年），曾诏问淳于意给人看病的情况，意即举出二十五例以对。在这二十五例中，列举了成功的十五例，失败的十例。这是我国现存最早的实事求是的医案。汉文帝曾问他病人是否都能治好？淳于意回答说：“时时失之，臣意不能全也。”这是老老实实的科学态度。在这二十五例中，所记载的病名有疟、气膈、涌疝、热病、风痹、肺消痹、遗积瘕、迴风、风蹶、热蹶、肾痹、蛲瘕以及伤脾气、肺伤等。所论病因，以房事及饮酒最多，其次是过劳汗最出，风寒湿等外邪。对龋齿，他认为是不注意口腔卫生，食而不漱引起；“沓风”是由于嗜酒所致。在诊断方面，他很注意望色和切脉，在二十五例医案中就有十例是根据脉象来判定生死的。

注：本题参见《历代名医传略》

在治疗方面，他所使用的方法有汤剂、散剂、含漱剂、药剂、丸药，还有刺法、灸法、冷敷等。

此外，他还反对信从方士炼丹服石，也是非常科学的。因为在秦汉时，统治阶级为了追求长生不死，以便永远过着骄奢淫逸腐朽的生活，炼服“五石”，几乎成为一种风气。由于长期服用，不少人中毒致死。因而他曾劝说过当时齐王侍医遂，不要炼服“五石”，并指出这种做法的危害性。这种主张，在医案中可以看到。据记载，齐王的侍医生了病，正在服用自己配制的五石散。仓公来了，侍医说：“您来的正好，快给我看看病吧！”仓公切过脉，对他说：“您的病为中热。医论上讲：中热者不可服五石。石药性情刚烈，您不可服。再服下去，必定生疮发痛。”侍医说：“扁鹊讲：阴石以治阳病，阳石以治阴病。石药也有阴阳水火刚柔的不同。所以，中热则用阴石柔剂治之，中寒则用阳石刚剂治之。”仓公说：“您老先生所论太迂阔了。扁鹊虽如此讲，但是还必同详细诊察，辨证论治。哪能仅据只言片语，便贸然用药呢？”然而侍医没有听仓公的规劝，继续服他的五石散。过了百余天，果然胸部生恶疽而死。

仓公不仅在继承前人学术上做了很大努力，而且在启迪后人方面，也是一位热心的医学传播者。他的徒弟很多，见诸记载的有宋邑、高期、王禹等人。宋邑是临淄人，跟仓公学过一年五脏诊病。高期、王禹是济北王的太医，跟仓公学过切脉、俞穴流注以及针石砭灸等。他的这些学生，后来都成为汉代名医。由此可见，仓公在医学教育方面也是很有贡献的。在医学史上，仓公称得上是一位承前启后的重要医家。

涪翁及其弟子的医术

郭玉者，广汉雒人也。初，有老父不知何出，常渔钓于涪水，因号涪翁。乞食人间，见有疾者，时下针石，辄应时而效，乃著《针经》、《诊脉法》传于世。弟子程高寻求积年，翁乃授

之。高亦隐迹不仕。玉少师事高，学方诊六微之技，阴阳隐侧之术。和帝时，为太医丞，多有效应。帝奇之，仍试令嬖臣美手腕者与女子杂处帷中，使玉各诊一手，问所疾苦。玉曰：“左阳右阴，脉有男女，状若异人。臣疑其故。”帝欢喜称善。《后汉书·方术列传》



东汉初年，涪水（也叫涪江或内水，发源于四川省松潘县，附近有一位隐居的老人，由于他不肯讲出自己的姓名，人们便因他常在涪水垂钓而称他为“涪翁”。这位老人是一位精于针术的针灸学家。宋代周守忠著《历代名医蒙求》说他闻知病人时，“不限贵贱，皆磨踵救之而不求报”。可是《后汉书》却说他“乞食人间”，以至连姓名都不传。这种说法固不可信。涪翁医术很高明，病人经他治疗，总是手到病除。他还具有很高的针灸学理论水平，著有《针经》和《诊脉法》，可惜这两部书都失传了。涪翁将医术传给弟子程高，程高再传弟子郭玉，均成为当时著名的针灸学家。

程高青年时就喜好医术，到处寻访名师高手。听说涪翁针术高明，不辞辛苦，爬山涉水，终于找到了涪翁，拜在涪翁门下，但涪翁并未立即收他做弟子，而是经过几年的考察之后，知道了他学医确实不为名利，看出了他是一个有理想、有志气、又有埋头苦学精神的人，才将自己的医术全部授予了程高。程高学成之后，也和涪翁一样，关心群众，热心为群众解除病痛，深受人民爱戴。程高对自己的成就并不骄傲。他不断地钻研，博采众方，终于在学术上有了更深的造诣，成当时针灸名家。

郭玉系广汉（今四川广汉）人。从师于程高，除擅长针灸之外，还精于切脉，曾任汉和帝时太医丞，治病多有效验。有一天，和帝要试郭玉的医术，令嬖臣中美于手腕者与女子杂处帷中，使郭玉各诊一手，问所苦疾，郭玉从脉上立即辨出了性别不同，

说：“左阴右阳脉有男女……”和帝只得敬服。

郭玉虽的然作了太医丞，并受到了和帝的信任，但是他并没有被统治阶级的奢侈生活所腐蚀，没有改变先师涪翁和程高的那种接近劳动人民，为群众解除疾苦，竭尽心力的高尚医风。据说，郭玉当时为劳动人民治病效果极好，给那些达官贵人治病却不能这样。为此，和帝曾派人换到衣服，装成劳动人民模样去找郭玉治病，竟也一针即愈。这件事曾使和帝很不高兴。郭玉反对封建贵族迷信巫祝，追求长生不老的腐朽生活，他对汉和帝说过，封建贵族的疾病不易治愈的原因，是由于他们不听医嘱，自作主张；好逸恶劳，不知调养身体；筋骨柔弱，不能用药等。但又提出“医之为言意也”，治病的道理“不可得言”，这些说法，反映他思想的局限性。

外科始祖——华佗

（华佗）精于方药，处齐不过数种，心识分殊，不假称量。针灸不过数处，若疾发结于内，针药所不能及者，乃令先以酒服麻沸散，既醉无所觉，因剖破腹背，抽割积聚。若在肠胃，则断截湔洗，除去疾秽，既而缝合，付以神膏，四五日创愈，一月之间皆平复。《后汉书·华佗传》

※ ※ ※

华佗的名字，在中国几乎是家喻户晓，妇孺皆知。在我国古典文学名著《三国演义》里，曾两次提到关于华佗的治病故事：一次是华佗替关云长“刮骨疗毒”，一次是用针灸给曹操治头风症。虽然小说中的故事未必完全真实，但关于华佗的高超医术描写，却给人们留下了极为深刻的印象。而在《三国志》、《后汉书》、《脉经》和《甲乙经》里，关于华佗事迹的记载，应该说是完全真实可信的，因为这些书的作者所处时代皆去华佗不远。

华佗，又名雋，字元化，东汉末年沛国谯县（今安徽省亳

县)人,大约先活在汉顺帝永和年间到汉献帝建安十三年(公元141—208年)这一时期。但据《后汉书·华佗传》载,“时人以为年且百岁,而貌有壮容”,他的出生年份可能还要向前推。然而建安十三年之时华佗被曹操杀害于许昌一事,见于许多史书,这大概是不会错的。

华佗自幼勤奋好学,通晓“五经”,学识渊博,尤精医学。在连年战祸不断的情况下,他一面游学,一面行医,足迹踏遍安徽、江苏、山东等省,为人治病,解除人们疾病、伤残的痛苦。同时,广泛搜集散落民间的医方,加以总结提高。由于华佗努力学习,长期实践和富有革新创造精神,终于掌握了丰富的医学知识和高超的医疗技术。特别是首创“麻沸散”,用中药麻醉进行剖腹等重大外科手术,开创了世界手术麻醉的先河,比国外人工麻醉术要早一千五百多年。这是华佗对于世界医学科学的重大贡献。

华佗之所以能获得这样大的成就,是与他热爱人民和善于集中众人智慧分不开的。当他看到路人有病时,他便主动地告诉他得了什么病,这种病应该怎样治疗。而人们也主动把自己的防病、治病的经验和偏方告诉华佗。由于华佗深受民众的爱戴和敬仰,千余年来,一直被尊称为中国的“医圣”。在很多地方,建立华佗庙,纪念他。华佗热爱人民,关心众人疾苦,但同时在官僚和权贵面前,却威武不屈,表现了一个正直的科学家的崇高品质。由于华佗的名声很大,学识渊博,沛国相陈珪,荐举他为“孝廉”,到朝中去做官;太尉黄琬也曾多次请他出来做官,都被华佗婉言拒绝。后来曹操要把他留在身边做“侍医”,华佗不屈从,终于被杀。

华佗最重要的成就,是发明中药麻醉剂一麻沸散,用于外科临床手术。同时他又是我国历史上明确记载的第一位施行剖腹手术的医生,所以他又被人们推崇为中国的外科“鼻祖”。据《后汉书》中“华佗传”所载的病例来看,当时他已经能够成功地进

行摘除腹腔内的“积聚物”，相当现代切除阑尾、胃肠吻合等剖腹手术。在动手术前，他先让病人用酒冲服麻沸散，待病人全身麻醉后，就用刀剖开腹部，进行手术；然后缝合刀口，敷上药膏。几天后伤口即能愈合，一个月左右病人就能行动如常了。如：有一个车夫突然肚子疼得很厉害，来请华佗看病。华佗全面诊视之后，断定他患的是肠痛（阑尾炎）。于是用麻沸散施行全身麻醉，并迅速剖开腹腔，割掉阑尾，缝合了刀口。手术后不久，这个脚夫就恢复了健康。可惜的是，华佗死后，麻沸散也就失传了。据后人研究，麻沸散是用羊躑躅（闹羊花）三钱、茉莉花根一钱、当归三两、菖蒲三分、掺水煎汁；另一种说法是，它由曼陀罗花一斤、生草乌、香白芷、当归、川芎各四钱，天南星一钱，共六味药配制而成的。近人杨华亭著的《药物图考》中说，麻沸散的主要药物是麻黄。杨本人曾亲自服用过此药，证实该药确有麻醉作用。虽然，麻沸散的组成药物尚有待于进一步研究，但值得高兴的是，近几年来，我国医务工作者努力发掘祖国医学遗产，应用曼陀罗花等中药，进行全身麻醉获得成功，使这已失传的中药，麻醉术重放光彩。临床实践证明，使用中药麻醉，具有安全可靠、抗休克、抗感染等优点。这也是华佗的先导之功。

倡导体育疗法、创立“五禽戏”，是华佗又一大贡献。“五禽戏”是一种保健体操，它的每一个动作，模仿一种动物的一种姿态：如虎，上肢摆扑；如鹿，伸转头颈；如熊，卧倒伏倒；如猿，踞脚尖纵跃；如鸟，展翅飞翔。华佗一面身体力行，坚持进行体育锻炼，一面在众人中倡导。他经常组织住地附近的人们，特别是老人和小孩，进行五禽戏的活动。据传说，华佗的邻居有个小孩名叫珍儿，从小身体瘦弱，经常拉肚子。华佗叫他每天做五禽戏，三个月后，珍儿就不再拉肚子，身体也长结实了。他的徒弟吴普，也因为坚持五禽戏锻炼，而活到九十多岁。

华佗不仅精于外科，而且对内科、妇科、儿科都有很深的造

诣。有一次，华佗给一个病妇看病。根据脉象，华佗断定她是孕期受伤，胎儿未下引起的。病妇的丈夫不相信，说：“孕期受伤是事实，但是胎儿已经生下来了。”过了一百多天，这个妇女的病情加重，只好再次请华佗来看。华佗详细观察之后说，“脉象如前。原是双胞胎，第一个小儿生出来后，由于母亲失血过多，致使第二个生不下来。现在第二个胎儿已经死在母亲腹中了。但扎针、吃药，仍不见死胎降下。华佗说：这是由于死胎已经干枯了的缘故，需要外人取出来。他告诉一个妇人用手按摩探摸，果然取出一个变黑了的死胎，从而挽救了这个产妇的生命。

在内科方面，华佗善于透过表面症状而抓住本质，辨证施治，对症下药。有一次有两个人同时来找华佗看病，他们症状一样，都是头痛发烧。华佗经过仔细诊察之后，却给他们开了两个不同的处方。一个是泻下药，一个是发汗药。有人对此迷惑不解，问华佗下药不同的道理。华佗说，二人虽然病症相同，但是一个患的是外感风寒症（感冒），一个是热症（内伤饮食引起的），得病的原因不同，当然用药也就不能相同。果然，二人服药后，病都好了。

华佗所掌握的医疗技术也是很全面的。除了精于外科手术外，还善于汤药、水疗、放血和针灸等多种方法治病。特别是对于针灸，还有所创新。据史书记载，他针灸时，取穴少而疗效高。他还根据自己的临床经验，创用“夹脊穴”。他的弟子樊阿，继成了他的针灸技术，善用深刻。他针背部“夹脊穴”入一、二寸，针腹部穴甚至深入五、六寸，大大突破了“针之不过四分”的陈规，提高了疗效。

孙思邈与《千金药方》

照邻有恶疾，医所不能愈，乃问思邈：“名医愈疾，其道何如？”思邈曰：“吾闻善言天者，必质之于人；善言人者，亦本之于天。天有四时五行，寒暑迭代，其运转也，和而为雨，怒而

为风，凝而为霜雪，张而为虹霓，此天地之常数也。人有四肢五藏，一觉一寐，呼吸吐纳，精气往来，流而为荣卫，彰而为气色，发而为音声，此人之常数也。阳用其形，阴用其精，天人之所同也。……”《旧唐书·孙思邈传》



孙思邈（公元581—682年），京兆华原（今陕西省耀县孙家塬）人，生于隋文帝开皇元年，卒于唐高宗永淳元年，享年一百零二岁。

孙思邈历经隋、唐二代，主要生活在政治经济、科学文化空前繁荣的盛唐时代。他自幼博览群书，知识广泛。七岁便能日诵千言，二十岁能通百家之说。然而，他小时候多病，为看病买药而罄尽家产。十八岁时立志学医，要把毕生的精力献给医学事业。由于他勤求古训，博采众方，年轻时，医道就已很高明，远近求医者甚多。隋文帝曾征召他至京授官，唐太宗、唐高宗聘请他任国子博士，他都一一拒绝了，孙氏长期居住在民间，以极大的兴趣和精力深入群众，周游各地，潜心搜集流传在广大人民群众和少数民族、文人学者、官僚、宗教界以及外国传人的众多医方。他跋山涉水，风餐露宿，转展爬上五台山、太白山、峨眉山，采集药材，精究药性。他对针灸、养性、食疗、预防、卫生、外来医药、炼丹进行了广泛而深入的研究。正由于他通晓养生之术，一变羸弱之体，而至百岁犹“视听不衰，神采甚茂”。他系统地总结了唐以前医学发展的丰富经验，结合八十年临床经验，写成两部医学巨著《千金药方》三十卷、《千金翼方》三十卷。他在自序中明确指出：“人命至重，有贵千金”，他以人命重于千金为比喻，以“千金”命其书名。

在这两部书中，孙思邈不仅收录了唐以前的“经文古方”

注：本题参见《见历名医传略》

而且还记录了大量的“俗说单方”，并根据自己丰富的医疗实践，创造性的发展了医学。二书汇集了唐以前医之大成。其中有孙氏总结民间医疗经验，用动物甲状腺防治甲状腺肿大；用动物胆脂治夜盲症；应用葱叶作为尿管，为尿闭病人施行导尿术。内有许多方药是有价值而成功的，一直沿用至今。如避瘟方中多采用雄黄、朱砂作消毒药，用苦参、黄连、白头翁治痢疾等。又如温补脾阳的“温脾汤”，清热解毒的“犀角地黄汤”，镇心明目的“磁朱丸”、补气血祛风湿的“独活寄生汤”等。孙氏还较早重视食疗，书中收载食疗物品有一百五十四种之多。他的弟子孟洗著《食疗本草》，与他的影响有关。尤为可贵的是孙氏对鬼神致霍乱，服石长生等持批判态度，正确论述了霍乱的病因和养生之道。孙氏治学精神不墨守成规，出色地发展了仲景学说。他对药物的研究化费了艰巨的劳动，从采集到炮制以及药物性能和方剂配伍诸多方面有着宝贵的经验，被后人尊为“药王”。

孙思邈是妇科、儿科、麻风等多科的著名医家，尤其重视妇、儿并提倡单独设科。因此，在《千金方》中首列《妇人方》三卷、继而《少小婴孺方》二卷。他在创建我国妇、儿两科并使其独立发展的过程中最早做出贡献。他还很重视普通民众由于缺乏营养而患脚气病的问题，他除了应用防风、蜀椒、吴茱萸等药物来治疗脚气病之外，还主张把穀皮（楮楮皮）煎成汤，用于煮粥，经常食用，来预防脚气病的发生。现在已了解到这些药物及谷皮内均含有大量维生素B₁，而脚气病就是人体缺乏维生素B₁所引起的。这也是世界医学史上最早论述的。

孙氏详论医德，开中国医学史上医人重德之风。《千金翼方》开卷之首的两篇专论，就是他为医者树立的医德规范。他认为对待病人首先要具有高度的同情心和责任感。看病时必须精力集中，不得与“病人多语调笑，切忌大声喧嚷，绝不可道说是非，炫耀声名，诋毁他医”。治疗中，不避危险，不分昼夜、寒暑、

饥渴与疲劳，一心一意地救治病人。总之，他良好的品质作为病生必备的条件，大力提倡医生要有严肃负责的道德作风，并且身体力行。

我国儿科学的奠基者——钱乙

孕妇病，医言胎且堕。乙曰：“娠者五藏传养，率六旬乃更。诚能候其月，偏补之，何必堕？”已而母子皆得全。又乳妇因悸而病，既愈，目张不得瞑。乙曰：“煮郁李酒饮之使醉，即愈。所以然者，目系内连肝胆，恐则气结，胆衡不下。郁李能去结，随酒入胆，结去胆下，则目能瞑矣。”饮之，果验。《宋史·钱乙传》



钱乙（公元1032—1113年），字仲阳，北宋末年郓州（今山东鄄城县）人。他是我国医学史上著名的儿科专家，其学术思想及流传到现在的一部儿科专著《小儿药证直诀》，对我国儿科的发展有很大的贡献。

据宋代刘跂的《钱仲阳传》和《宋史·方伎》记载的钱乙传所载，钱乙的父亲擅长医术，而喜好喝酒，并且喜欢游山玩水，周游各地，当钱乙三岁时，他父亲到东海地区游览，竟然一去不返，杳无音信。以后母亲又去世了。这时，年幼的钱乙便成了孤儿，由姑母收养。钱乙长大后，跟随姑父吕氏学医，由于刻苦钻研，重视临床实践，成为杰出的儿科专家。在山东一带颇享盛名。当钱乙三十多岁时，他把父亲寻找回来了，又过了七年，父亲也去世了。那时的钱乙已是四十多岁的人，他以一部名叫《颅囱方》的小儿科书籍在山东行医，声望很大。到了元丰年间（公元

1078—1085年），由于治愈统治者宋神宗的长公主及皇子的病而有功，被任命为翰林医官，继而又提升为太医丞，后因病辞退，终年八十二岁。

《小儿药证直诀》是我国现存最早的一部儿科专著。是其学生阎季忠搜集钱乙生前论述、方剂編集而成的。上卷论脉症治法，中卷为医案，下卷为方剂。此外，钱氏还著有《伤寒论指微》五卷，《婴童论》百篇，皆已亡佚。钱氏在《小儿药证直诀》中，比较全面的论述了小儿的生理病理特点、辨证方法，以及小儿惊痫，伤风、发热、吐泻、咳嗽、诸疳、天花、麻疹、虫症等许多疾病辨治方法，还记载了一百二十多张方剂。阎季忠评介说：“其治小儿，该括古今，又多自得，案名于时，其法简易精审，如指诸掌”。薛立斋更为推崇，其曰：“有太医丞钱仲阳氏，贯阴阳于一理，合色脉于万全，伟论雄才，迥迈前列，可谓杰起而振出者也。”

钱氏对小儿体质的认识是儿科理论的中心思想，因此为历代医家所重视。他提出小儿“脏腑柔弱”、“五脏六腑，成而未全，……全而未壮”的看法，小儿的机体是：“骨气未成，形声未正，悲啼喜笑，变态不常”。在病理上的表现为“易虚易实，易寒易热”。这些对辨证论治的阐述就有其独到之处。钱乙重视小儿面部望诊，并创立五脏证治法则，提出肝有相火，有泻而无补；肾有真水，有补而无泻的理论。治疗上主张柔润的原则，强调补泻需同时进行，对小儿脾胃病，十分重视保存胃津。书中对几种发疹性传染病加以鉴别，指出了“惊”与“瘤”的区别，惊风是钱乙第一个提出来的，并把它分急，慢两种，对急慢惊风的不同病因病理和治疗方药都有宝贵的经验。把天花和麻疹的病因都归于“胎毒”，并主张以辛凉宣透，清利解毒为治疗法则，是为后世治疗病毒感染的最早启发。1092年冬，山东东平县天花流行，当地名医董汲以白虎汤获验，因撰《小儿斑疹备急方论》，钱乙为他写序并校正刊行，成为《小儿药证直诀》的最后

一篇，实为天花，麻疹的专书之始。

在《小儿药证直诀》中对麻疹有这样的记载：“面燥腮赤，目脆亦赤，呵欠顿闷，乍凉乍热，咳嗽喷嚏，手足稍冷，夜卧惊悸，多睡，并疮疹证，此天行之病也。”《小儿药证直诀》下卷所载的方剂，是钱氏不拘泥于古人的经验，善于化裁古论而创新说。如治痘疹初起的升麻葛根汤，治小儿心热的导赤散，治脾胃虚弱、消化不良的异功散，以及治肾阴不足的六味地黄丸等，均有较好的疗效，为后世医家所推崇和应用。

钱乙之方不但确有实效，其理论亦是卓尔不群，对儿科学的发展以及整个中医理论体系都有重要影响。由于钱乙对儿科的贡献很大，后世尊他为我国儿科学的奠基者。

庞安时与《伤寒总病论》

庞安时字安常，蕲州蕲水人。儿时能读书，过目辄记。父，世医也，授以脉诀。安时曰：“是不足为也。”独取黄帝、扁鹊之脉书治之，亦久，已能通其说，时出新意，辨诘不可屈，父大驚，时年尤未冠。已而病聩乃盖读《灵枢》、《太素》、《甲乙》诸秘书，凡经传百家之涉其道者，靡不通贯。尝曰：“世所谓医书，予皆见之，惟扁鹊之言深矣，盖所谓《难经》者，扁鹊寓术于其书，而言之不详，意者使后人自求之欤！予之术盖出于此。以之视浅深，决死生，若合符节。且察脉之要，莫急于人迎、寸口。是二脉阴阳相应，如两引绳，阴阳均，则绳之大小等。故定阴阳于喉、手，配覆溢于尺寸，寓九候于浮沉，分四温于伤寒。此皆扁鹊略开其端，而予参以《内经》诸书，考究而得其说。审而用之，顺而治之，病不得逃矣。”又欲以术告后世，故著《难经辨》数万言。观草木之性与五藏之宜，秩其职任，官其寒热，班其奇偶，以疗百疾，著《主对集》一卷。古今异宜，方术脱遗，备阴阳之变，补《仲景论》。药有后出，古所未知，今不能辨，尝试有功，还可遗也，作《本草补遗》。《宋史·庞安时传》



庞安时（公元1042—1099年），字安常，蕲水人。幼从父学医，博读医书，尤精伤寒。为人医病，十愈八九，远道求医者，为之安置房舍住宿，亲视汤药。病家持金来谢，也不尽收。当时与苏轼、黄庭坚、张耒常相交往，因而在宋代的一些笔记中如《明道杂志》、《东坡杂记》、《仇池笔记》等，均有庞氏记载。庞氏撰有《难经辨》、《主对集》、《本草补遗》，但均佚失，流传下来的仅《伤寒总病论》一书。

《伤寒总病论》的内容分伤寒和温病两个方面，全书共六卷，卷一论六经分证；卷二论汗、吐、下、温、灸等法；卷三论结胸、痞气、阴阳毒、狐惑、百合、劳复等；卷四论暑病、时行、寒疫、斑痘等；卷五论天行温病、黄病及小儿伤寒等；卷六载伤寒杂方，妊娠伤寒方，伤寒温热病死生候及差后禁忌等。在病因方面，庞氏认为，伤寒致病，由冬令扰动阳气，寒毒侵犯所致，其受邪与否，与人体正气盛衰有重要关系，至于病入足厥阴，其吉凶转归与脾气盛衰有莫大关系；对于温热病，庞氏基本上分为伏气和天行两类，前者是冬时中寒，随时而变病，如春之“温病”、夏之“热病”，以及“中风”、“湿病”、“风湿”等，后者是四时受乖气而成天行温病。他认为冬令感寒之后，其不即时成病，则寒毒藏于肌肤之间，至春夏阳气发生，则寒毒与寒气相搏于营气之间，其患与冬时即病者无异。在证治方面，庞氏虽宗传统法则，而善于灵活变化，往往因时因地因人而异治，如对伤寒治疗，庞氏说：“有山居者，为居积阴之所，盛夏冰雪，其气寒，腠理闭，难伤于邪，……其有病者，多中风，中寒之疾也；有平居者，为居积阳之所，严冬生草，其气温，腠理疏，易伤于邪，……其有疾者多中湿、中暑之疾也。”此外，又指出对于四时六气影响而致的变病，须作考察，至于患者的饮食偏嗜、素服药饵、形志苦乐，七情之份等，均“非外邪所中，而

得之于内”，作为善治伤寒的“良工亦必须预审问其由”；对于四时温病的证治，庞氏在原则上认为“形状各异，治别有法”，伤寒“有可汗可下之理”，“温病若作伤寒行汗下必死”，同时还有较为详细的叙述，如秋三月，行白气狸病，其源从太阳，系于太阴，病在肺，或乍寒乍热，损肺伤气，暴嗽呕逆，宜石膏杏仁汤（石膏四两、杏仁、前胡各二两，甘草一两，栀子仁、麻黄、紫苑、桂枝、大青、玄参、葛根各一两半），或体热生斑，气喘引饮，宜石膏葱白汤（鼓半升、葱白连须二两，石膏、生姜各四两，栀子仁、升麻、大青、芒硝各一两半）。

刘完素创立“寒凉派”

刘完素字守真，河间人。尝遇异人陈先生，以酒饮守真，大醉，及寤洞达医术，若有授之者。乃撰《运气要旨论》、《精要宣明论》，虑庸医或出妄说，又著《素问玄机原病式》，特举二百八十八字，注二万余言。然好用凉剂，以降心火、益肾水为主。自号“通元处士”云。《金史·刘完素传》

※ ※ ※

金元时期，我国医学界出现了百家争鸣的局面，其中有影响的是“金元四大家”。不同学术流派的形成，标志着我国医药学术思想发展到了一个更活跃更成熟的新时期。这《金元四大家》一般指的是刘完素、张子和、李杲、朱震亨。其中，张子和、朱震亨二人虽然有不同的主张和成就，但是从学术的渊源上来看，都是师承刘完素的学说，所以人们称刘完素是“金元四大家之首”。

刘完素（公元1120—1200年），字守真，自号“通玄处士”。刘完素的著作很多，其中有一本《伤寒直格》，明朝一个姓翟的人作序，说这本书“深有益于世，如宵行冥冥，迷不知径，忽遇明灯巨火，正路昭然”。意思是说《伤寒真格》像黑知

里的一盏明灯，照亮了医学界学术研究的道路。可见刘完素的研究成果在人心目中有多么高的地位。编纂《四库全书》的纪昀虽对刘完素不甚信服。但他在写《四库全书总目提要》的时候，还是收录了翟公那一段话。可见不信服刘完素的人，也不能抹煞刘完素著作的学术价值。

刘完素在学术上的主要贡献是他创立了“六气皆从火化”的理论。刘氏认为在六气之中，火热之气与风、湿、燥、寒关系密切，往往相兼为病，在疾病的过程中，火热又常常成为风、湿、燥、寒的后期转归。以风热而言，刘氏指出：“风本生于热，以热为本，以风为标，凡言风者热也”；以湿热言之，他认为：“湿病本不自生，因于火热沸郁，水液不能宣通，即停滞而生水湿也”；以燥热言之，刘氏又说，“热能耗液”，“燥万物者莫熯于火”，认为瘫痪由火热耗损血液所致；以寒热而言，所谓“胜已之化”的“火极似水”的表现，也本于火。因此，后人称刘氏“六气皆从火化”的观点，其内容当是火热为病能相兼各气，各气为病又都能同化转归为火，同时火热又能衍生各气。在火与其他各气的转化方面，以六气化火为主，余为次。刘氏取比物立象为验证方法，用同化和兼化的逻辑推理，论证了火热之邪在各种疾病中所据的重要地位，从而指出火热之邪对人体的危害。

刘完素在热性病的治疗上，亦有很大的贡献。他认为表证固应发汗解表，但外感初起，多是“怫热郁结”。用辛温解表药，有时表证虽解而热邪反转甚。因此他主张用辛凉或甘寒解表，并结合具体情况，分别施用。表证而兼里证者，应用表里双解法。表证已解而里热郁结，汗出而热不退者，应用下法。热毒极深，阳厥阴伤时，不可单纯攻下，需攻下与凉血解毒药并用。若大下之后，热势尚盛，“更下之，恐下脱而立死，不下，亦热极而死”，或下后，湿热内甚而下利不止，则应清其余热，兼以养阴。刘氏所创的防风通圣散、双解散、凉膈散，以及他所倡导使用的承气汤、黄连解毒汤等，仍为当今医生所习用，刘氏的这一

套治疗外感热病的经验，实有其独创见解。

“攻下派”的鼻祖——张从正

张从正精于医，贯穿素难之学，其法宗刘守真，用药多寒凉，然起疾救死多取效。《金史·张从正传》

※ ※ ※

张从正（公元1156—1226年）字子和，号戴人，金代睢州考城（今河南兰考）人；因为他曾在宛丘（今河南淮阳）住过很长一段时间，所以也有人称之为“宛丘”。为金元四大家之一，攻下派的鼻祖。

兴定年间（公元1217—1222年），他作过一段时间的金廷太医，不久便辞去了。他受业渊博，远取法于《素问》、《伤寒论》，近则独宗于刘完素，既精于运用许汗下吐法，又长于使用寒凉药物。常与麻知机、常仲明等讲论医理；著有《儒门事亲》、《十形三疗》、《三法六门》、《治百病法》等十余种，后一并收入《儒门事亲》中。

张从正对疾病的认识是：“夫病之一物，非人身素有之也，或自外而入，或由内而生，皆邪气也。邪气加诸身，速攻之可也，速去之可也。”这样“邪去则正安”。总之，不论内因外因，疾病总是由病邪强加于人体而成，不是人体本身应有的变化。疾病既是由病邪强加于人体而成的，那么，治疗疾病，就应首先攻去病邪。在治疗上，发汗、催吐、泻下是张从正克制病邪的三个主要方法，包括方药、针灸、熏洗、按摩、导引等，综合运用各种治疗方法，比单一的方法，在疗效上要好得多。以下法为例，凡邪滞宿食、蕴结在胃脘以下，“积聚陈莖于中，留结寒热于内”，都可用下法，无论“寒湿固冷，热客下焦，在下之病，可泄而出之”。因此，张氏的所谓下法，并不局限于泻下通便，而是认为凡具有下行作用的方法都属于下法，所以如“催

生、下乳、磨积、逐水、破经、泄气，凡下行者皆下法也”。下法具有“陈莖去而肠胃洁，癥瘕尽而荣卫昌”的功効。张氏在方药的选用方面，寒药泻下首选调胃承气汤，称之为“泄热之上药”，以及大、小、桃仁承气，陷肠汤，大柴胡汤。又如“八正散泄热兼利小溲；洗心散泄热兼治头目；黄连解毒散治内外上下蓄热而不泄者；四物汤凉血而行经者也；神芎丸解上下蓄热而泄者也”。温热泻下的有无忧散、十枣汤、煮黄丸、缠金丸等，皆须审慎应用。下法运用于临床各科，张氏称：“宿食在胃脘，皆可下之”。如下后“心下按之而硬满者，犹宜再下之”；“伤寒大汗之后，重复劳发而为病者，盖下之后热气不尽故也，当再下之”；杂病腹中满痛拒按者，为内实症，可下之。其它如目黄、九疸、食劳，亦可用茵陈蒿汤或导水丸、禹功散泻之；腰脚胯痛可用甘遂粉下之；落马、堕井、打扑、闪肭、损折等外份引起肿病剧烈者，可用通圣散下导水丸，峻泻三、四十行，即“痛止肿消”。张氏又列举三十味药，指出牵牛、大戟、芫花等有小毒、巴豆、甘遂等有大毒，须谨慎用之。其中以巴豆的毒性最甚，对于寒实积滞能逐寒开结，但属峻利泻下之剂，故张氏指出如用之不当“使人津液涸竭，留毒不去，胸热口燥，他病转生”。

张氏在三法的应用中，十分重视患者的心理因素，例如在《儒门事亲》的孙伯英一案中，孙因诬狱，妻子被系，逃于故人，是夜觉胃胁痛，托故人求药，……戴人隔窗望见的伯英曰：“此公伏大惊恐”。故人曰：“何以知之？”戴人曰，“面青脱色，胆受布也。”张氏审证求因，敏捷而准确地判断出异常神色所表现出来的异常心理现象，为正确治疗打下了基础。张氏善于运用“心理疗法”，在《九气感疾更相为治衍》一章中说：“悲可以治怒，喜可以治悲，恐可以治喜，怒可以治思，思可以治恐”，他的医学心理学思想，对我国医学心理学的发展，具有一定的影响。

滑寿对经络学说的贡献

滑寿，字伯仁，先世襄城人，徙仪真，后又徙余姚。幼警敏，好学能诗。京口王居中，名医也。寿从之学，授《素问》。《难经》。既卒业，请于师曰：“《素问》详矣，多错简。愚将分藏象、经度等为十类，类抄而读之。《难经》又本《素问》、《灵枢》，其间荣卫藏府与夫经络腧穴，辨之博矣，而缺误亦多。愚将本其义旨，注而读之可乎？”居中跃然称善。自是寿学日进。寿又参会张仲景、刘守真、李明之三家而会通之，所治疾无不中。

既学针法于东平高洞阳，尝言：“人身六脉虽皆有系属，惟督任二经，则苞乎腹背，有专穴。诸经满而溢者，此则受之，宜与十二经并论。”乃取《内经骨空》诸论及《灵枢篇》所述经脉，著《枢十四经发挥》三卷，通考隧穴六百四十有七。他如《读伤寒论抄》，《诊家枢要》，《痔痿篇》又采诸书《本草》为《医韵》，皆有功于世。《明史·滑寿传》

※ ※ ※

滑寿（公元1304—1386年），字伯仁，晚号樱宁生。祖籍河南许昌，自幼徙居仪真（今江苏仪真县）和余姚（今属浙江）。聪慧勤学，博览群书，善文能诗。投师京口（今镇江）王居中，随其学医，精读《素问》、《难经》等经典；后随东平高洞阳学习针法，针术高超，遂名震江、浙。人尊其为“神医”、“老仙”人争相迎，以得其一言，定死生为无憾”。

滑寿学问渊博，治学严谨，著作甚多。可惜已散过半，现在能见到只有《读素问钞》、《难经本义》、《伤寒例钞》、《难经本义》、《诊家枢要》，（十四经发挥）等。他对整理发扬祖国医学基础理论，推动医学的发展，做出了贡献。

注：本题参见《历代名医传略》

《读素问钞》三卷，将《素问》删去繁芜，撮其枢要，内容归纳为脏象、经度，脉候、病能、摄生、论治、色脉，针刺、阴阳、标本、运气、汇萃等十二类，既有纲领性，又有系统性，为后世学习《内经》起了引导作用。《难经本义》二卷，则对《难经》进行全面阐述。先引《灵枢》、《素问》论证，然后结合张仲景，王叔和、李东垣、杨玄操等二十家之说以畅其义，再发挥自己的见解，以明其旨，有不少独到之处。如《五十八难》云：“伤寒有五：有中风……有温病”，滑寿在注解中引杨玄操谓“温病乃疫疠之气，非冬伤于寒，至春变为温病者”，此论点对温病学的发展有一定意义。又如《十四经发挥》至今仍为学习针灸的范本。他认为“人身六脉，虽皆有系属，唯督任二经，则剂乎腹背而有专穴，诸经满而溢者，此则受之，宜与十二经并论”。于是，他把督任二脉与十二经合并成为十四经。并根据《内经》所述经脉、俞穴，加以考证，把六百四十七个穴位，分别归于十四经中。从此全身俞穴和经络的关系完全固定下来。这是滑寿对经络学说的重要贡献。所以，承澹盦说：“针灸得盛于元，此滑氏之功也。”《十四经发挥》影响所及，运至日本，被日本医学界称为“习医之根本”、“朝野传诵、习针灸者、视为必读几至人手一遍”。

滑寿通晓儿科，尤长于麻疹的诊治，著有《麻疹新书》，后经清汤鼎煊等整编改名《麻疹全书》。将麻疹、奶疹、风疹严加鉴别。明确指出麻疹具有传染性和终身免疫力；尤其内疹的发现是他对麻疹的特殊贡献。他认为麻疹前期口腔粘膜疹的出现是其特点，此疹决不是鹅口疮。滑寿对麻疹早期粘膜内疹的论述，早于欧洲五百多年，实可引为中华民族自豪。

滑寿把自己的心血全部倾注于祖国医学的基础理论的研究中，特别是对经络学说的发挥和麻疹的发现作出了卓越的贡献。

戴思恭对丹溪学术思想的继续和发挥

洪武中，征为御医，所疗治立效，太祖爱重之。燕王患癰，太祖遣思恭往治，见他医所用药良是，念何以不效，乃问王何嗜。曰：“嗜生芹”。思恭曰：“得之矣。”投一剂，夜暴下，皆细蝗也。晋王疾，思恭疗之愈。已，复发，即卒。太祖怒，逮治王府诸医。思恭从容进曰：“臣前奉命视五疾，启王曰：“今即愈，但毒在膏肓，恐复作不可疗也。”今果然矣”诸医由是免死。《明史·戴思恭传》

※ ※ ※

戴思恭（公元1324—1405年），生于元泰定元年。字原礼，号复庵。浦江（今浙江浦江）人。年轻时随朱震享学医，医术颇精，治疗每有良效。洪武年间被朝廷征为御医，后任太医院使，成为最高医学官员。永乐初年（1403年）告老还乡。撰有《证治要诀》、《证治要诀类方》、《推求师意》等书，并将朱震亨的著述进行整理和释义，对朱氏学说有所阐发。

戴思出生于知识分子家庭，为著名学者戴能轩之侄。少时博学广纳，勤奋向上。随父到义乌，朱震亨珍爱其才，收为弟子，传授医学。其父早逝，戴氏以医为业，行于江浙。据宋廉的《送戴元礼还浦阳序》载，戴氏曾为苏州朱子明之妇治病，该妇长声喊叫几十声，反复发作，人“以为厉所凭”。戴氏诊其脉，查其证后，认为是痰闭于上，必郁而发。于是，峻投涌吐之剂，痰出胶粘，其量甚多。又据王鏊的《震泽纪闻》记述，戴氏曾因治愈朝廷高官尚书严震直之病，而名噪金陵。明初洪武年间由太医院使石逵提携，授迪功郎，任正八品御医。朱元璋临终前，言戴思恭：“此诚实人也，”弗要累及。惠帝允炆即位后，官升至院使，

直至永乐初年以老辞归。三年后复召入朝，因其与当时的皇帝朱棣有旧交，并为其治疗过寄生虫病，所以“免其拜”，年底复乡，不久便离开人间，终年82岁，葬于浦江独秀山。

戴氏在丹溪学术思想指导下，往往能透过师承而加以发明。丹溪对杂病的辨证施治，全在气、血、痰、郁，其中尤以痰、郁为重点。故戴氏除对丹溪“阳有余阴不足论”有所阐述外，在痰、郁方面，亦作了进一步的发挥。例如丹溪在“阳有余阴不足论”主要论述阴精与阳火的关系，而思恭据之，则泛论气血的盛衰。

戴氏认为气属阳，阳主动，动而中节，方能周流全身，循环无已，外则护己体表，内则温养脏腑百节。而气之所以能周流不息，无微不至，实有赖于肺气之不断敷布，故曰肺主气而习沾节。但气动的太过，可致变生冲逆之象。还认为血属阴，阴主静，静而有守，方能和调于五脏，洒陈于六腑，约束于血脉之中。而营血之所以能遍营于身内外，亦必赖于心为之主，肝为藏，脾为之裹，肺为之布，以及肾为之施泄。总之，不论视、听、言、动，皆需营血的资助，才能维持其正常的活动。故戴氏得出，人在气交之中，常多动而少静，阳气最易滋长，阴血最易被耗。所谓“阳道常饶，阴道常乏，阳常有余，阴常不足”的道理，即在于此。这些独到的见解，给后世影响很大的是治病独重气血。

戴氏对郁证也有所发挥。丹溪说：“气血冲和，万病不生，一有怫郁，诸病生焉。故人身诸病，多生于郁”。戴氏在这一理论基础上，提出：“郁者，结聚而不得发越也。……气郁者，胸胁痛；湿郁者，周身或关节痛，遇阴寒则发；痰郁者，动则喘；热郁者，瞀闷，小便赤；血郁者，四肢无力，能食，便黑；食郁者，暖酸；腹饱不能食”。根据六郁辨证，采用相应治法。

总之，戴思恭传丹溪之学，都是在继承的基础上加以发扬，虽曰述而不作，确亦探微得要。故其《论证要诀》一书，十二门，一百余证，提纲挈领，条理井然；《证治类方》四卷，与之

起到相辅相成的作用。

王履与《医经溯洄集》

王履，字安道，昆山人。学医于金华朱彦修，尽得其术。尝谓张仲景《伤寒论》为诸家祖，后人不能出其范围。且《素问》云“伤寒为病热”，言常不言变，至仲景始分寒热，然义犹未尽。乃备常与变，作《伤寒立法考》。又谓《阳明篇》无目痛，《少阴篇》言胸背满言痛，《太阴篇》无噤乾，《厥阴篇》无囊缩，必有脱简。乃取三百九十七法，去其重复者二百三十八条，复增益之，仍为三百九十七法。极论内外结旨异同，并《中风寔》、《中暑辨》、名曰《沂洄集》凡二十一篇，又著《百病钩玄》二十卷，《医韵统》一百卷，医家宗一。《明史·王履传》

※ ※ ※

王履（公元1332—1391年），元末明初医学家。字安道，号畸叟，又号抱独山人，昆山（今江苏昆山）人，精通诗文画艺，才华横溢，曾学医于朱震亨，为其得意弟子，最得其传。曾一度在明太祖第二子朱棣西安秦王府当过“良医正”。洪武二十四年逝世，享年六十岁。一生著述较多，有《标题原病式》、《百病钩玄》、《医韵统》等，但留传行世的仅有《医经溯洄集》一书。

《医经溯洄集》阐述了他所主张的“读者当活法，勿拘执”的治学思想，对《内经》、《难经》、《伤寒论》等书的古典医理以及宋以后著名医学家的论点，有不少独到的论述和发挥。尤其在论述伤寒和温病的区别上，具有独创见解。如提出“感天气恶毒异气”的病因观点，肯定了温病的临证特点。在医理上，重视心肾和“真阴真阳”之论，继承并发挥了朱震亨的“阳常有

注：本题参见《历代名医传略》

余，阴常不足”之说，吸收了刘完素的治病以泻火为主的思想，提出了治疗温病当以除热为主，奠定了温病治疗中的清热养阴法则。对以后的温病学家，如叶天士等很有影响。他所重视并论述的“真阴真阳”之说，对明代医家所论的“命门”说，亦有一定影响。他主张对病人应从分析临床症状为主，反对侈谈运气等等，有一定意义。

对“亢善承制”，王氏认为“‘亢则善，承乃制’二句，言有制之常与无制之变也。承，犹随也，有防之之义存焉。亢者，过极也；害者，善物也；制者，克胜之也。然所承也，其不亢，则随之而已，故虽承而不见；既亢，则克服以平之，承制见矣。盖造化之常，不能从无亢，亢不能无制焉耳。”他在这里作了有创见性的发挥。

《素问·生气通天论》和《阴阳应象大论》阐发四气所伤，一再提出春伤风则夏病泄，夏伤暑则秋病疟，秋伤湿则冬病咳，冬伤寒则春病温的观点。王氏则认为这与临床事实是不相符合的，应该是从现有的病情以逆料其病者，有过时久自消散而不成病者，是什么原因呢？这是因为由于邪气之传变聚散不常，及正气之虚实不等的缘故。

他对阴阳虚实补泻也有所发挥。《难经·五十八难》说：“伤寒阳虚阴盛，汗出而愈，下之则死；阳盛阴虚，汗出则死，下之则愈。”后人对此多不得其解。王履认为寒邪外客，是为阴盛阳虚；热邪内炽，是为阳盛阴虚，表阳虚于外而遭受寒邪，便助卫阳以解表，一汗而愈，下之，适足以引邪入里，所以表邪攻里为大忌。阳热盛于内，势必伤及阴津，下其阳热，适足以保存阴津，故热盛于里，下不可缓，汗之，将反助热益炽，所以里热无表证的，汗法大忌。他以阴阳之盛者，指病邪言，阴阳之虚者，指表里精气言，平正通达，临床可验。

古代博物学百科全书—《本草纲目》

乃穷搜博采，芟烦补阙，历三十年，阅书八百余家，稿三易而成书，曰《本草纲目》。《明史·李时珍传》

※ ※ ※

《本草纲目》的作者李时珍是湖北蕲州（今蕲春县）人，字东璧，晚年自号濒湖山人，世称李濒湖。《本草纲目》著成的年代是公元1578年，后来作者又精心修改补充，到1586年才正式刻印出版，这时候李时珍已经逝世三年之久了。

《本草纲目》全书五十二卷，约一百九十余万字，收载药物一千八百九十二种，插图一千余幅，集方一万一千余首。书中把所收载的药物分为十六部，即水、火、土、金、石、草、谷、菜、果、术、服器、虫、鳞、介、禽、兽、人等。部之下又分类，全书共六十二类，例如草部之下就有山草、芳草、隰草、毒草、蔓草、水草、石草、苔草，有名未用等九类。每一类之下，以一种药的正药名为纲，纲之下又有释名、集解、气味、主治，发明、附方为目；有的药正名之下还有同一药的不同部位为目，如“鸡”这一纲下，有鸡头、鸡冠血、鸡脑、鸡血、鸡心、鸡肝、鸡内金、鸡卵旧……等为目。这样纲举目张，全书安排得井井有条，眉目清楚。

《本草纲目》对药物的分类，在当时是具有世界先进水平的。从植物的分类来看，他根据科学的原则，进行“析族、区类、振纲、分目”，具有相当高的科学水平。李时珍继承前代本草学家的成果，他在“历代诸家本草”一节中，对前代的四十一家本草进行了考证和评述。通过汇集本草文献，将所载药物重新整理，摒弃繁复，合并种类，芟去二百二十八种，载入《本草纲目》的计有一千五百一十八种，加上李时珍新增药物三百七十四种，合计一千八百九十二种。比如说，书中将大戟、甘遂、泽

漆、草薺茹，续随子放在一起，他的依据是这些植物在形态上的相似，都含有白色汁液。现在看来，这些植物都属于大戟科。这种分类方法，与现代生物学用的科属双名法分类，具有相似之处。

从动物的分类来说，《本草纲目》更具有了不起的创见。该书把各种动物分成虫、鳞、介、禽、兽，终之以人。这些门类，大致相当于节肢动物，鱼类动物、软体动物、两栖类动物，鸟类动物和哺乳类动物，最后是人类。李时珍认为他这种分类方法是基于“从贱至贵”的思想的。这也就是说，这是一种从低等到高等的发展过程，因而是一种生物进化的思想。

作者李时珍前后花费了四十年的时间，参考了各种经、史、子、集（其中有相当一部分是医药文献）及各种门类的书多达八百余种。李时珍除亲自深入到实践中去调查和变革，以取得第一手的资料以外，还广泛地向具有实际经验的农民、樵夫，猎人、渔人等劳动人民请教。他长期在许多省份实地调查，搜集各地的特产药物。这些都是《本草纲目》具有较高的科学价值的重要原因。

《本草纲目》澄清了明代以前在本草学中存在的许多错误和混乱，确定了许多药物的治疗效果，如大风子治疗麻风，土茯苓治疗梅毒，并指出古人在药理学方面与今人存在不同的观点。他实事求是地指出何者正确，何者错误，绝对不迷信古人，迷信权威。作者这种反对保守，勇于进取的革新精神，使《本草纲目》的成就远远超过了其前代的任何同类著作。

《本草纲目》的作者李时珍具有极渊博的自然科学知识，书中的成就，除去药理学方面的以外，还有生物、天文、地质、冶矿、气象、农艺、古代化学以及技术方面的知识。《本草纲目》一出版，立即引起全世界人民的注意和重视，曾先后被全部或部分地译成日文、朝鲜文、英文、俄文、拉丁文、法文等多种不同文字的版本。达尔文称《本草纲目》为“中国古代的百科全书。”

农 业 水 利

释 “秣 蘖”

汉与匈奴邻国之敌，匈奴处北地，寒，杀气早降，故诏 遣单于秣蘖金帛丝絮伦物岁有数。《史记·匈奴列传》

※ ※ ※

“秣”最早见于《史记》。“秣”字在甲骨文中未见，但“秣”字从“禾”，禾字在甲骨文中作和，米等形，象“谷子”成熟之植株形。其本义就是指谷子，而“术”至今保存着原始的象形意义。现代汉语词典解释“秣”为一种粘高粱。这是现代意思，古代未必如此。不过，“秣”是一种高粱无疑。高粱是五谷之一。它是从“粟”种培育改良过来的，是我国古代劳动人民对生物改良的贡献。卜辞有“白粟”之辞，“白粟”应即“白梁”。《礼记·内则》将粟饭区分为“白梁”、“黄梁”二种。《汉书·食货志》也见“梁”字。《汉书·食货志》曰：“守闾阎植食梁肉”，“梁肉”就是用高粱做成的饭。可见，殷人已经培植出“白梁”这一优良品种。

“蘖”字现代汉语词典释作一种曲。但是，考察我国古代的史籍往往“曲蘖”二字相提。比如记叙殷商历史的书籍中有“若作酒醴，尔惟曲蘖”的字句，这说明“蘖”不也能是曲，我国微生物研究所程光胜和门大鹏两位先生考证，“蘖”是发芽的谷物。“秣蘖”二字是一个连绵字，表示一个意思。根据史料分析，这个连绵字是表示古代的一种白酒。

根据历史记载，我国酿酒历史至少有四、五千年。殷墟出土的商代甲骨文中，有和现代字形相似的酒字。在殷墟中发现的酿酒作坊遗址，证明早在三千多年前的我国的酿酒事业已经相当发达。用谷物酿酒，须经过把淀粉分解成葡萄糖（糖化）再把葡萄糖转化成酒精和二氧化碳（酒精发酵）两个主要过程，但是，在汉代以前，酿酒已经只用曲了。当时，由于制曲的时候利用了某些有利条件，曲中应该大量含有混杂生长着的霉菌和酵母，分别起着糖化和酒精发酵的作用。用这种曲酿酒，可以使酿酒的糖化和酒精的发酵两个过程连续而又交叉地进行。今天称这种方法叫复式发酵法。由此可知，“秫蘖”酒就是用的复式发酵法酿造而成。并且是用发芽的高粱发酵而成的一种白酒。

改 良 盐 碱 地

用注填淤之水，溉泽卤之地。《史记·河渠志》

※ ※ ※

这个问题，《史记·滑稽列传》在叙述西门豹治理漳河水时曾有所论述，不过不详细，更不具体。我们只能以《史记》为根据，博引其它先秦典籍，互相照应，相得益彰。

盐碱化土地的改良，是农田水利工程中的一个重要方面，它直接和地下水的情况有关。战国时期，人们对土壤盐碱化和土壤改良技术都有所认识。那时中原地区分布着大面积的盐碱土。《禹贡》中记载着，冀州（山西和河北西部一带）的土壤是“白壤”。孔安国注解：“水去，土复其性，色白而壤”，这显然是描写盐碱地返碱以后，地表一片白碱的现象。这和《吕氏春秋·乐成》记载的在漳水两岸有“斥卤”分布相一致。类似的土壤还有陕西泾渭流域的“泽卤”，湖北的“淳卤”、山东的“咸卤”、“斥泽”，当时人们对盐碱土的形成是怎样认识的呢？《管子·轻重丁》载有“带济负河，苴泽之萌也”的话，这句话

的意思是，只能生长苴草（苴是泽生草）的低湿盐碱土的形成是由于临近黄河和济水的缘故。《管子·地员》还记载着在“斥埴”、“黑埴”盐碱土地区，地下水有着“其泉咸”和“其水黑而苦”的特点。。把这些记载连系起来分析，可知当时人们已经初步认识到盐碱土的形成与地下水水质和河流侧澹补给地下水，抬高了地下水位有关。对于滨海盐碱土，《禹贡》中也有记载：青州“厥土白坟，海滨广斥”，即山东滨海地区盐碱土。盐碱土不适合作物的生长，当时被称为“不为用之壤”。那儿，对于盐碱土应该如何治理，使之变为适于作物生长的好地呢？《周礼·地官·草人》记载了一种施用糞粪改良盐碱地的说法。此外《管子》还提出：“发师置屯籍农”的办法，即实行军队屯垦来治碱，但也没有说明所采用的工程措施是什么。不过，那时已经知道被含沙量特大的黄河水淤过的土地是十分肥沃的，亩产量可以达到一钟，即所谓“河淤诸侯，亩钟之国也”。据《史记·河渠志》记载，那时漳水十二渠和郑国渠都曾利用淤灌改良盐碱地，并取得亩产一钟的产量。淤灌和放淤改良盐碱地，这无疑是适合于我国河流多沙特点的重要经验。当时不仅知道淤灌可以改良盐碱土，大约还掌握了灌水洗碱的水利技术。《吕氏春秋·任地》中借后稷之名提出了对农田精耕细作的十个要求，其中之一是“子能使吾土靖，而圳浴土乎？”“靖”是平整和细耘耕地，而“圳”是耕地里的沟渠，“浴”是洗浴的意思，以“圳浴土”看来大约是通过沟渠灌水、冲洗碱地，即灌水洗碱。灌水洗碱时，当水将土壤中的盐分溶解后，还必须设法把含盐量高的水分排出，方能起到洗碱的效果。为了排水，就要在田地上挖排水沟。排水沟要有一定深度，以使地下水位降至临界深度以下才能有效地制止土壤返碱。

牛、耕小考

用耦犁，二牛三人，一岁之收，常过纍田晦一斛以上，善者

倍之。过使教太常、三辅、大农置工巧奴与其事，为作田器。《前汉书·食货志》

※ ※ ※

拿中国古代的牛耕，和以后欧美国家出现的牛耕进行比较，这是十分有意义的。公元1901年，光绪27年，傅范初出版了一本书叫《服牛图说》。其中述及中外使用耕牛的不同。欧美的牛用在角上，而中国用牛等于用马。十九世纪以后，欧美国家利用牛力，轭具套在牛角上用力，而在我国自古以来则以用牲畜的肩力为主。用实践的观点来检查，用牲畜的肩力的方法是先进的。这是我国古代劳动人民聪明才智的一部分。

我国牛耕的起源很早，在金属犁铧出现之前，我国周文王时已有牛耕的记载。《山海经·海内经》说，“稷之孙曰叙均，始作牛耕。叙均可能是公刘，是周文王的祖先，后稷一族的后代。《史记·周本纪》说，是继承“后稷之业，躬耕种，行地宜。”在这个时代，有了役牛，同时也有了耕牛。春秋时期，孔子的门徒有冉耕，字伯牛；司马耕，字子牛。这两个人的名号反映了至少在春秋时代已有耕牛的客观存在。起初，是采用兽骨或木石制的犁，然后过渡为金属犁耕。秦汉时期，我国已经进入牛耕发展的时代了。

汉武帝以前，我国北方是马耕和牛耕同时存在着的。劳动人民在生产实践的经验中，认识到牛耕比马耕效率更高。《盐铁论·未通篇》指出：“牛马成群，农夫以马耕载。”又因为古代对马比牛显得更爱重，于是以后大部分地区的耕种又由牛代替。劳动人民已经认识到了牛耕比马耕好，而第一个积极推广牛耕的人是汉武帝（公元前140—前87年）时期的赵过。有人据《前汉书·食货志》的记载，认为牛耕起于赵过，是不符合实际的。赵过创造了代田法，并推广和改进耕作制度。代田是采用金属（铁）耒头（耜）作耦犁，相当于双铧犁，耕成垄（圳）播种，

而以一小部分田轮休（代），由此提高亩产量。所以代田法是汉代农业技术的一项重大创造，是采取牛耕的办法。赵过的功绩就是把牛耕普遍地加以推广。耦犁采用的是二牛抬杠式的耕作方法。“耦”指的是合二为一俱的两头牛。“犁”就是犁地的意思。使用起来，两人在前面各牵一头牛，一人在后面扶着一张犁，因此，也叫“二牛三人耦犁法”。可见，耦犁不象原始犁那样粗笨，使用起来轻巧多了，不仅提高了耕田质量，也扩大了耕地的数量，这也可以从出土的汉画像中看出来。徐州地区睢宁县出土的汉画像，是目前关于牛耕活动较古的一件考古证据。该画像石表示二牛合俱在耕地的偶耕法，由一人把犁，一手持牛绳，并无他人辅助，牛体壮大，牛角向上弯。这时驯化了的耕牛已不用人牵了。这种方法一直延续到现在。现在我国北方大部分农村还是这种二牛抬杠的耕作法。

井 田 制

理民之道，地著为本。故必建步立晦，正其世界。六尺为步，步百为晦，晦百为夫，夫三为屋，屋三为井，井方一里，是为九夫。八家共之，各受私田百晦，公田十晦，是为八百八十晦，余二十晦认为庐舍。出入相友，守望相助，疾病相救，民是以和睦，而教化齐同，力役生产，可得而平也。《汉书·食货志》

※ ※ ※

井田制是我国古代著名的一种田制，约在公刘时已有萌芽，到周时已获得很大的扩展。井田制的基本形式是将每方里之地划成井字形，分为九方，每方百亩，中为公田，余则分授八夫，各私百亩，同养公田，不另纳税，成年授田，老年则还。根据井的基本单位，扩充而成为地方行政制度。春秋时代秦、齐、鲁、郑、楚都有井田。商鞅在战国时废井田，足见秦有井田；《国语·齐

语》“井田畴均则民不惑”，说明齐有井田，《左传·襄公三十年》载“子产治郑使”，“田有封洫，庐井有伍”，说明郑有井田；《左传·成公元年》载鲁作丘甲，丘以井为基本单位，“古代四井为邑，四邑为丘”，说明鲁有井田；《左传·襄公二十五年》载楚分土田为九等，其肥沃的田地采用井法，称为“井衍沃”，说明楚有井田。

井田制一方面是农民享有分配地十分之九的收获物，另一方面他贡十分之一的正租或提供八分之一的劳动力，耕种领主的公田公田劳动与私田劳动的错杂交织，构成农奴制度的特征。领主与农奴的关系，比奴隶主与奴隶的关系要进步，由于农民关心自己的生产，提高他们的劳动生产率，因而加速了农业生产的发展。若以周之百亩当今27亩，计每亩收主作物黍稷产量150斤，计一夫收获4.050斤，交纳正租405斤外，尚余3.945斤，如以八口之家，每人每年食粮360斤，计需消费粮2,880斤，尚余765斤。如每亩收获量超过150斤，或人口不及八口，或每人年消费量不及360斤，则其所产的剩余粮当更多。从《诗经》的《楚茨》、《信南山》、《甫田》等篇可以明了农业发展农产丰盈的盛况。《楚茨》的“我黍与与，我稷翼翼，我仓盈盈，我庾愔愔”，说明黍稷的繁茂；仓都装满了还有很多存放，露积在外；《信南山》的“雨雪霏霏、益之以麦霖，既优既渥，既露既足，生我百谷，疆场翼翼，黍稷彧彧，曾孙之穡，以为酒食，中田有庐，疆场有瓜”，说明垦种土地后，雨水充足获得丰收，养活人民，稷而外还有瓜；《甫田》的“曾孙之稼，如茨如梁，曾孙之庾，如坻如京，乃求千斯仓，乃求万斯箱，黍稷稻粱，农夫之庆，报以介福，万寿无疆”，说明千仓万箱黍稷稻粱收获的如何丰富。

均 田 制

课畿内之民，使无牛家以人牛力相贸，垦殖锄耨。其有牛家与无牛家一人种田二十二亩，偿以私锄功七亩，如是为差。至与小、老无牛家种田七亩，小、老者偿仅以锄功二亩。《魏书·世祖纪》

※ ※ ※

魏孝文帝（公元471—499年在位）于四八五年，采取李安世的建议，实行均田制，开中国地制改革的一个新面貌。

均田制的实施，在按劳力的强弱，将无主土地按等次分给人民，因而它包含授田的对象、亩数、种类、授还田的规定等。授田的种类有露田、桑田、麻田、宅地。露田指专种谷物的田。在男女达到成丁年龄（16岁）时，就可受田；死亡后，由政府收回改授他人。露田之肥力较差者，依休闲的程度得以倍给，所倍给的部分称为“倍田”；其更差者，更得再倍，即倍田80亩，再倍田120亩；桑田指种桑的田，男子得分受二十亩以种植桑、枣、栗，奴婢与自由民同样分得桑田；麻田限于须交纳麻布以为“调”的地区，男夫达课税年龄十五岁以上时，分给麻田十亩，女子五亩，奴婢依良，获得同额的麻田；宅地，诸民有新居者，三口给地一亩，以为居室。奴婢每五口给地一亩。男女十一以上，因其他分口，课种菜五分亩之一，

关于授田者，年龄：人民达到成丁的年龄就可以授田；宽狭乡：按照规定，土地足够分配的为宽乡，不够分配的为狭乡。在宽乡，露田、桑田如数授与，在狭乡，如露田不足，就以桑田充数，如再不足，则“倍田”不再给，男丁只授40亩，女丁只授20亩，仅足露田授与的数目；时间：授田时间从每年正月开始；远配与绝户田的分授：诸远流配滴无子孙及户绝的圩宅桑田，尽入为公田，分授时应给其所亲，分授期亦准借与其所亲；授田的远

近距离：进丁授田，就在其已受田的附近授给他，使进丁得到照顾；授田的先后次序：同时受田，先贫后富，再倍受到的田地，也是先贫后富。桑田与宅地只受不还，子孙得以为永业，因桑田需要长期栽培的缘故。桑田数量依现时人口为定。有盈者得卖出，不足者得买入补足，但不得卖出，亦不得买过人口应有之额。不宜植桑的地区给予麻田，其授予方法如桑田。奴婢及牛依其有无、多少而受田。

关于还田者，诸民身死，或已及还田年龄，就要还露田；奴婢与牛卖出后，就要还所授的田地；罪人及绝户的田归为公田。

均田制度的实施，因为照顾到北魏政权的利益，还乡人民的或荫户的利益，以及不过分损害宗主的利益，而获得顺利的进展。但均田制度既承认土地私有权与土地所有面积的差别，并不是普遍计口授田，因而贫富不均的根源不独不能消除，而且因为大土地所有制的发展，贫富不均的现象反而逐渐加剧起来，这就是造成均田制度破坏的主要因素。不过其实施的结果，在一定期间内确能缓和阶级矛盾，增加生产，有稳定社会秩序的作用，所以有“民皆安堵、租远属路”的效果。

我国古代早期的人工运河

于楚，西方则通渠汉水、云梦之野，东方则通沟江淮之间。于是，则通渠三江、五湖。于齐，则通菑济之间。《史记·河渠书》

※ ※ ※

楚国的政治中心在今长江中游。自平王以后，除短时迁都于都（今湖北宜城南）外，绝大部分时间定都在郢（今湖北江陵北）。郢都靠近长江和汉水；除利用长江通航以外，《左传》还记载了利用汉水航行。另外，那时的江汉之间分布着统名为云梦

泽的大小湖泊，其间更有夏水、杨水穿流。楚国除了利用这些天然水道外，也曾开挖人工运河。“西方则通渠汉水、云梦之野”。关于这项工程，《史记》里没有说明是什么时候开凿，经过哪些地方。但谭其骧在《黄河与运河的变迁》一文中认为：

“西方一渠当为杨水，是沟通长江和汉水的一条人工运河。工程的关键是在郢都附近，拦截沮水与漳水作大泽，泽水南通大江，东北循杨水达汉水，所经过的地方正是当时所谓云梦，约当现在长江沙市一带到汉水沙洋一带。这条运河是在公元前六世纪初楚相孙叔敖主持下，广大劳动人民开凿的。”这是江汉平原最早出现的人工运河。

“东方则通沟江淮之间”。指的就是著名的邗沟，公元前四八六年，吴国打败了楚国和越国，吴王夫差进一步计划向北方扩张，进攻齐国，与大国争霸。当时，长江与淮河是不相通的。因此，吴王夫差在今扬州筑起邗城。接着就开凿邗沟，沟通了江淮。《春秋·左传》记述：“哀公九年秋，吴城邗，沟通江淮。”《汉书·地理志》江都县条说：“渠水首受江，北至射阳入湖”。后人称邗沟为韩江。杜预在《春秋·左传》注中说：

“于邗江筑城，穿沟东北通射阳湖，西北至末营入淮，通粮道也。是广陵韩江是。”射阳湖古称射陂，在今淮安县东南七十里。末口在今淮安县北五里。这这条邗沟从今扬州向东北穿凿到射阳湖，再经射阳湖到今淮安注入淮河，它是接通江淮航道最早的水利工程之一，也是著名的南北大运河的开端。邗沟既可贯通江淮，又可北通泗水，西接济水，沟通淮河与黄河，对古代中国南北经济文化的交流，起到了很大的作用。

“于吴，则通渠三江、五湖”。长江三角洲是当时吴国疆域，河道港汊纵横交错，水源很旺，具备发展航运的良好条件。吴国出于政治军事上的争霸和国内经济发展的需要，曾开凿过不少运河，从而使吴国成为一个“不能一日而废舟楫之用”的国家。相传吴国开凿最早的运河是胥溪（在今高淳县境，又称堰

渚)，那时，吴国，首都在今苏州，主要的敌国是西方的楚，南方的越。吴王阖闾采纳伍子胥的计谋，准备进攻楚国，为运送军用物资，就征调军民开挖这条胥溪运河，东通太湖，西入长江。胥溪以今宜兴东南为起点，经溧阳、高淳，沟通水阳江，从安徽芜湖出长江。这样，可使吴楚间水上交通不必绕道长江而经风浪之险，既缩短了航程，又使航运得到通畅和安全的保证。吴国的运河很多，据《越绝书》记述：“吴古故水道，出平门，上郭池，入渚，出巢湖，上历地，过梅亭，入杨湖，出渔浦，入大江，奏广陵。”这条运河可能是从苏州到江阴常州以北入江，在今运河之北”。又有“百尺渚，奏江，吴以达粮”。还有些记载，伍子胥在太湖东南开凿过胥浦，约在今金山，嘉善间，江纳太湖上游众流，经过淀山湖、泖湖，东流出海。以上这类运河，大概就是所谓的“于是，则通渠三江五湖”了。

“于齐，则通菑济之时”。指的就是济菑（淄）运河。济菑运河是东方强大的齐国开挖的，以沟通它的首都临菑和中原地区的水路联系。古临菑在今山东临菑东北。城东有蓄水东北入海，城西还有一条较小的时水，时水下游汇入菑水。临菑如此偏东，又如何与中原水路联结呢？恰好著名的济水在临菑城北五、六十里的地方流过，齐人当然不会放过这个有利的地理条件，于是，在菑水与济水间开了一条济菑运河，运河虽短，却解决了齐国的大问题，船只就可以由菑水，通过运河进入济水，济菑运河沟通了齐国与中原的联系。

鸿 沟 的 开 凿

自是之后，荥阳下引河东南为鸿沟，以通宋、郑、陈、蔡、曹、卫、与济、汝、淮、泗会。《汉书·沟洫志》

※ ※ ※

鸿沟是战国中期魏国兴修的一条人工运河。魏惠王在公元前

三六二年（魏惠王九年）迁都大梁（今河南开封），次年即开挖鸿沟，鸿沟北接黄河。南面与淮河的北面几条支流相联，它的开凿，使黄河和淮河间构成了一个通航水系。

鸿沟开凿前，虽有济水在黄河南面流过，但当时济水和黄河相通，并不和淮河各支流相接。黄淮间没有直接的水运往来。到了魏惠王十年（公元前三六一）开始兴建鸿沟，《水经、渠水注》载：“入河水于圃田，又为大沟而引圃水者也，”入河于圃田，大约是从北面的黄河或荥泽引水入圃田泽。然后从圃田泽开大沟东至大梁（今开封），公元前三四零年（魏惠王三十一年）又“为大沟于北郭，以行圃田之水。”这次施工大约是由大梁再向东开，并折而南下，和淮河北面的支流：丹水、睢水、洧水相串通。鸿沟即《水经注》所说的沙河水道，至今安徽沈丘县东汇入颍水，颍水也是淮河的一条主要支流，由此可见，鸿沟开浚后，将黄河和淮河的丹、睢、洧、沙、颍诸支流联系在一起，组成了初步的水道交通网。鸿沟开浚后，一来与黄河直接相通，引来了黄河丰富的水量；二来大量的来水汇入圃泽，以圃田泽作为运水的天然调节水柜，进一步改善了航运条件。鸿沟的开凿对于淮河流域的社会经济的发展有着重要的作用，促进了沿运河城市的繁荣，位于济水、荷水交会处的陶（今山东定陶），沙水别出鸿沟处的陈（今河南淮阳）、西淝河、颍水入淮处的寿春（今安徽寿县），睢水岸边的睢阳（今河南商丘），丹水和泗水交会处的彭城（今苏江徐州），以及大梁等，都成了当时的大都会，有的还成为大国都城所在地。这些都会的兴起显然是借助于水道交通的便利。不过那时各国割据一方，黄淮间的水运交通还不能充分发挥其应有的作用，秦统一以后，情况有了变化。大约在秦攻取荥阳（公元前二四九年）后，即在鸿沟济水入黄河处建筑广武城及敖仓。敖仓是一个很大的粮食转运仓库。统一以后，由鸿沟等水系运来的大批粮食，经敖仓再转运到关中。在楚汉相争时，郦

食其对刘邦说：“夫敖仓，天下转输久矣，臣闻其下乃有藏粟甚多。楚人拔荥阳，不坚守敖仓，乃引而东，令适卒分守成皋，此乃天所以资汉也。……愿足下急复进兵收取荥阳，据敖仓之粟，”

“刘邦听了他的话，占据了敖仓，在战争中夺到了主动权，足见这条航运线的重要和它的运输能力之大。司马迁在《史记·河渠书》里也曾概括地谈到鸿沟的重要作用，他说：“荥阳下引河，东南为鸿沟，以通宋、郑、陈、蔡、曹、卫，与济、汝、淮、泗会”，沟通了今河南，山东、江苏、安徽等省的运道。反映出在战国时期，河淮间水运四通八达的情况。

褒 斜 道

其后人有上书，欲通褒斜道及漕，事下御史大夫张汤。汤向之，言“抵蜀从故道，故道多阪，回远。今穿褒斜道，少阪，近四百里；而褒水通沔、斜水通渭，皆可以行船漕。漕从南阳上沔入褒、褒绝水至斜，间百余里，以车转，从斜下渭。如此，汉中谷可致，而山东从沔无限，便于底柱之漕。且褒斜材木竹箭之饶，僣于巴蜀。”上从之。拜汤子卬为汉中守，发数万人作褒斜五百余里。道果便近，而水多湍石，不可漕。《汉书·沟洫志》



褒斜道，是沟通汉江支流褒水和渭河支流斜水的运道。褒水和斜水都发源于秦岭，褒水在秦岭以南，斜水在秦岭以北，这两条水的源头相距只有一百多里，是巴蜀和汉中等地通往关中平原的捷径。

关于开褒斜道的背景，是因为关东道往关中的航道必须通过黄河三门峡的险阻，为了克服三门峡航运所造成的巨大损耗，西

注：本题参见《中国水利史稿》上册

汉统治阶级曾采用了许多个方案，开褒斜道是其中方案之一。据《史记·河渠书》记载：“漕从山东西，岁百余万石，更砥柱之限，败亡甚多，而亦烦费。穿渠引汾溉皮氏、汾阴下，引河溉汾阴，薄板下，度可得五千顷。……可得谷二百万石以上。谷从渭上，与关中无异，而砥柱之东可无复漕。”即引黄河和汾河的水灌溉今河津、永济一带，发展水利增加粮食产量，从而不再从三门峡以东运粮，以避开三门峡的航运险阻，这个意见很适用，皇帝采纳了它，发卒数十万作渠田。但因河道摆动不定，引水口进水困难，没有达到预期的目的，通过三门峡运粮的困难没有解决。

于是又有人提出避开三门峡险阻绕道转运的方案，即将东方粮食改从南阳郡（今鄂西北及豫西南地区），溯江水而上，一直到南郑（即汉中）的褒斜口，又逆褒水至褒水与斜水的分水岭，陆转一百余里到斜水，最后顺斜水入渭水，顺流而下抵长安。这一方案经御史大夫张汤审定上奏，武帝采纳，于是指派张汤的儿子张卬主持这一工程，征发几万人从事开凿工作。由于该工程连接汉水支流褒水与渭水支流斜水，故称“褒斜道”。

褒斜道开成之后，由于褒、斜的河谷都过于陡峻，水流很急，同时水中多礁石，根本无法行船。褒斜道的预期目的没有达到，不过该通道后来还是成了川陕间最重要的陆道交通线之一。

褒斜道既已失败，三门峡仍钳制着西汉王朝漕运的生命线，据《汉书·沟洫志》记载，汉武帝鸿嘉四年（公元前十七年）杨焉提出：“从河上下，患底柱隘，可携广之。”即凿宽三门峡通道，使航道深广，但开凿后，碎石沉没水中，无法搬走，使水流更为急湍，问题仍没有解决。

由于科学技术发展水平所限，西汉的黄河渭河航线只能靠耗费大量的人力物力的方法去换取数百万石粮食的运输。

漕 渠

时郑当时为大司农，言“异时关东漕粟从渭上，度六月罢，而渭水道九百余里，时有难处。引渭穿渠起长安，旁南山下，至河三百余里，径，易遭，度可令三月罢；而渠下民田万余顷又可得以溉。此漕省卒，而益肥关中之地，得谷。”上以为然，令齐人水工徐伯表，发卒数万人穿漕渠，三岁而通。以漕，大便利。其后漕稍多，而渠下之民颇得以溉矣。《汉书·沟洫同》

※ ※ ※

西汉建都长安。选择都城时曾有所争议。《史记·留侯世家》记载：张良曰：“关中左殽函，右陇蜀，沃野千里，南有巴蜀之饶，北有胡苑之利，阻三面而守，独以一面专制诸侯，诸侯安定，河渭漕挽天下，西给京师，诸侯有变，顺流而下，足以委输，此所谓金城千里，天府之国也。”建都的指导思想很明确，除关中有较好的自然资源之外，主要是靠渭水和黄河沟通全国，可以补给京师的供应和控制全国。这个意见被采纳了。东汉初，杜笃在《论都赋》中回顾了长安当时的航运情况之盛：“鸿渭之流，经入于河；大船万艘，转漕相过；东综泡海，西网流沙，”河渭航线的畅通是西汉王朝的生命线，为维护河渭的通航封建王朝是不惜代价的。

东汉初，政府提倡“黄老之治”，与人民休养生息，军事与民事的供给量较小，运输任务自然较少，据记载漕运量不过每年数十万石，航运的压力不大。到汉武帝时，国家基础稳定，武帝积极进行国内建设和反对匈奴奴隶主的入侵，粮食用量增加，其他供应也繁重，航运压力加重，不得不努力提高航运能力。元光六年（公元前129年），大司农郑当时提出了开漕渠的建议。

渭水自宝鸡峡以下，河床虽然不很开阔，但比较平直。咸阳以东，河谷开展，与咸阳以西很相不同。再东，则出现了若干弯

曲，极不便于航行，郑当时针对这种情况建议说：“漕水道九百余里时有难处。引渭穿渠，起长安，并南山下，至河三百余里”，武帝采纳了这一建议，并征发了几万人施工，三年建成。渠全长三百余里，从长安县境开渠，引渭水，沿着南山（即秦岭）东下，沿途收纳灃、沪等水，经今临潼、渭南、华县、华阴和潼关，直抵黄河。

当时要开凿这样大型的运渠，渠线的勘测是一个大问题。负责定线工作（即所谓“表”）的是齐人水工徐伯。徐伯表漕渠，在我国水利测量史上是一重大贡献。

漕渠建成后，便利了粮食运输，加上当时造船业已很发达，出展了长五丈到十丈的可装五百到七百斛的大船，大大地提高了运输的工效。漕渠的开凿，极大地增加了向关中的漕运数量，在汉初（高祖时）从关东漕运量每年不过数十万石，武帝时猛增到四百万石，到了武帝万封年间（公元前110至105年）竟达到六百万石，显然与漕渠修成有关。

郑 国 渠

其后韩闻秦之好兴事，欲罢之，无令东伐。乃使水工郑国间说秦，令凿泾水，自中山西瓠口为渠，并北山，东注洛，三百余里，欲以溉田。中作而觉，秦欲杀郑国，郑国曰：“始臣为间，然渠成亦秦之利也，臣为韩延数岁之命，而为秦建万世之功。”

“秦以为然，卒使就渠。渠成而用注填阡之水，溉鄠鹵之地四万余顷，收皆亩一钟。于是关中为沃野，无凶年，秦以富彊，卒并诸侯，因名“郑国渠”。《汉书·沟洫志》

※ ※ ※

据《史记·六国年表》记载，郑国渠是秦始皇元年（公元前二四六年）动工兴建的。按《汉书·沟洫志》的记载而言，郑国渠干渠渠首段在中山和瓠口间。据唐代地理书《括地志》记载：

“中山即仲山，在云阳县（今泾阳县西北三十里）西十五里”，孰是云阳县城北的一个藪泽名称，也就是说，渠首段起自云阳西十五里的仲山，止于云阳城北的藪泽。

郑国渠引泾水东注洛水，干渠东西长三百余里，其间横穿几道天然河流，因此，无论是三百里长的干渠的测量施工，渠系的布置运用，还是灌水的组织管理，都要具有相应的技术水平才行。干渠的渠线选择就很科学。根据现代的实施调查，郑国渠干渠渠线布置在渭北平原二级阶地的最高线上。干渠自西向东布置在最高处，位于干渠南部的整个灌区都在它的控制之下，这就保证了支渠以及其他下级渠道的自流引水，从而获得了尽可能大的灌溉面积。根据调查结果推算，当年郑国渠干渠平均坡降约为千分之零点六四。干渠渠线的选择合理地利用了当地的地形条件，显示了较高的测量和施工技术水平。

《汉书·沟洫志》说：“用注填阡之水溉泽卤之地”，泽之地即盐碱地，填阡之水即高含沙量的河水，“用注填阡之水溉泽卤之地”，就是淤灌技术。泾水含有大量的细颗粒泥沙（据统计，泾水多年平均含沙量高达每立方米十点一公斤），这种从陇东高原带下来的含有大量有机质的泥沙，随着灌溉水一起输送到农田里，就可以起到改良盐碱化农田的作用，并大大提高土壤的肥力。郑国渠引泾水灌溉，实际上超出了一般灌水的意义，而且有改良盐碱地、施肥和灌水一举三得的好处。

郑国渠建成后，泾水沿着渠道源源不断地灌溉着沿线的大片农田，使原来瘠薄的渭北平原，一变而为“无凶年”的沃野。郑国渠所经的今三原、高陵、泾阳、富平等地的土地得到了灌溉，亩产高达一钟之多，相当于现今亩产二百五十斤左右，这大约是整个灌区普遍的产量。因此，司马迁也曾为之赞叹。郑国渠建成后，有力地促进了当地农业的发展，增强了秦国的经济实力使秦国国力大大增强。公元前221年，秦终于完成了统一的大业。

龙 首 渠

其后严熊言：“临晋民原穿洛以溉重泉以东万余顷故恶地。诚即得水，可令亩十石。”于是为发卒万人穿渠，自征引洛水至商颜下。岸善崩，乃凿井，深者四十余丈。往往为井，井下相通行水，水随以绝商颜，东至山岭十余里间。井渠之生自此始。穿得龙骨，故名龙首渠。《汉书·沟洫志》

※ ※ ※

龙首渠是一引洛渠道，在开发洛河水利的历史上是首创工程，它是今洛惠渠的前身。大约在汉武帝元狩到元鼎年间（公元前120至111年）。有一个叫严熊的人，他向皇帝上书，建议开渠以洛水灌田。他说临晋（今大荔县）的百姓愿意开挖一条引洛水的渠道以灌溉重泉（今蒲城县东南）以东的土地。如果渠道修成了，就可以使一万多项的盐碱地得以灌溉，收到亩产十石的效益。武帝采纳了这一建议，征调了一万多人开渠。引洛水灌溉临晋平原，就必须在临晋上游的征县（今澄城县）境内开渠。可是在临晋与征县间却横亘着一座东西狭长的商颜山（即今铁镰山）。渠道穿越商颜山，给施工带来了新的困难。最初渠道穿山曾采用明挖的办法，但由于山高四十余丈，均为黄土覆盖，开挖深渠容易塌方，于是改用井渠施工法。《史记·河渠志》记载当时井渠施工法的技术要领是：“凿井，深者四十余丈。往往为井，井下相通行水，水随以绝商颜，东至山岭十余里间。井渠之生自此始。”开创了后代隧洞竖井施工法的先河。在洛惠渠扩建施工时，曾发现在总干渠五号洞附近有许多交叉放置的汉柏，大约是当年施工的遗存。渠道要穿越十余里的商颜山，如果只从两端相向开挖，施工面较小，洞内通风，照明也有困难，若在渠线中

注：本题参见《中国水利史稿》上册

途多打几个竖井，这样即可增加施工工作面，又能加快施工进度，同时也改善了洞内通风和采光的条件。井渠法无疑是隧洞施工方法的一个新创。同时，龙首渠的施工还表现了测量技术的高水平，它在两端不通视的情况下，准确地确定渠线方位和竖井位置，这也是难能可贵的。在施工中掘出恐龙化石，因而渠道叫作龙首渠。

经十余年的施工，龙首渠建成，可惜并未实现原定的设想。失败的原因可能是由于当时井渠未加衬砌，井渠通水后，黄土遇水坍塌，因而导致工程的失败。

北周保定二年（公元562年）又曾在今天荔开龙首渠以利灌溉。至唐代，著名水利家姜师度在这一带重新兴建灌溉工程，“于朝邑、河西二县界，就古通灵陂，择地引洛水及堰河灌之，以种稻田，凡两千余顷，内置屯十余所，收获万计。”（《旧唐书·姜师度传》），姜师度不仅引洛，而且引黄河水灌溉，效益更加显著。此后引洛灌溉相沿不断，解放后洛惠渠进一步扩展，灌溉面积增大十余万亩。

坎儿井的记载

汉遣破羌将军辛武贤将兵万五千人至敦煌，遣使者按行表，穿卑鞬侯井以西，欲通渠转谷，积居庐仓以讨之。《汉书·西域传》

※ ※ ※

西汉时，我国的灌溉工程已扩展到新疆地区。据《汉书·西域传》记载，汉武帝时期，桑弘羊曾建议大力经营西域，他指出：“故轮台以东，捷枝、渠利皆故国，地广饶水草，有溉田五

注：本题参见《中国水利史稿》上册

千顷以上。处温和、田美、可益通沟渠，种五谷。”桑弘羊的建议当时未能付诸实施。至昭帝时，才又用桑弘羊的建议，在轮台（今轮台县），渠犂（今库尔勒县）一带屯田。此后，屯田扩展至伊循（今若羌县一带），车师（今吐鲁番盆地），楼兰（今罗布泊北岸）。《水经·河水注》还记有敦煌人索勋曾率领士兵四千在楼兰附近兴修水利，“横断注滨河……，灌沃衍，胡人称神，大田三年，积粟百万”，东汉时期还曾在伊吾（今哈密附近）设置屯田机构，屯田区多有灌溉工程，考古发现，在今轮台东南孜尔河畔柯尔确尔汉故城附近的红土滩上，可见到沟渠的痕迹。而在今沙雅县东仍可见到红土所筑长达一百多公里的渠道，渠宽约八米，深约三米，至今当地犹称之为“汉人渠”。在若羌县的一个汉代灌溉系统，沿着古代米兰河道分布，干支渠上都设有闸门。

新疆特殊的水利工程型式——坎儿井创始于西汉。《汉书·西域传》提到的“卑鞞侯井”，三国人孟康注释说：“大井六，通渠也，下流涌出，在白龙堆东土山下。”可以看出，这个工程有六个竖井，井下通渠引水，显然是近代的坎儿井。坎儿井是新疆特有的灌溉取水工程型式。在新疆一些冲积扇地形地区，土壤多为砂砾，渗水性很强，山上雪水溶化后，大部分渗入地下，地下水埋藏也较深；为了将渗入地下的水分引出，供平原地区灌溉，开挖井渠是比较方便的，而井渠技术已在“龙首渠”的施工中应用，创造了新型的灌溉工程型式。在新疆一些冲积扇地形地区，土壤多为砂砾，渗水性很强，山上雪水溶化后，大部渗入地下，地下水埋藏也很深，为了将渗入地下的水分引出，供平原地区灌溉，开挖井渠是比较方便的，而井渠技术已在“龙首渠”的施工中应用，新疆劳动人民大约吸收了井渠法的施工经验，并将它应用到新的地理条件下，创造了新型的灌溉工程型式，近人王国维曾明确论证了这个问题。东汉时期，西域屯田继有发展，水利当也不乏兴作。

改革耕作制度的农业科学家——赵过

武帝末年，悔征伐之事，乃封丞相为富民侯。下诏曰：“方今之务，在于力农。”以赵过为搜粟都尉。《汉书·赵过传》

※ ※ ※

我国的耕作制度经历了一个漫长的发展过程。最早是采用原始的拓荒耕作制，后来渐渐出现了连种耕作制，以后进一步发展为两年三熟或一年多熟的轮作复种制，到了封建社会后期才大幅度地过渡到混种，间种和套种的局面。在我国古代劳动人民不断改进耕作的过程中，一些农业科学家发挥了自己杰出才智，为中国历史的进步和世界农业技术的发展做出了卓越的贡献，赵过便是其中的一个。

赵过是西汉武帝时人，他对农业的重大贡献是创造了代田法。《前汉书·食货志》说：“以赵过搜粟都尉，过能为代田。一亩三圳，岁代处，故曰代田。古法也。后稷始圳田，以三耜为耨，广尺深尺曰圳，长终晦”这里，“一亩三圳岁代处”，“圳”就是沟，是说在一亩地上升三条沟，这样就形成了三条沟和三条垄。沟深、沟宽和垄面各为一尺。有人可能会问三条沟与三条垄合计共六尺，难道每亩地只有六尺宽吗？汉武帝时，规定一亩（折合今0.991市亩）为240步，一步6尺（每尺折合今0.8295市尺）。如果是直测（也有方测）每亩就是1步×240步（6汉尺×1440汉尺），也就是说共开三条沟、三条垄，均各长1440汉尺，“一亩三圳”显然是指直测。

在田地上开沟打垄，就可以把农作物播种在沟里，于风吹来，垄面虽受影响，沟里却能保持一定的温度和水分，有利于出苗齐全。幼苗出土后，在沟里也可以减少叶面蒸发，保持油绿苗壮。待到中耕锄草的时候，每次都可以把垄上的土锄下一部分，培积在作物根部，直到垄平为止。这样一来，作物的根系发达，可以吸收更多的水分和养料，既能耐旱，耐风，又可抗倒伏。

第二年，仍然是这样栽培，所不同的只是沟与垄的位置要调换一下。去年的沟今年改作垄，去年的垄今年换为沟。年年都这样轮换一次，便是古人说的“岁代处”。基于当时的生产水平，这种土地轮作制是比较科学的。它把一亩地范围内的整地休闲改为局部休闲，特别是在那些风旱严重，肥力不足的地区，可以利用这种经营方式恢复和增进地力，获取增产丰收。代田法的出现，的确是农业发展史上的一次重大技术改革。

被誉为“召父”的水利专家——召信臣

吏民亲爱信臣，号之曰召父。荆州刺史奏信臣为百姓兴利，郡以殷富，赐黄金四十斤，迁河南太守，治行常为第一，复数增秩赐金。《汉书·循吏传第五十九》

※ ※ ※

秦汉时期，长江流域的灌溉以汉水支流唐白河发展最为显著。唐白河的灌溉那时以今河南的南阳、邓县、唐河、新野一带较为发达。唐白河一带为侵蚀，冲积平原，年降雨量约九百毫米左右，气候温和，适于农作物生长。这个地区的开发较早，到西汉中期，这里经济已相当发达。

汉元帝时，南阳太守召信臣对这一带水利有特殊贡献。召信臣，九江寿春人，字翁卿，“为人勤力有方略，好为民兴利，务在富之。躬劝耕农，出入阡陌，止舍离乡亭，稀有安居时。”他上任南阳太守以后，对当地进行了广泛地调查，随后提出了发展经济的种种措施，推广灌溉是其主要政绩。《汉书·召信臣传》记载：召信臣“行视郡中水泉，开通沟渎，起水门提阕凡数十处，以广溉灌，岁岁增加，多至三万顷，民得其利，蓄积有余”。在他的领导下，几年之内，建设引水渠数十处，灌溉面积约合今二百多万亩，成绩是十分可观的。召信臣不仅注意新建工程，而且也重视灌溉管理。为了合理地调配用水，他制定了“均

水约束”，也就是今天的灌溉用水制度。由于发展了水利，再加上其他措施，南阳地区面貌有了较大的改观，“郡中莫不耕稼力田，百姓归之，户口增倍”，召信臣因而受到老百姓的拥戴，被誉为“召父”。

六门陂是召信臣兴建的数十处工程中最著名的一处，它位于穰县（今邓县）之西，兴建于建昭五年（公元前34年）。该工程壅遏湍水，设三水门引水灌溉，元始五年（公元5年）又扩建三石门，合为六门，因而称之为六门陂。“六门陂”溉穰、新野、昆阳三县五千余顷”，是一个具有相当规模的大灌区。

水利专家——倪宽

宽表奏开六辅渠，定水令以广溉田。《汉书·倪宽传》

※ ※ ※

倪宽，千乘人。是汉代杰出的水利专家，他主持开凿了汉代的一项重要灌溉工程——六辅渠。关于六辅渠的开凿《汉书·沟洫志》记载说：“穿凿六辅渠，以益溉郑国傍高仰之田”，可见，六辅渠所灌溉的地区是在郑国渠旁的高程较高而郑国渠又无法自流灌溉的农田。那么，六辅渠在什么地方？最近出版的《中国水利史稿》一书对这个问题作了考证，现介绍如下：唐颜师古对《汉·倪宽传》六辅渠的注释说，它是在郑国渠上游南岸所开的六道小渠，引用郑国渠水扩大浇地面积，也就是六辅渠是郑国渠的支渠。这是唐代的一种说法。如果支渠坡降做得比干渠还缓，到了下游地段、支渠将可灌高程相对较高的农田。不过支渠坡降过缓，水流速度过慢，渗漏损失加大，这既不经济，又有造成久生盐碱化的危险。实际上六辅渠并不一定是引用郑国渠或是泾水，更可能的情况是，六辅渠是以郑国渠系北的冶峪、清山谷、浊山谷等几条小河为水源的。我们可以从汉武帝在六辅渠开凿后所发出的一番感慨和议论中看出这点来。《汉书·沟洫志》

记载说，汉武帝曰：“农，天下之本也。泉流灌浸，所以育五谷也。左右内史地名山川原甚众，细民未知其利，故为通沟渎，蓄陂泽，所以备旱也。”《史记·河渠书》在谈到六辅渠时说：“关中辅渠，灵轺引诸水（诸水，徐广解作诸川）”二说都是泛指关中诸水，并非专指泾水。而且这一带确有利用这些小溪发展灌溉的古老历史，例如，《长安志图》上所记的邢堰，就是古代引用冶峪水和清山谷水灌溉高处农田的水利工程。元代仅在冶峪上就有天井渠、成渠、海西渠、通利渠、仙里渠和王公渠等七条灌溉渠道。

倪宽在六辅渠的管理运用方面还有一项新的创造，那就是在我国首次制订了灌溉用水制度，据《汉书·倪宽传》记载：“定水令，以广溉田”，由于制定了浇水制度，促进了合理用水，因而扩大了浇地面积，灌溉用水制度的制定是我国农田水利管理技术的重要进步。

贾让治河三策

治河有上中下策。古者立国居民，疆理土地，必遗川泽之分，度水势所不及。大川无防，小水得入，陂障卑下，以为汙泽，使秋水多，得有所休息，左右游波，宽缓而不迫。夫土之有川，犹人之有口也，治土而防其川，犹止儿啼而塞其口，岂不有遂止，然其死可立而待也。故曰，“善为川者，决之使道，善为民者，宣之使言。”盖堤防之作，近起战国，雍防百川，各以自利。齐与赵、魏，以河为竟。赵、魏濒山，齐地卑下，作堤去河二十五里。河水东抵齐堤，则西泛赵、魏，赵、魏也为堤去河二十五里。虽非其正，水尚有所游荡。时至而去，则填淤肥美，民耕田足之。或久无害，稍筑室宅，遂成聚落。大水时至漂没，则更起堤防以自救，稍去其城郭，排水泽而居之，湛溺自其宜也。今堤防陋者去水数百步，远者数里。近黎阳南故大金堤，从河西北行，至西山南头，乃折东，与东山相属。民居金堤东，为

舍，十余岁更起堤，从东山南头直南与故大堤会。又内黄界中有泽，方数十里，环之有堤，往十余岁太守以赋民，民今起庐舍其中，此臣亲所见者也。《汉书·沟洫志》



贾让，汉哀帝（公元前6—1年在位）时人，为待诏。当时黄河从魏郡以东多次溃决，哀帝下诏求能浚川疏河的人，于是贾让上奏治河三策。

贾让三策在治河史上颇负盛名，它是在汉哀帝初年由贾让提出的。所谓上策，贾让首先指出，古时候，河有河的道，人有人的住处，各不相干，那时河道的情形是：“大川无防，小水得人，陂障卑下以为污泽，使秋水多得有所休息，左右游波，宽缓而不迫。”并无所谓洪水灾害。但是到了战国，黄河开始筑堤约束河水，这是为了“各以自利”，不过当时两岸堤距尚宽，筑堤“虽非其正，水尚有所游荡”。然而此后人们贪图黄河滩地的肥美，逐渐在堤内加筑民埝，圈堤围垦，以至河道宽窄不一，河线再三弯曲，因此导致黄河为害。据此，贾让提出他的上策说：“徙冀州之民当水冲者，决黎阳遮害亭，放河使入海、河西簿大山，东簿金堤，势不能远泛滥，期月自定……今濒河十郡治堤，岁费且万万，及其大决，所残无数。如出数年治河之费，以业所徙之民，遵古圣之法，定山川之位，使神人各处其所，而不相奸……此功一立，河定民安，千载无患。故谓之上策。”（《汉书·沟洫志》）他认为如果照他的上策去做，给黄河留一个宽广的河道，保证黄河“左右游波，宽缓而不迫”，则可以“河定民安，千载无患”。

所谓中策，就是在黄河下游多开支渠，这些支渠除了有灌溉的作用之外，同时还可以分洪减水。他的具体作法是，“但为东方一堤，北行三百余里，入漳水中，其西因山足高地，诸渠皆往往股引取之。旱则开东方下水门溉冀州，水则开西方高门，分河流。通渠有三利，不通有三害。民常罢于救水，半失作业。水行

地上，湊潤上徹，民則病濕氣，木皆立枯，鹵不生谷。決溢有敗，為魚鼈食。若有渠溉，則鹽鹵下濕，填淤加肥，故種禾麥，更為秔稻，高田五倍，下田十倍，轉漕舟船動更，……此成富國安民興利除害，支數百歲，故謂之中策。”（《漢書·溝洫志》）他所規劃的東方一堤，大約是從遮害亭開始，沿着今京廣鐵路東側向北修筑，引黃河入漳水河道。他預計，這樣一來，大水時在西岸高地開水門分洪，灌溉季節則開東岸低水門灌溉放淤，因而既可以分洪防汛，減輕河防費用，改善兩岸農業生產條件，又可以放淤灌溉，提高農業產量，還可以發展水運交通。他認為，這雖然不是古代聖人所提倡的方法，但也可以“興利除害，支數百歲”。

所謂下策，賈讓視單純依靠堤防來達到防洪的目的作法為下策，他說：“若乃繕完故堤，增卑倍簿，勞費無已，數逢其害，此最下策也。”（《漢書·溝洫志》）

傳統看法認為，賈讓上、中、下三策集中地體現了他的治河主導思想，從這個意義上說，三策是統一的一個整體。三策之中，尤以上策為其立論的重點，中策是上策的修正，而下策則是上策的反對。對於這種傳統說法，今人張含英先生提出了不同意見。張先生在《歷代治河方略探討》一書說：“有人看到他‘繕完故堤’列為‘最下策’，便認為他反對筑堤。又从上策的‘治土而防其川，猶止兒啼而塞其口’看，認為他反對筑堤。現在試作進一步的分析。他在評論齊、趙、魏所筑之堤時，認為‘雖非其正，水尚有所游蕩’，雖不滿意，但并不完全反對。在建議改道北流後，又使之‘東簿金堤’，對已有的金堤，認為還可加以利用。至於中策的‘但為東方一堤’，則認為在必要時還可建新堤，因此，不能認為賈讓無條件地反對筑堤。只是在當時的河流情勢下，如果不採用他的上策和中策，而只是‘繕完故堤，增卑倍簿’，才是最下策。……至於下策所說的‘故堤’，是束窄河道成為‘數百步’的堤，是指迫使‘河再西三東’的堤。這樣的堤，如不拆除或加以改善，而且日事‘繕完’、‘增

卑倍簿’，不应视为下策吗？至于贾让对于这样的‘故堤’，为什么不提出拆除和改善的意见，而只加以斥责，可能有社会的原因，也可能有技术的原因。……总之，就《治河策》全文看，既不能认为贾让反对筑堤，也不能认为贾让无条件地视筑堤为下策。”

王 景 治 河

景少学易，遂广窥众书，又好天文术数之事，沈深多伎艺。辟司空伏恭府。时有荐景能理水者，显宋诏与将作谒者王吴共修作浚仪渠。吴用景堦流法，水乃不复为害。

初，平帝时，河，汴决坏，未及得修，建武十年，阳武令张汜上言：“河决积久，日月侵毁，济渠所漂数十许县。修理之费，其功不难。宜改修堤防，以安百姓。”书奏，光武即为发卒。方营河功，而浚仪令乐俊复上言：“昔元光之间，人庶炽盛，缘堤垦殖，而瓠子河决，尚二十余年，不即拥塞。……后汴渠东侵，日月弥广，而水门故处，皆在河中，兖、豫百姓怨叹，以为县官恒兴佗役，不先民急。永平十二年，议修汴渠，乃引见景，问以理水形便。景陈其利害，应对敏给，帝善之。《后汉书·王景传》



王景，字仲通，与王充同时代。据《后汉书·王景传》载，“此人，广窥众书，又好天文术数之事，沈深多技艺”，是个学识渊博的学者。他尤其擅长水利工程技术，是古代著名的治黄专家。永平十二年（公元69年）东汉王朝决定派王景治理黄河。在从事治黄之前，王景已经积累了成功地修治汴渠的实践经验。他对于治黄的利害得失有较深入地了解，所以当汉明帝接见并问及治河问题时，他能对答如流，遂被委派主持治河，这次治河规模相当大，动员了数十万人参加，施工整整一年时间，所花经费以百亿计，工程终于顺利完成，这就是历史上著称的王景治

河。

《后汉书·王景传》记载：“（永平十二年）夏，遂发卒数十万，遣景与王吴修渠。筑堤自荥阳东至千乘海口千余里。景乃商度地势，凿山阜，破砥渍，直截沟洫，防遏冲要，疏决壅积。十里立一水门，令更相洶注，无复溃漏之患。景虽简省役费，然犹以百亿计。明年夏，渠成。帝亲自巡行，诏滨河郡国置河堤员吏，如西京旧制。”又《后汉书·明帝纪》记载：“（永平十三年）夏四月，汴渠成，辛巳，行幸荥阳，巡行河渠。乙酉，诏曰：“自汴渠决败，六十余岁，加顷年以来，雨水不时，汴流东侵，日月益甚，水门故处皆在河中，漭漾广溢，莫测圻岸，荡荡极望，不知纲纪。今兖豫之人，多被水患，乃云县官不先人急，好兴它役。又或以为河流入汴，幽冀蒙利，故曰左堤强则右堤伤，左右俱强下方伤，宜任水势所之，使人随高而处，公家息壅塞之费。百姓无陷溺之患。议者不同，南北异论，朕不知所从，久而不决。今既筑堤、理渠、绝水、立门，河、汴分流，复其旧迹，陶丘之北，渐就壤坟。”

由以两段记载可见，王景治河的主要工作包括：“筑堤”，即治河；“理渠”，即治汴两方面。“筑堤自荥阳东至千乘海口千余里”，即修筑系统的黄河大堤，从而固定了第二次大改道后的新河线。“凿山阜，破砥渍，直截沟洫，防遏冲要，疏决壅积。”这一段文字说的是“理渠”的工程措施，即开凿汴渠的新引水口，堵塞被黄河洪水冲成的汴渠附近的沟洫；加强堤防险工段的防护；将淤积不畅的渠道上游段加以疏浚等等。

王景治河取得了重大成就，技术上也有新的创造，这主要表现在：1、系统修建了千里黄河大堤，稳定了公元十一年决口后的黄河河床。堤防建成当年，汉明帝即下令：“滨河郡国置河堤员吏，如西京旧制”，加强对黄河下游全线堤防的维修和管理。这条新的黄河行洪路线比较径直，是黄河下游距海最近的路线，河流比降大，水流挟沙能力强，是一条理想的行洪路线。2、整

修了汴渠。汴渠整修工程除整修堤防，河道外，主要集中在口门处，这次施工中更发展了前代水门技术，总结了“十里立一水门，令更相洄注”的办法，发展了在多沙河流上采用多水口形式引水的技术。由于汴口水门成就突出，所以元和三年（公元86年）当地老百姓在盛赞王景沿河的功绩时特别指出：“往者，汴门未作，深者成渊，浅则泥涂。追惟先帝，勤人之德，底绩远图，复禹弘业。”

贾鲁的治河功绩

至正四年，河决白茅堤，又决金堤，并河郡邑，民居昏垫，壮者流离。帝甚患之，遣使体验，仍督大臣访求治河方略，特命鲁行都水监。鲁循行河道，考察地形，往复数千里，备得要害，为图上进二策：“其一，议修筑北堤，以制横溃，则用工省；其一，议疏塞并举，挽河东行，使复故道，其功数倍。会迁右司郎中，议未及竟。其在右司，言时政二十一事，皆见举行。调都漕运使，复以漕事二十事言之，朝廷取其八事：一曰京畿和糴，二曰优恤漕司旧领漕户，三曰接连委官，四曰通州总治豫定委官，五曰船户困于坝夫，海运坏于坝户，六曰疏濬运河，七曰临清运粮万户府当隸漕司，八曰宣忠船户付本司节制。《元史·贾鲁传》



元朝从灭金据有黄河到至正十一年（公元1351年）的八、九十年中，治河事业成效不大。但是，至正十一年由贾鲁组织筹划的治河大役，却取得了巨大成就，成为治河史上一次著名的活动。

贾鲁（公元1267—1353年），河东高平县（今山西高平）人，字友恒。顺帝时，黄河决，鲁巡河道察地形，往复数千里，备知要害。至正二十一年四月初四日，下诏中外，命鲁以工部尚

书为总治河防使，进秩二品，授以银印。发汴梁、大名十有三路民十五万人，市州等戍十有八军三万人供役，一切从事大小军民，成稟度节，便宜兴缮。

于是，从四月二十二日起动工，十一月决口合龙。大堤施工结束，全部工程完成。河复故道，江淮入海。贾鲁被破格提升为荣禄大夫，集贤殿大学士。石船堤障水和合龙是此役中所采用的重要技术措施。堵口前，已经在决口上游有刺堤水道，但筑得较短，“约水尚少、力未足恃”，且决口太宽，“南北广四百余步，中流深三丈余，益以秋涨，水多故河十之八，两河争流。近故河口，水刷岸北行，洄漩湍激，难以下埽”。于是，贾鲁立即采用船堤障水，用二十九条大船组成三道船堤，每堤九只船，长二十七步，合铁锚固定船身，把三船堤连成一体，装石同时下沉，船堤后又加草埽三道。石船堤障水法是贾鲁在堵口技术上的重大创造。用船堤障水，相当于今天的丁坝，其作用是将主流挑入正河，除了减轻堵口合龙时的水势之外，还有一个重要的作用，就是在决口堵复之前，使正河有足够的流速，不致于因决口堵复时间拖延过长而被淤积。

决口的进占和合龙，全部运用埽工。当时贾鲁治河整个工程曾“沉大船一百二十艘”，而在白茅堵口中，除障水堤沉船二十七艘外，未见到堵口时用沉船的记载。也就是说，有近百艘大船用在其他决口的堵复，独有白茅决口未用沉船。可能是因为白茅决口太深，“中流深三丈”，当时装载量为几百料的大船。深度不过数尺，这样，就得沉几叠船才能露出水面，堵口速度太慢，又难控制。同时，贾鲁对埽工的作用有深切的认识，他认为，“草虽至柔，柔能狎水，水渍之生泥，泥与草并，力量如碇”。所以，他在主要堵口工程中，充分运用埽工技术。所用的埽高达二丈，长达十丈，大埽以三、四寸粗的竹索，麻索或捆；下埽时则用大铁锚下沉和锚着，并在埽上下打椿固定。

贾鲁治河动用军民人夫二十万，从四月二十二日入役到十一

月十一日合龙后又进行修堤，筑埽等各项收尾工作，共计一百九十日，用工三千八百万，相当于开凿会通河和通惠河用工总量三倍以上，计疏浚河道二百八十多里，堵塞大小决口一百零七处，总长在三里多，修筑堤防上至曹县下至徐州七百七十里。

工程耗费总计中统钞一百八十四万五千多锭，所用大木椿二万七千根，蘼秸薄苇杂草七百三十三万多束，榆柳杂梢六十六万六千根，碎石二千船，另铁缆、铁锚、铁钻等物甚多，其工程之浩大，实为封建时代治河史上所罕见的。

郭守敬的水利成就

二十八年，有言滦河自永平挽舟逾山而上，可至开平；有言卢沟自麻峪可至寻麻林。朝廷遣守敬相视，滦河既不可行，卢沟舟亦不通，守敬因陈水利十有一事。其一，大都运粮河，不用一亩泉旧原，别引北山白浮泉水，西折而南，经瓮山泊，自西水门入城，环汇于积水潭，复东折而南，出南水门，合入旧运粮河。每十里置一闸，比至通州，凡为闸七，距闸里许，上重置斗门，互为提阇，以过舟止水。《元史·郭守敬传》

※ ※ ※

郭守敬，字若思，河北邢台人。是元代最著名的科学家，也是我国古代杰出的科学家之一。他一生从事科学事业，在水利、数学、天文等学科中的贡献最大。同代人高度评价他：“公以纯德实学为世师法，然其不可及者有三：“曰水利之学，二曰历数之学，三曰仪象制度之学”。可见，郭守敬对水利的贡献尤占有实出的地位。

水利方面，他亲自参加对举世闻名的京杭大运河中的会通河和通惠河两个重要河段的勘测，规划和设计工作，尤其是通惠河一段，自始至终都是在郭守敬主持下开凿的；据《元历·河渠志》记载：“通惠河，其源于白浮甕山诸泉水也。世祖至元二十

八年，都水监郭守敬奉诏兴举水利，因建言，“疏凿通州至大都河，改引浑水溉田，于旧锺河馱跡导清水，上自昌平县白浮村引神山泉，西折南转，过双塔、榆河、一亩、玉泉诸水，至西水门入都城南汇为积水潭，东南出文明门，东至通州高丽庄入白河。”郭守敬还亲自参加了修复宁夏灌区的勘测和规划工作，“相治河渠泊堰大小数百余所”，郭守敬无论在水利理论或实践上都作出了卓越的贡献。

郭守敬在治理大都河道的数十年中，对京师附近各条河流洪水特性进行了广泛的调查和深入的研究。他对京师附近各河道水流湍急，暴涨暴落和含沙量等的特点认识深刻，并把所掌握的有关方面的知识用于实践，“屡屢明险”。在水利工程规划设计中，特别注意到洪水特性对工程的重大影响。据《元朝名臣事略》记载，他初拟按金人旧迹引卢沟水，复金口河故道时曾提出：“当于金口西预开减水口，西南还大河，令其深广，以防涨水突入其患”。又载：大德二年（公元1298年）。朝廷召他回京商议开铁幡杆渠时，他认真进行测算后指出：“山水频年暴下，非大为渠堰广五七十步不可”。可是当事者只看到平时这些河水水量较少，都不以为然。而执政吝于工费，以公耻为过，缩其广二之一。明年大雨，山水注下，鞋不能容，漂没人畜庐帐，几犯行殿”。开铁幡杆渠是这样，开金口渠亦是这样。可见郭守敬对河流洪水特性有较深刻的认识。

我国北方历来水源短缺、灌溉与航运用水紧张，所以，水源的开发和合理利用，在水利事业中的意义很大。郭守敬十分重视对水资源开发的研究，是有远见卓识的。中统三年（公元1262年），郭守敬向元世祖面陈为水利六事，对水源开发利用能综合考虑问题。他的六条建议中，有五条是关于引水灌溉的，其中对礼河东至古任城故道修复，体现了综合利用，既可灌溉，亦可航运。他的建议非常具体而实际，如对于沁丹灌区，他认为“虽已灌溉，尚有漏堰”，建议将沁河口余水“东与丹河余水相合，开

引东流至武陵县北合入御河，其间亦可溉田一千余顷”。亦即尽量利用丹、沁河的水量，扩大灌区的有效灌溉面积，充分发挥水源的效益。

郭守敬在从事水利实践活动中，非常注重对河流地形的测量。如在会通河开凿前的十多年，曾对“自陵州至大名，又自济州至沛县，与南至吕梁，又自东平至堽城，又自东平清河逾黄河故道至御河相接，又自卫州御河至东平西南水泊至御河”上下左右数百里，进行勘察和测量，“乃得广济州、大名、东平、泗汶与御河相通形势图”。在修复宁夏灌区事毕以后，“自中兴还，特命舟顺河而下四昼夜至东胜”，进行实地勘测，不仅发现此段河道可以通航，且了解到众多古渠可以整理灌溉。

特别重要的是他在宁夏和京师两地的测量实际活动中，“又尝自孟门以东循黄河故道纵广数百里间皆为测量平地，或可以分杀河势，或可灌溉田土，具有图志。又尝以海面较京师至汴梁地形高下之差，谓汴梁之水去海甚远，其流峻急，而京师之水去海至远，其流且缓，其言信而有征，此水利之学，其不可及者也”。这是历史上有记载以来第一次利用海平面作为基准点测量地形相对高低。这是郭守敬在测量学上十分重要的贡献。

左光斗兴修农田水利

出理屯田，言：“北人不知水利，一年而地荒，二年而民徙，三年而地与民尽矣。今欲使旱不为灾，涝不为害，惟有兴水利一法。”因条上三因十四议：曰因天之时，因地之利，因人之情；曰议濬川，议疏渠，议引流，议设坝，议建闸，议设陂，议相地，议筑塘，议招徕，议择人，议择将，议兵屯，议力田设料，议富民拜爵。其法犁然具备，诏悉允行。水利大兴，北人始知艺稻。《明史·左光斗传》

※

※

※

左光斗（公元1575—1625年），字遗直，桐城南乡（安徽省枞阳县）人，是一位杰出的农田水利专家。他在领（公元1621年）直隶（今河北省）屯田事期间，看到“荒原一望，率数十里，高者为茂草，洼者为汨洳”的悲惨情形，决心兴修农田水利。经过缜密的思考，因此，他写成了《足饷无过屯田，屯田无过水利疏》，提出在这个地区兴修水利的具体方案，大要为：

一、浚川，疏浚黄河支流，使其下流得池，上流无壅滞之害，而有灌溉之利；二、疏渠，除了保证粮食运输的运河不可开泄外，其余河流、陂塘、堤堰，可寻故迹，或视方便，加以疏导。工多者，官府酌量给予费用；工少者，听民自办；三引流，东南地区高水下处，民间这可以车水灌田。北方水与地平，更易于引水灌田；四，设坝，在河流转下，地形转高的地方，引远水或者平行水都不方便，就得拦河设堤，才能引水灌田。在支流水浅处，用此法最适合；五，建闸，如果河流不按时蓄水或池水，那就往往泛滥成灾。因此要在入水和发水之处安设斗门，天旱时开入水处斗门，水滞时闭之，水涝时开出水处斗门，天旱时闭之；六，设陂，顺水设陂，可以防止山洪暴涨，沙石压冲；七，相地，随土地所宜，听人们种粱、菽、芋、蔬不必一律种稻；八，筑塘，春夏季需要水灌田，常恐水少，秋冬季农田不需要浇灌，又恐水多。宜用池塘储水，可防干旱，又可养鱼植莲。

兴修水利是为了灌溉农田的，因此左光斗又提出关于开垦农田的具体办法：如招南方农夫到河北教耕种，仿效汉代开：“力田科”，使那些未能得中进士科的读书人从事农垦，讲求水利；令各屯卫所的军官依垦田多少计功，垦田多者加级；奖励勋贵，富商经营垦田；设立兵屯，计田行赏。还要慎选地方官，要求他们既不扰民，又可劝农。兵屯要将领得人，才能做到一面屯田，一面进行军事训练等。

左光斗为什么能够提出这一整套兴修水利的措施呢？因为他生长在长江流域，比较熟悉南方水利事业的情况。他亲自考察了

河北地区水利和农田的情况，并采取了同代人汪应蛟在天津屯田的建议。同时，他又从实践中总结了人民兴修水利的经验，从而找到了科学根据和可靠的办法。他的建议得到明朝廷的许可，朝廷就委派通判（官名）卢象观到天津附近主持农田水利。经过当地军民的艰苦劳动，这个地区：“水利大兴，北人始知芒稻，”后来御史邹元标到天津，经过这里，惊叹说：“三十年前，都人不知稻草为何物；今所在皆种稻，水田力也。”事实证明了左光斗提出的治水的措施是行之有效的。

天启四年（公元1624年），左光斗升任都察院左金都御史。当时宦官魏忠贤专权，任意镇压人民，排斥异己，结党营私，横行霸道。左光斗与副都御史杨涟曾上奏章揭露魏忠贤的罪行，遭魏忠贤陷害，天启五年七月在狱中被害死。到崇祯元年（公元1628年），诛魏忠贤后，才赐给左光斗谥号，其谥号为“忠毅。”

白 渠

后十六岁，太始二年，赵中大夫白公复奏穿渠。引泾水，首起谷口，尾入栢阳，注渭中，袤二百里，灌田四千五百余顷，因名曰白渠。民得其饶，歌之曰，“田于何所？池阳、谷口。郑国在前，白渠起后，举重为云，决渠为雨。泾水一石，其泥数斗。且溉且粪，长我禾黍。衣食京师，亿万之口。”言此两渠饶也。
“汉书·沟洫志》

※ ※ ※

继郑国渠和六辅渠开凿之后引泾灌溉的又一项重要工程是汉武帝时期兴建的白渠。白渠建于太始二年（公元前95年），因为是赵中大夫白公的建议，因人而名，故名白渠。白公建议的主

① 本题参见《安徽古代科学家小传》

主要内容是：“穿渠引泾水，首起谷口，尾入栎阳，注渭、中表二百里，溉田四千五百余顷”。白渠建成后，泾阳、三原一带更直接受益。此后白渠遂与郑国渠齐名，并常把它们合称为郑白渠。

据今人考证，白渠渠首在郑国渠南侧，从郑国渠开口引水。因为总的水源是泾水，说：“穿渠引泾水”亦无不合。郑国渠、白渠同口引水，郑国渠当时仍维持石川河以西旧道，白渠则在郑国渠之南，郑白二渠是一个灌区的南北两条干渠。此后遂郑白齐名。并往往统称为郑白渠。

到了唐代，白渠已下分三条支渠：即太白渠、中白渠和南白渠。其中太白渠在泾阳县（今泾阳县）东北十里。太白渠向南分出一支为中白渠、中白渠东流入高陵县（今高陵县）。中白渠又分一支为南白渠，南白渠东南流，也入高陵县界。中白渠向东穿过石川水，在下邽县（今渭南縣东北五十里）注入金氏陂。在唐代，白渠因有三条干渠故又称为三白渠。三白渠在唐永徽中（公元650至655年）灌溉面积有一万多顷，一百年后的大历时期（公元766至779年），灌溉面积竟缩减至六千二百余顷。由于三白渠位于唐代首都附近，经济地位十分重要，因此，在唐中叶以后加强了渠道的管理，三白渠的维修管理记录频繁，平均不到三十年就有一次大的整顿。订立有比较详细的用水管理制度，并设专官监督实行。但安史之乱后，三白渠灌溉面积进一步缩小，到了宋元时期，郑白渠才又有所恢复。

《汉书·食货志》

是以圣王域民，筑城郭以居之，制庐井以均之，开市肆以通之，设庠序以教之；士农工商，四民有业。学以居位曰士，辟土殖谷曰农，作巧成器曰工，通财鬻货曰商。《汉书·食货志》

※ ※ ※

《汉书·食货志》是班固所著《汉书》里的一篇著名论著，

它比较系统地反映了汉代农业生产的发展状况，对研究汉代农业是一部非常重要的史料。

首先，《汉书·食货志》旁征博引来说明汉代采取的重农政策的必要性。从秦始皇统一中国（公元前221年）至秦亡（公元前207年）共15年。秦王朝贯彻急农政策，治理郡县。由于对外战争的需要以及新地区的开发治理，宫廷用度的奢侈增加了人民所负担的租税和徭役。《食货志》记载：“至于始皇，遂并天下，内兴工作，外攘夷狄，收泰半之赋，发闾左之戍。”所谓“泰半”，指二分之一以上而言，所谓“泰半之赋”的赋，包括田租，口赋，盐铁三项而言。又说：“男子力耕不足粮饷，女子纺绩不足衣服”，可以反映粮食生产及衣着原料生产之不足。严重的租税与徭役威胁着人民的生存，所以陈胜，吴广领导农民起义于先。项羽、刘邦领导的农民战争于后。终于推翻了秦王朝的统治。汉兴之后，为了避免重蹈秦之覆辙，在政策上必然要与民休息。于是，汉文帝采纳了晁错的意见，采取了三项措施：①减轻农民负担，减免租额与徭役；②人粟授爵。汉初在这双重措施下，社会生产得到恢复与发展，汉王朝政权就在经济上升的基础上巩固起来。《食货志》说：“至武帝之初七十年间，国家无事，非遭水旱，则民人给家足，都鄙廩庾尽满，而府库余财，京师之钱累百巨万，贯朽而不可校，太仓之粟，陈陈相因，充溢露积于外，腐败不可食。众庶街巷有马、阡陌之间成群。”这段描述的符合实际的。而且这个经济基础是武帝凭籍以伐征四夷，开置边郡，建立大一统帝国的物资条件。③贵农贱商，对商人，农民采取差别待遇。用管盐铁，榷酒纸，行均输的方法，使富农，大贾无所牟其利，而商贾所缴纳源之于细民，与商贾所损甚微。因对匈奴持续战争需要物资和现钱，汉政权遂于元狩四年（公元前119年）颁发纸钱令，向地主、豪强、富商、大贾掌握物资现钱者，征收其纸钱及物资。《食货志》记载：“诸贾人未作货贷买卖，居邑贮积诸物，及商以取利者，虽无市

籍，各以其物自占，率纸钱（指用麻绳串成一贯的现钱）二千而算一。诸作有租（如市租、息租）及铸（私铸钱），率纸钱四千算一。非史比者，三老，北边骑士，轺车一算：商贾人轺车二算；船五丈以上一算。匿不自占，占不悉，戍边一岁，没入纸钱。有能告者，以其半畀之。贾人有市籍，及家属，皆无得名田，以便农。敢犯令，没入田货。”纸钱令将财物的价值折成现钱征税，有似财产税性质。但政府所得仍不足以应付庞大的军政费用，于是有“物可生纸”的提出，使豪商大贾以及豪强地主的财货都更多地落入政府手里，等于强迫输财以济国家的匮乏。

其次，汉代采取的重农措施。西汉王朝重农政策的目的在于政府掌握大量粮食，以保证财政及军事上的供应，和抗御羌胡的入侵。为了达到保证财政及军事上的供应起见。就采取了下列两项重要措施。1、积粟。粮食生产要随人口增加的需要而相应的增长，才能保证社会的安定和进步。由于粮食生产除人为的影响外，积粟以备荒歉很有必要。《食货志上》说：“汉之为汉，几四十年矣，公私之积犹哀痛……即不幸有方二三千里之旱，国胡以相恤？……夫积贮者，天下之大命也。苟粟多而财有余，何为而不成？”2、贵粟。贵粟起源于粟受爵，汉初晁错在文帝时，建议入粟受爵，其意义在于用各爵来诱取富人的粮食，使国家手中掌握大量粮食，因而减轻贫农所纳的田租。他的计划是：“今募天下粟县官，得以拜爵，得以除罪，如是财富民有爵，农民有财。无能入粟以受爵，皆有余者也；取有余以供君上，则贫民之赋可损。：文帝从其言，令民入粟于边拜爵。此项措施提高了地主、富农对粮食生产的重视，加速了对于土地的兼并，广收田租，加重租额，于是小农所感受痛苦者不是：“公家之赋”而是“私家之租”。

前汉至武帝之初七十年间，采取与民休息政策，民庶繁息，经济发展，在我国古代历史上是一举非常兴盛的时期。

农政全书

久之，帝念光启博学强识，索其家遗书。子骥入谢，进《农政全书》六十卷。《明史·徐光启传》

※ ※ ※

《农政全书》是徐光启晚年所著名的一部大型农书。从万历四十一年（公元1613年）到天启元年（公元1620年），历时七年之久。崇安十二年（公元1639年），即徐光启卒后六年，农书全稿才有陈子龙等人编辑校刻出来，并定名为《农政全书》。

《农政全书》分为十二目，共六十卷，凡六十余万言。卷首有《凡例》二十二则。十二目为：《农本》三卷、《田制》二卷、《农事》六卷、《水利》九卷、《农器》四卷、《树艺》六卷、《蚕桑》四卷、《蚕桑广类》二卷、《种植》四卷、《牧养》一卷、《制造》一卷、《荒政》十八卷。书中对我国悠久的农业传统如水利、作物栽培、土壤改良以及田间管理技术等方面，都作了比较详细的总结。特别主张以积极的措施防止自然灾害，结合合理施肥以改良土壤，推广种植南方水稻、甘薯等高产作物，以增加粮食产量，对我国农业科学的发展作出了重大的贡献。

《农政全书》与以往那些纯技术性的农书不同，它了过过去农书中必有的生产技术与方法以外，更着重一些政府应做也能做的非生产技术性的实际措施，也就是：“农政”。如开垦水利、备荒就荒等。这几项“农政”是保证农业生产与农业劳动者生活所必备的基础。集中而系统地论述这些“农政”成为《农政全书》的显著特色。

在徐光启看来，当时的生产形势是南方人多地少，北方人少地多。由于国家缺少有利的措施，以致长城以内差不多整个黄河下游，长城以外的山西以北至辽宁一带，都有可耕之地，但却丢掉而不耕作，只是依靠大运河“南粮北调”。这样，就给许多贫

官污吏提供了敲诈勒索的机会。结果运到北方一石粮食，南方老百姓却要付出好几石的代价。徐光启主张用屯田的方法，鼓励地方军队垦种，自给一部分粮食，并实行“南人渐北”，移民开荒，发展北方的农业。北方粮食增加了，就可以减轻对南方粮食的依赖，以可以减轻南方长江下游产粮区人民的重负。

“水利，农之本也。无水则无田。”徐光启为了掌握水利科学的规律，不仅翻阅了大量的西方科学著作，还跑遍了许多山川，勘察了大大小小的河流水源。在《农政全书》中，“水利”就有九卷，其中最重要的是“用水五法”。这五法是”1、用水之源，就是利用泉水；2、用水之流，论述怎样利用河、塘浦、泾、滨、的各种水流；3、用水之渚，就是利用湖泊等积聚的水；4、用水之委，是讲大海的潮汐以及岛屿，河川等地怎样用水；5、作原作渚以用水，介绍了凿井、挖塘、修水库的方法。这五次用水法比较全面系统地阐明了用水的理论，很有科学价值。

徐光启主张积极预防灾荒，强调有备无患。《农政全书》中就选辑了历代备荒救荒的具体措施，并记载了他自己的研究成果。特别可贵的是，他还在老农的帮助下，找到了几十种菜，一一亲品尝检验，凡是无毒可食的，都写好名目、吃法、注意事项，编成《野草谱》。这样既可度荒，又可避免再发生中毒事故。可见，《农政全书》比以前所有农书更全面。

建 筑

秦驰道

二十七年，始皇巡陇西、北地，出鸡头山，过回中。焉作信宫渭南，已更命信宫为极庙，象天极。自极庙道通酈山，作甘泉前殿。筑甬道，自咸阳属之。……治驰道。《史记·秦始皇本纪》

※ ※ ※

公元220年，就是秦刚刚统一之后的第二年，秦始皇便下令以京都咸阳为中心，修筑通往全国各重要城市和边境地区的驰道。命令一下，各地郡县迅速调集了几十万苦役，日夜加紧筑路施工。

根据有关资料统计，秦代著名的驰道共有九条。其中以咸阳为中心的驰道有：出高陵通往陕北的上郡道；渡黄河通往山西的临晋道；出函谷关通往河北、山东的东方道；出陕南通往湖北的武关道；出秦岭通往四川的栈道；出陇县通往宁夏、甘肃的西方道；出淳化通往内蒙的直道。直道由大将蒙恬监修，起自咸阳，终止九原，全长1800里。它的修建，是为了一旦北方的劲敌匈奴南下侵扰，中央能够以最快速度从京师调兵增援边防。另外，还在云南、贵州地区修筑了“五尺道”。在进兵百越时，修筑了攀越五岭的“新道”。

注：本题参见《长安史话》

据《汉书·贾山传》记载：秦代驰道的规格，“道广五十步，三丈而树，原筑其外，隐以金椎，树以青松，为驰道之丽至于此”。秦代以六尺为一步，也就是说，除山路外，驰道一般宽三百尺（约合今69米），道两边用金椎筑有厚实的矮墙，每隔三丈距离，种植一棵青松。驰道筑成后，青松栉比排列，绿荫相接，亭亭如盖，路面宽展坦荡，笔直伸延，直达天际。千里驰道，景象壮观。这确实是秦代劳动人民的一个伟大创造。

驰道的修筑，是秦始皇加强统一的重要措施之一，它对于消除封建割据，加强中央集权，发展封建文化，都有重要的意义。然而，对于秦始皇本人来说，则主要是利用驰道，“亲巡天下，周览四方”，到全国各地耀武扬威，向海内百姓炫示他不可一世的赫赫皇威，以加强和巩固他的统治。同时借机会寻仙访道，觅求长生不老的仙药，企望千秋万代永做天下的主人。

从公元前220年开始，在十年的时间里，秦始皇就沿着这些驰道频频出巡五次之多，并且最终死在了出巡的路上。五次发巡的具体路线是：第一次由西方道巡行至北地、陇西，回来时仍走西方道。第二次由东方道巡行至峰山、陇山、琅邪山、湘山等地，回来时走武关道。第三次由东方道巡至之罘山、琅邪山，回来时走临晋道。第四次由东方道晋行至碣石、长城，回来时走上郡道。第五次由武关道巡行至会稽山、琅邪山、荣成山等地，西归时秦始皇在今山东平原县黄河渡口得重病，行至天河北广宗的沙丘平台时病死。出巡的队伍在胡亥与李斯、赵高的指挥下绕道九原由直道回到咸阳。

秦始皇修驰道巡游天下，一没有达到千秋万代帝业永传的目的，二没有找到梦寐以求的长生不老之药，但却便利了秦汉时代的交通，在促进全国经济文化的发展，开发边远地区和巩固边防等方面，起到了重要作用。

秦都咸阳

始皇置酒咸阳宫，博士七十人前为寿。仆射周青臣进颂曰：“他时秦地不过千里，赖陛下神灵明圣，平定海内，放逐蛮夷，日月所照，莫不宾服。以诸侯为郡县，人人自安乐，无战争之患，传之万世。自上古不及陛下威德。”始皇悦。《史记·始皇本记》

※ ※ ※

秦孝公十二年（公元前350年），秦国为了便于沿渭河东发函谷关进取中原，克服栎阳地理位置偏北，离渭河较远的缺陷，将国都由栎阳迁至商鞅主持督造的咸阳。新都咸阳，成为秦国东进发展的中心。其建都之初，规模就十分庞大。公元221年，秦统一全国，作为国都的咸阳，更成为当时全中国最大的城市和政治、经济、文化中心。

咸阳地处九嵎山之南，渭河之北。古人把山的南坡和水的北岸叫“阳”，咸阳就是皆古山水之阳的意思。秦咸阳故城，在今天咸阳市东北约二十里。今天所能探测到的，大致包括以窑店地区为中心，占地约45平方公里这样一个范围。关于秦咸阳城的建制布局，史书没有直接明确的记载。两千多年以来，渭河河道向北迁移了八里，临河而建的咸阳城逐渐被河水冲毁，考古工作者至今还没有找到咸阳的城垣遗址。所以，今天要确切地了解咸阳城的具体布局，已经十分困难。但是，我们可及根据史书的有关记载和其他考古发现，间接的推知咸阳城布局的大致轮廓。

秦惠王在灭蜀以后，曾经派和仪按咸阳的建制布局修筑成都城。由于成都城“与咸阳同制”，所以被称为“小咸阳”。另

注：本题参见《长安史话》

外，《吕氏春秋·安死篇》在谈到秦的陵寝制度时说：“其设阙庭，为宫室，造宾阼也，若都邑。”秦始皇陵园便是按照“事死如生”的礼制，仿秦都咸阳的布局设计的。从对秦成都城的记载和对秦始皇陵园的探测可以推知，秦咸阳由小城和大城结合组成：小城是王城，大城是居民区。按当时的礼制，以西方为尊，即《礼记》所说的“南向北向，西方为上”，所以小城建在大城之西，它的东城墙就借用大城的西城墙。据《华阳国志》一书记载，秦成都城“周围二十里、高七丈”。那么，咸阳城的规模应该比其更大，城墙也应更高。秦二世曾经打算将咸阳城墙全部用黑漆漆一遍，宫内的侏儒优旃讽刺他说：“漆城费用浩大，虽然老百姓会为此而发愁，但的确是件好事情。城漆以后，会显得更加气势浩大，敌人来了，必然会被吓得不敢攻城。即使他们真敢爬城而上，也会沾一身漆的。”秦二世这个荒唐的想法并没有付诸实施，但从优旃的话中不难想象，咸阳的城墙是十分雄伟的。咸阳城西面有门，据《史记》记载，秦大将白起就是在距咸阳西门约十里的杜邮被迫自杀的。

汉长安城北发西头第一门名横门，出横门渡横桥达渭水北岸，有棘门。据《水经注·渭水》条引孟康曰，棘门为“秦时宫门也”。棘门所处的方位，说明秦咸阳城的西南部建有宫殿。根据秦始皇陵墓位于整个陵园的西南部，及以汉承秦制，汉的朝宫未央宫也位于汉长安城的西南部来推断，位于秦咸城西南部的这座呈宫应是咸阳宫。宋敏求《长安志》也说：“长安盖古乡聚名，在渭水南，隔渭水北对秦咸阳宫，其方位正处于秦咸阳的西南角。为什么秦汉皇帝之居要选择西南方位呢？原来，当时的人们认为，世界以西北为乾，西南为坤，乾代表天，坤代表地；西南在十二支中又属于“未”，所以“未央”，便是地的中央之意，而地上的皇帝自然要在所谓地的中央来建造他们的朝宫了。

咸阳宫以北阙为正门。咸阳宫的北阙门称为“冀阙”。冀在古代九州中指中国北部正中的地区，阙是当时皇宫专设的历代建

筑，它建在宫门之前，夹上朝的大道左右而立，下为高台，上起楼观。

秦始皇即位以后，对咸阳城进行了大规模的扩建。在咸阳城北的原上，建造了以湖光水色著称的兰池宫。兰池水引自渭河，池中按神话传说筑有蓬莱、瀛州等岛屿，池边有大型鱼石刻鲸鱼据说有二百丈长。在统一六国的战争中，每攻灭一国，秦始皇就让人在咸阳北原仿建一座该国的宫殿。这些六国宫殿建筑形式各具特色，为咸阳城增添了浓郁的异乡情调。考古工作者曾对咸阳北原的秦宫遗址进行了部分发掘，了解到这些建筑在夯土高台上的宫殿分为三层，上层为大殿，中层和下层为便殿，廊房和服务役所。

在咸阳周围，秦的离宫别馆，星罗棋布，共计有二百七十处。其中比较著名的，有淳化的林光宫。三原的曲梁宫、泾阳的望夷宫、西安曲江的宜春宫等。这些宫殿，都有复道甬道相连。咸阳城外数十里内，道路纵横交错，交通十分便利。可惜，咸阳城后被项羽放火焚烧了。

从秦孝公迁都咸阳起，中经惠王、武王、昭王、文王、庄襄王、秦始皇，直到胡亥时秦朝灭亡，秦都咸阳先后经营了一百四十四年之久。它是我国第一个统一的封建王朝的首都，当时是我国最大的城市。

阿房宫和西汉昆明池

阿房宫未成；成，欲更择令名名之。作宫阿房，故天下谓之阿房宫。隐宫徒刑者七十余万人，乃分作阿房宫，或作丽山。发北山石椁，乃写蜀、荆地材皆至。关中计宫三百，关外四百余。于是立石东海胸上界中，以为秦东门。《史记·秦始皇本纪》

※ ※ ※

阿房宫，在今西安市西五公里处。《史记·秦始皇本纪》记

载：“始皇以为咸阳人多，先王之宫廷小，吾闻周文王都丰，武王之镐，丰镐之间，王者之都也。乃营作朝宫渭南上林苑中。先作前殿阿房，东西五百步，南北五十丈，上可以坐万人，下可以建五丈旗。周驰为阁道，自殿下直抵南山，表南山之颠以为阙。为复道自阿房渡渭，属之咸阳。”此宫自秦始皇三十五年（公元前212年）动工，和骊山陵的工程同时进行，驱役刑徒七十万人，始皇在世时只修竣前殿，公元前209年二世胡亥嗣位，继续修建。三年后项羽入关，焚毁殆尽。西汉时称“阿城”，尚存宫墙。武帝扩建上林苑，阿城被纳入苑中。南北朝时期，阿房宫前殿殿基上曾建大型佛寺，至今遗有石佛像，佛座、石灯等物。现存前殿遗址是一座巨大夯土台，最高处达7米以上，东西长1000余米，南北宽300—400米，夯土层纯净均匀，密实度甚高，每层厚约8厘米，反映了我国高超的版筑工艺水平。1974年农田基建中曾发现有规律的柱础，水道遗存，显示出部分建筑布局；1975年在前殿基东北进行发掘，确定该处为“北司”遗址。历年来，遗址上曾出土箭簇和车马器，铸造镌嵌十分精致，阿房宫是一组规模庞大的建筑群。

西汉昆明池是我国公元前最大的人工湖泊，位于西安西南，开凿于汉武帝元狩三年（公元前120年），《史记·平准书》记载：“是时越欲与汉用船战逐，乃大修昆明池，列观环之。沿楼船，高十余丈，旗帜加其上，甚壮。于是天子感之，乃作柏梁台，高数十丈。宫室之修，由此日丽。”汉代设有“楼船将军”统率水军，昆明池是水军的训练基地。此地建于秦岭北部的水网地区，用泾、漓、漓、湟四河之水为源，其南北有阜岭，为堤岸；其西北15公里为泾、渭交汇之处，多余之水可由泾入渭，自然条件甚佳。池周40里，面积为320顷，据《西京杂记》记载，池中有楼船，戈船数百艘，并有供皇室泛游的龙首船，张帆建旗，鼓吹讴歌。池东西两岸雕有牵牛，织女石像，坐式，高3米余，至今保存完好。池北保存着部分堤岸，厚约20米，堤岸上有建筑遗

迹。昆明池前后使用一千余年，唐代仍是京畿巨浸，并有鱼蒲之利，贫民赖以为生，宋金之际，堤岸水闸逐渐破坏，池水干涸，成为耕地。现池址虽数百年平整，但大至保持旧貌，池畔时常出土上林苑遗物。

秦始皇陵和茂陵

九月，葬始皇骊山。始皇初即位，穿治骊山，及并天下，天下徒送诣七十余万人，穿三泉，下铜而致椁，宫观百官奇器珍怪徒藏满之。令匠作机弩矢，有所穿近者辄射之。以水银为百川江河大海，机相灌输，上具天文，下具地理。以人鱼膏为烛，度不灭者久之。《史记·秦始皇本纪》

※ ※ ※

秦始皇嬴政的陵墓，在临潼县东五公里。据《史记》记载，自公元前246年嬴政即位为秦王，即穿沿骊山营建陵墓。公元前221年，秦并天下，驱使各地“刑徒”七十万人继续修筑，历时三十六年。墓内穷奢极侈，“以水银为百川江沙大海，机相灌输。上具天文、下具地理。以人鱼膏为烛，度不灭者久之”，“宫观百官奇器珍怪徒藏满之”，墓内设有机关弩矢，以防盗掘。公元前209年始皇入葬时，二世胡亥将后宫凡未生子的妃嫔全部殉葬，为防止造墓工匠泄密，又将工匠全关闭于中门和外门之间。该陵的地面建筑据明代《骊山记》称：“内城周五里，旧有四门；外城周十二里，其址俱存”。与近年实地勘探的结果大致吻合。据史籍记载，陵中以石椁为游馆，内设百官牌位，墓的封土成四方锥形，顶部略平，底部南北长515米，东西宽485米，周长2,000米，冢高55.05米，始皇入葬两年后，项羽入关，曾焚烧陵园。近年在陵墓四周出土文物甚多，有兵马俑，铜车马，遍体雕镂的青铜门楣，石雕的室内排水设置和直径半米的巨型瓦当等，都反映了当年秦陵的豪华。

茂陵是汉武帝刘彻的陵墓，原属槐里县茂乡，武帝建陵后改名茂陵，开辟为县治，距今兴平县东15公里。武帝于公元前140年—前87年在位，是我国历史上颇有作为的皇帝，但崇尚侈华，陵墓工程浩大豪华，并迁徙朝廷贵官，郡国豪右和富户人居陵邑。据《汉书·地理志》称，茂陵县人口最多时曾达二十七万七千余人，繁华甲于关中，京师达官以迁居茂陵为荣。茂陵雄据渭北高原上，封土呈覆斗状（梯形六面体），逐层夯实，实侧冢高46.5米，冢顶东西长39.5米，南北宽35.5米，冢基周长240米。与《关中记》所载之“高十四丈，方一百四十步”基本相符。现陵园遗址尚存，园墙呈方形，每边长400米，墙厚5.8米，除南阙已堙没外，其余三阙仍在。据《汉书》记载，武帝蔡仪十分隆重，陪葬大量金银财宝，并有虎豹生禽一百九十余只，陵侧有李夫人、平阳公主、卫青、霍去病、金日碑、上官桀等人的陪葬墓，1981年出土鎏金铜马，鎏金熏炉等大批珍贵文物。

建 章 宫

上还，以柏梁灾故，受计甘泉。公孙卿曰：“黄帝就青灵台，十二日烧，黄帝亦治明庭。明庭，甘泉也。”方士多言古帝王有都甘泉者。其后天子又朝诸侯甘泉，甘泉作诸侯邸。勇之乃曰：“粤俗有火灾，复起屋，必以大，用胜服之。”于是作建章宫，度为千门万户。前殿度高未央。其东则凤阙，高二十余丈。其西则商中，数十里虎圈。其北治大池，渐台高二十余丈，名曰泰液，池中有蓬莱、方丈、瀛州、壶梁，象海中神山龟鱼之属。其南有玉堂璧门大鸟之属。立神明台、井干楼，高五十丈，辇道相属焉。《汉书·郊祀志》

※ ※ ※

建章宫是西汉的大型宫殿，其遗址在今西安西北10公里。《汉书·郊祀志》记载，汉武帝太初元年（公元前104年），汉

武帝太初元年（公元104年），汉长安城西柏梁殿被焚，越巫建议“复起大屋以厌胜之”，乃建此宫。此宫平地崛起，是一巨大的宫殿群，因不受城垣限制，故规模大于城内各宫。全宫由二十六殿组成，其中广中殿可容万人。《长安志图》记载，“宫在长安城西，周二十余里，广为千门万户，与未央、桂宫、飞阁相属。”正门曰阊，高二十五尺，“别凤阙”，和“井幹楼”各高二十五丈和五十丈，由此宫构筑“辇道”飞越城垣与未央宫相通，并可俯视全城。井干楼的出现意味着我国建筑工艺的革新。它采用“井干”（水栅上的夫棚）式的纯木架结构，故能高达五十丈。公元13年，王莽为建立宗庙，拆毁了建章宫和上林苑中十余处宫馆，从此这座建成仅百余处宫馆，从此这座建成仅百余年的宫殿陵夷涂地。现遗址尚有夯土台基多座，地名多保留汉代旧址。遗址东部有丞露台，残高十余米，北部有太液池遗址。近年，遗址上曾发现西汉废窑址，出土大量瓦件（废和半成品），并出土一石鲸，长一丈四尺，腹围九尺，系用灰白色花岗石雕成，方嘴锐尾，形象古朴生动，与《长安志》的“太液池北刻石为鲸鱼长三丈”记载相符，判断是初建建章宫时的遗物。

洛 阳

炀帝即位，迁都洛阳，以恺为营东都副监，寻迁将作大匠。恺揣帝心在宏侈，于是东都制度，穷极状丽。《北史·宇文恺传》

※ ※ ※

洛阳，又称雒阳，在历史上曾是东周、东汉和西晋的都城。当时也曾繁华一时。隋唐二朝继汉以来东西二京的制度，以洛阳为东都。洛阳的地位比长安更适中，在政治和经济上便于控制东

注：本题参见《中国古代建筑学》

南地区，亦以运河开通后，江南物资北运，洛阳供应便利，逐步繁荣起来。公元九世纪末，唐朝的首都终于自长安迁到洛阳。

隋唐洛阳城规划是由公元七世纪初隋宇文恺，封德彝和牛私等主持判定和实施的。这城位于汉魏洛阳城之西约十公里，北依邙山，南对龙门。城南北最长处7312米，东西最宽处7290米，平面近于方形。洛水由西往东穿城而过，把洛阳分为南北二区。城的南，东两面各有三座门，北二门，西面则有宫城与皇城的各二门。城中洛水上建有四道桥梁，连接南区和北区。洛水以外，还引导伊水和瀍水入城，并开凿几道漕渠，所以洛阳的水路运输比长安方便。但是另一方面，为了适应地形，洛阳不象长安那样强调南北轴线和完全对称的布局方式。当时为了完成这个巨大工程，每月役使工丁二百万人，而督役严急，死者竟达十之四五。

洛阳和长安不同的是将皇城和宫城置于北区的西部，但整个规划力求方正，整齐，仍和长安相似。皇城南临洛水，中有三条纵贯南北的干道，建有省、府、寺、卫、社、庙等建筑。宫城在皇城之北，位于同一轴线上。宫城内建有含元，贞观、徽猷等几十座殿、阁、堂、院。宫城和皇城的东侧还建造若干官署。后来唐朝又在宫城外西南一带建筑上阳宫和西苑。

应天门是宫城的天门，根据发掘，在门左右突出巨大的双阙。阙身宽30米，突出在门前45米左右，两阙东西相距83米，阙与城门之间有厚16.5米、南北向的城墙相接，相接之处加宽到21米，整个平面呈门形。这种形制和文献上记载的“门有二重观，左右连阙”的情况是一致的，其形象可能和麦积山127窟西魏壁画中的城门相去不远。后来北宋东京的端门，明清北京的午门就是由这种形式演变而来的。

洛阳共有103个里坊，分布在北区的东部和整个南区。其中南区的里坊与街道最整齐。里坊平面作方形或长方形，面积比长安的里坊略小。坊内辟十字形街道。坊外的街道，一般只宽41米，也比长安的街道为窄。由于里坊小街道窄，临街开门的住宅

随之增多，这样就使城内各部分的关系显得比较紧凑。

洛阳的市场因洛水运输频繁，故南北二市偏于南区和北区的东部，还有位于南区西南角上的西市。由于交通和物资供应都很方便，中唐以后到北宋，很多贵族官僚在南区营建住宅园林，因而洛阳既是陪都，同时又是以园林著称的城市。

天龙山石窟

又于晋阳起十二院，壮丽逾于邺下。所爱不恒，数毁而又复。夜则以火照，作寒则以汤为泥。百工困穷，无时休息。凿晋阳西山为大佛像，一夜燃油万盆，光照宫内。《北史·齐本纪下第八》

※ ※ ※

天龙山位于太原市西南，又称西山。天龙山分为东峰、西峰，其下有一小伽蓝今称天龙寺或圣寿寺。石窟寺是北齐时期佛教建筑的一个重要类型。它是在山崖陡壁上开凿出来的洞窟形的佛寺建筑。虽然石窟寺的概念肇源于印度，随同佛教的传入而出现，但在中国开凿山崖并予以建筑手法的处理，从汉代的崖墓开始已具有悠久的传统，所不同的，崖墓是封闭的墓室，而石窟寺则是供僧侣的宗教活动之用。

北齐武成帝时（公元561年—公元565年在位）始在此山上开凿石窟，据《北史》记载：“凿晋阳山为大佛像”，接着从隋至唐初开了大小二十余窟，其内部多雕刻佛像。其重要的在东峰数从第一窟第八窟的八窟，在西峰数从第九窟至第二十一窟的十二窟，总共二十四窟。其中第一、第二、第三、第四的四窟是北齐时所开的。第八、第十、第十六的三窟是隋代所开，其余都是唐初所经营的。这等的石窟都各有代表其时代的佛菩萨等的雕刻。在建筑方面看有兴味的要算第一、第九、第十六的三窟，其前面都

作出斗拱墓股等。

其第一窟的门上冠以莲花拱，两端刻凤形，载于八角形柱的莲花样的柱头上，此种莲华拱起于中印度盛行于健陀罗，经西域传入中国，从北魏传于北齐，在中国的佛像建筑上是很重要的。又其第二窟天井阳刻飞天图，第三窟后壁佛龕及西壁供养牛物像，在雕刻上也是占重要的位置的。

天龙山二十四窟始凿于公元561年，它的前廊面阔三间。八角形列柱在雕刻莲瓣的柱础上，柱子比例瘦长，且有显著的收分，柱上的栲斗，阑额和额上的斗拱的比例与卷杀都做得十分准确，廊子的高度和宽度以及廊子和后面的窟门的比例，都恰到好处，到这时，石窟形象的“民族化”已达到了相当完善的程度。

永 宁 寺

时太后锐于兴缮，在京师则起永宁、太上公等佛寺，工费不少，外州各造五级佛图。《北史·景穆十二王列传》

※ ※ ※

自佛教传入中国后，北魏是佛教逐步走向鼎盛的时期。北魏的著作《洛阳伽蓝记》记述了当时洛阳的四十多所重要佛寺，而以永宁寺为最大。这寺平面采取在中轴线上布置主要建筑的布局：前有寺门、门内建塔，塔后建佛殿。据记载早期中国佛寺的平面布局大致和印度的相同，以塔藏舍利（佛的遗骨），是教徒崇拜的对象，所以塔位于寺的中央，成为寺的主体。以后建佛殿供奉佛像，供信徒膜拜，于是塔和殿并重，而塔仍在佛殿之前。永宁寺正是这个时期佛寺布局的典型。可是东晋初期已出现双塔的

注：本题参见《中国古代建筑学》

形式，南北朝到唐双塔数目渐多，供奉佛像的佛殿也逐渐成为寺院的主体，因而唐代佛寺在传统的两种布局方法以外，又有的在寺旁建塔，另成塔院，到宋又出现了将塔建于佛殿之后的方法。

永宁寺是北魏熙平元年（公元516年）胡灵太后所建（一说郭安兴）。《洛阳伽蓝记》记载，这寺平面方形，周围墙上皆施短椽，复以瓦，围墙四面各开一门，其中南门楼三层，东西门楼各二层，但北门用乌头门。围绕塔、殿，有僧房楼观一千余间，雕梁粉壁、青璅绮疏，……枯柏松椿，扶疏檐霭，其四门外，皆树以青槐，亘以绿水。这种平面方形，四面开门，中央建主体建筑的布局方法，是从印度的佛塔得到启示，同时结合汉以来的礼制建筑而发展起来的。

永宁寺是我国古代木构楼阁式塔的代表，是北魏最宏伟的建筑之一。文献中除了关于塔的高度有相差很大的记载以外，其余都大致相同。塔高九层，正方形，每面九间。每面有三门六窗，门漆成朱红色，门扉上有金环铺首及五行金钉，共金钉五千四百枚，塔顶的刹上有金宝瓶，宝瓶下置金盘十一重，四周悬挂金铎。又有铁环四道，将刹系住在塔顶的四角上，环上悬金铎；塔九层檐的四角也都悬金铎；上下共有一百二十个金铎。这塔在北魏永熙三年（公元534年）被火焚毁，但从石窟内的塔心柱，各种浮雕和壁画，以及北魏天安二年（公元467年）制作的小石塔等，可以看出当时的木塔都建于相当高大的台基或须弥座上；塔身自下往上，逐层减窄减低，但各层腰檐上未施平坐；刹的高度约在塔高四分之一至三分之一之间。

华 严 寺

敌楼、棚橹具。广袤二十里。门，东曰迎春，南曰朝阳，西曰定西，北曰拱极。元魏宫垣占城之北面，双阙尚在。辽既建都，用为重地，非亲王不得主之。清宁八年建华严寺，奉安诸帝

石像、铜像。又有天王寺、留守司衙，南曰西省。北门之东曰大同府，北门之西曰大同驿。初为大同军节度，重熙十三年升为西京，府曰大同。《辽史·地理志》



华严寺在大同市区西南隅。是我国现存规模较大，保存完整的辽、金寺院建筑。据《辽史·地理志》记载：“清宁八年（1062年）建华严寺，奉安诸帝石像、铜像。”辽保大二年（1122年），寺内部分建筑毁于兵火。后重建，元代初年，尚为云中巨刹。明初，寺被没收为官产，宣德、景泰年间重建，补塑佛像、焕然一新。明中叶后折为上、下二寺，各开山门，自成格局。清代几经修缮，成为今日规模，占地面积共16.693平方米，1963年又将上、下两寺连为一体，统称华严寺。上寺布局严谨；以大雄宝殿为主，分为两院，有山门，过殿、观音阁，地藏阁及两厢廊庑，高低错落，井然有序。下寺布局较自由，建筑风格较活泼，以薄伽教藏殿为中心，保存有辽代壁画，石经幢等。

大雄宝殿始建于辽，保大之乱（1122年）毁于兵火，金天眷二年（1140年）依旧址重建。殿前置一宽阔的月台，南北长33.3米，东西宽18.9米，总平面为“凸”字形。月台前石阶尽处置清式三间牌坊一道，台博左右有明代增建六角钟鼓亭、规模宏大。大殿面积1.559平方米矗立在4米余高的月台上，面阔九间，进深五间，为现存辽、金时期大佛殿之一。柱列设置金箱斗底槽的变体，采用减柱移柱法，扩大前部空间面积，便于礼佛活动，殿举高7.4米，单檐庑殿顶，举折平缓，出檐达3.6米。正脊鸱吻高4.5米，由八块琉璃构件组成，系金代原物。每片筒瓦长76厘米，重达27公斤。斗拱硕大、形制古朴，其造型比例为典型的辽、金风格。殿内四壁绘满壁画，系清代画工董安所绘。画面色彩鲜艳，为国内所罕见。顶部天花板彩绘大部分亦为清代绘制，圆环所绘龙凤、花卉、梵文等图案也富有特色。殿内中央佛像五尊

即为五方佛，结跏坐于莲座上，高3.1米，中间三躯系木雕像，明宣德二年（1427年）主持僧了然造于北京，后迎奉至此。殿内南北各置十躯诸天像，神态颇为生动。殿内还有一座2.5米高的木结构楼阁模型，是仿制明代大同城西北角的乾楼而作，殿内南北尽间有明成化、万历年间碑刻，为研究该寺的重要资料。

陵墓建筑名家——王遇

遇性工巧，强于部分。北都方山、灵泉道俗居宇，及文明太后陵庙，洛京东郊马射坛殿，修广文昭太后墓园，及东西两堂，内外诸门制度，皆遇监作。《北史·王遇传》

※ ※ ※

王遇，字庆时，北魏羌族人。曾任北魏吏部尚书，赐爵宕昌公。孝文帝（即拓跋宏或元宏）时，由于他和李冲发生矛盾，被免去官爵。宣武帝时，由于王遇工巧超群，受到宣武帝的赏识，委任监作元宏陵墓和文明太后墓园等，又任光禄大夫，并恢复其旧爵。

据《北史》记载，王遇的建筑才能非常突出，“北都（大同）方山，灵泉道俗居宇，及文明太后陵庙，……皆遇监作。”方山即今大同市的梁山，大同是北魏的首都，由于佛教的传入，北魏时期，佛寺大兴，酈道元《水经注·灤水》记载：“方岭上有文明太皇太后陵，陵之东北有高祖陵。”文明太皇太后陵即永固陵，文明太皇太后是北魏文成帝（即拓跋濬）之妻文明皇后冯氏的陵墓。拓跋宏于太和十四年（公元490年）葬其祖母文明太皇太后冯氏于方山，俗称祁皇墓。永固陵“太和五年（公元481年）起。八年（公元484年）而成。”是见于文献记载的北魏早期墓。墓的基底方形，南北长117米，东西宽124米，上部作圆形，现存高度为22.87米。墓室砖建，位于墓冢中心，过道前后设石门两重，前端石券门在拱形门楣两测下端各浮雕一捧莲蕾童

子，面形浑圆，微露笑容，西侧石门柱的上端浮雕一孔雀。雕刻技术熟练、线条流畅，是北魏石雕艺术的杰作。主室平面近方形，高大宽敞。南北长6.4米，东西宽6.83米，四角攒尖顶，高7.3米。此墓营造于北魏王朝全盛时期，冯化又曾两度执政，握有实权，生前亲自选地造墓，故墓的建筑结构和石雕都直接反映了北魏在建都太同时期高度的工艺水平和王遇的建筑才能。

孝文帝时，首都由大同迁至洛阳，东都洛阳现有王遇监作的东郊马射坛殿及扩修的文昭太后墓园。文昭太后墓在洛阳市西北邙山之颠，孟津县官庄村附近，此处存大小冢各一。大冢为孝文帝长陵，小冢为文昭太后墓，大者高35米，直径45米，小者高23米，直径35米。两冢间距约100米，当地俗称“大小冢”。1946年，文昭皇后墓志在小冢内被盗出土，从志文“衬葬于高祖长陵之右”。

建筑工程学家——宇文恺

隋文帝为丞相，加上开府，匠师中大夫。及践阼，诛宇文氏，恺亦将见杀，以与周本别，又见忻有功，故见赦。后拜营宗庙副监、太子左庶子。庙成，别封甌山县公。及迁都，上以恺有巧思，诏领营新都副监。《北史·宇文恺传》

※ ※ ※

在公元六世纪的隋代，渭水南岸曾崛起过一座规模宏大，城楼巍峨、宫苑毗连、河渠萦绕、檐牙高啄、琉璃如盖，在当时世界绝无仅有的雄伟都城，这座都城，就是闻名于世界建筑史的大兴城。领导和负责这座都城建设的是隋代著名的建筑大师宇文恺。

宇文恺，字安乐、生于梁敬帝绍泰元年（公元555年）是北周杞国宇文忻的弟弟。因为他出身贵族，又是功臣之子，所以三

注：本题参见《中国历史上能工巧匠》

岁得赐“双泉伯”爵，七岁进封安平郡公，“邑二千户”。宇文恺家庭世代习武，几个兄长都是弓马娴熟、韬略精通的武将，只有他独爱词章，长于技艺。隋文帝杨坚代周立国时，大灭北周皇族宇文氏，宇文恺也在被诛之列，因其兄宇文忻有功于隋，“使人驰救之，仅得幸免。”不久，宇文恺被拜为“营宗庙副监”。在中国历史上，大凡开国皇帝，一般都比较重视使用人才，隋文帝就是其中的一个。当时，宇文恺虽还不到而立之年，但他博览群书，潜研技艺，亦其专心于宫室建筑的设计和营造，在这方面有很高的造诣。隋文帝杨坚知人善任，委以营建之职，宇文恺也在负责营建宗庙的工程中显露头角，施展了他在这方面的才能，宗庙建成他被“别封甌山县令，邑千户”。

隋文帝开皇二年（公元582年）杨坚嫌北周旧都（即汉初所建的长安城）狭小，不能适应社会政治、经济、文化发展的需要，决定另建新都。宇文恺因建筑设计的出众巧思和才华，被隋文帝拜为营建新都的副监。当时，虽有正监高频，但实际上主持者还是宇文恺，《隋书·宇文恺传》称那时规划的一些重大工程，都出自于宇文恺之手。在宇文恺的实际主持下，大兴城从隋文帝开皇二年（公元582年）六月开始兴建，当年十二月即基本竣工，次年三月就迁入使用。占地八十四平方公里的宏大土木工程前后仅化了九个月的时间，这在世界建筑史上是一个伟大的创举。

公元605年，隋炀帝杨广即位，为了进一步加强对全社会的政治、经济管理，决定营建东都洛阳。营建洛阳的重任，又落到了宇文恺的肩上，宇文恺凭借当时富庶强盛的国力，从全国调集大量物资，每月征用二百万民工，从隋炀帝大业元年（公元605年）三月开始动工，到第二年正月，初步建成，用了十个月的时间。

宇文恺除了主持建造大规模的都城外，还设计和制造了不少结构奇巧，体积庞大的特异建筑。他为隋炀帝设计和制造过一种大

帐，这种大帐，支起后可容纳几千人。他还为隋炀帝创造过一种被称为“观风行殿”的活动殿堂，这种殿堂下有轮子，移动极其便速，殿上除皇帝和近臣外还可站立几百名侍卫。

陈希亮和青州飞桥

代还，执政欲以为大理少卿，希亮曰：“法吏守文，非所愿，愿得一郡以自效。乃以为宿州。州跨汴为桥，水与桥争，常坏舟。希亮始作飞桥，无柱，以便往来。《宋史·陈希亮传》

※ ※ ※

陈希亮，字公弼，出生于仕宦家庭，他从小刻苦好学，天圣八年进士及第。他在建筑史上的功绩是新建了青州飞桥。

北宋年间有一位著名的大画家，叫张择瑞。他专工界画（以宫殿楼台等为主要题材的传统画，因作画时用界尺作线，故称界画）尤其擅长画舟车、街市、城郭、桥梁。《清明上河图》是他为后世留下的举世闻名的风俗画长卷。这幅长卷，不仅真实生动地再现了北宋首都汴梁清明节的一派繁荣景象，而且真实、具体地记载了北宋陈希亮在汴水上巧建飞桥的伟大创造。

这是一座单跨等边折线形的木结构拱桥，跨径二十五米、净跨二十米左右，拱矢约五米，桥宽足有八米。桥身纵向由六节拱骨交接组成，横向由二十（或二十一）道拱骨组成，每一节拱骨的节点处，都用“铁马”（一种固定木结构件的铁具），把下缘拱骨横骨，上缘拱骨牢固地结连成一个整体，便整个桥拱成为纵横连结的虚架。这种骨架交错搭置，相互承托的拱桥，不仅“无柱”（不需要在水中设柱），避免了“水与桥争”、“水与柱斗”，坏桥、坏船，而且桥身轻盈，造型美观，别具一格。为稳固桥基，又有“叠石固其岸”，并用熟铁鼓卯拉连，还在桥台两侧砌

注：本题参见《中国历史上的能工巧匠》

造了石护岸，在台上还筑了“厢壁”。这些措施保证了桥基和架设在基石上的飞桥的足够承受力。从《清明上河图》画面中车水马龙，人群熙攘的情景，可以想见这座桥的荷载量。没有科学设计，巧妙的结构技术和高超的工艺，这样一座轻巧玲珑的飞桥，要承受如此巨大的负荷，历经五十余年而不毁坏，是不可想象的。

《宋史》记载说：“州攬汴为桥，与水桥争、常坏舟”，清代八黄尧圃所校的宋本上，也有这样的记载，庆历年间，陈希亮守宿州，因汴桥毁坏，经常损坏官船殃及于人。陈希亮命令仿照青州所造的飞桥式样，在汴水上重新架桥，至今沿汴水都造了这种飞桥，给往来带来了方便，船只可以畅行无阻。这一成就因而得到了朝廷的褒奖，并下令采用这种造桥的方法，于是，从京畿到泗州一带都建造了这种飞桥。

据史料记载，北宋末年金兵大举南下，兵临汴梁，宋汴将领宗泽告诫诸将保护河梁、金军统帅金兀术见已有准备，“乃夜断河梁而去”。建炎四年（公元1130年），汴梁失陷，这些美丽的虹桥都毁于战火之中。

1958年，在武汉长江大桥侧畔的莲花湖边，人们又见到了数百年前陈希望建造的彩虹式的飞桥，这是承担武汉长江大桥美术设计的工程师、根据《清明上河图》里的虹桥面貌，重新设计的。从而使后人得以重睹古人的杰作。

机械仪器

水碓磨

于乐游苑造水碓磨，武帝亲自监视。《南史·祖冲之传》

※ ※ ※

我国利用水力为磨的原动力相当早。《魏书·崔亮传》说：“亮在豪州读杜预传，见其为八磨，嘉其有济时用，……及为仆射，奏于张方桥东堰谷水碾磨数十区，其利十倍，国用便之”。水碓磨的装置方法有两种：一种是由水冲动一个卧轮，在卧轮的主轴上装上磨，另一种是由水冲动一个主轮，在主轮的横轴上装上一个齿轮，和磨的主轴下部平装的一个齿轮相衔接，使磨间接转动。到了唐代，水碓磨广为应用，甚至推广到了我国西藏地区。据《旧唐书·吐蕃传》记载，文成公主入藏时命工匠教藏人在小河上安装水磨，……松赞干布并向唐朝政府请派碾磨工人到西藏以推广碾磨。

唐代我国各地兴建的碾磨，数量之多，规模之大，都是前所未有的。如著名的高力士碾，“截湫水作碾，并转五轮，日碾麦三百斛”（《新唐书·高力士传》）。当时王公权贵抢占水头纷纷兴建碾，以致著名的郑白渠几乎被众多的碾磨所毁坏。到代宗大历十三年（公元778年），朝廷下令一次就毁掉了碾磨八十余所。《旧唐书·李元紘传》说：“诸王公权贵之家，皆缘之碾，以害水田，元紘令吏人一切毁之，百姓大获其利。”可以想见当时碾磨的发展状况了。

龙 骨 水 车

居京都，城内有地，可以为园，患无水以灌之，乃作翻车，令童儿转之，而灌水自覆，更入更出，其巧百倍于常。《三国志·马钧传》

※ ※ ※

在农村，特别是在南方的一些农村，人们常常可以看到一种脚踏水车，人踩动踏板，就能带动水车连续不断地把水从低处引到高处。这是一种简单的农业灌溉机械。由于水车链条上装有一排提水用的木片，人们又形象地叫它龙骨水车或叫水蜈蚣，又叫龙骨车，史书上还有的叫做翻车。我国农民祖祖辈辈使用这种水车，已有一千七百多年的历史了。龙骨水车是由魏园的马钧发明，比欧洲领先十五世纪。龙骨水车是用人力脚踏带动的水车，这种水车上有一个木槽，一头装着一个较大的带齿轮和踏板的轴。另一头装着一个较小的齿轮轴，两轴之间用装有木片的链条相连，小轮轴的一头放入水中，人踩动踏板，就能使木片在槽里转动，带水而上，人连续动作，水也就不停地从低处被引向高处。马钧运用力学原理，对大小齿轮之间的比例和水车各个摩擦部分进行了合理设计，使水车蹬踏起来十分轻便，连儿童也能操作。

当然，这项发明与马钧的聪明才智分不开，但更重要的是生产需要。正是由于农业生产发展提出了一些难题，对这些难题的解决是马钧发明的关键。另外，马钧的发明是与先人的经验联系在一起的，他是站在前人肩上所作出的重大发明。

引水浇地是农业生产中的一件大事，它直接关系到庄稼收成的好坏。早在三千七百多年前的商朝初期，我国劳动人民在自己长期农业实践中独立创造了桔槔作为提水工具。其方法是，用一根横木作杠杆，一头系桶，一头系上块大石，这样不用费很大

力，就能把水桶提上来。到了周代。我国劳动人民又发明了辘轳，适合在比较深的井中提水，今天许多村子吃水还主要靠辘轳往上提。这两种提水工具，虽然都利用了一定的机械原理，减轻了人们的体力劳动，但不能连续作业，只能间歇地从低处往高处提水，劳动效率比较低，用它们来解决人的吃水问题还是可以的，但要用来浇水浇地就显得费劲很大，而且也不方便。农业生产在不断向前发展，耕地面积也越来越大，用前面两种提水工具，只能限小面积浇地，而大面积浇地困难较大，而且也不经济，到了农田面积发展到一定程度的三国，怎样才能改进灌溉工具，提高粮食产量和引水效果，成为当时农业生产中急待解决的一个大问题。东汉时期，我国已经出现水车，《后汉书》记载，东汉末年，一个叫毕岚的太监，首先制作了水车，这种水车平装在路旁的桥边，让人们用它把河水的水引上来，喷洒道路，以防止路上的灰尘，这样人们就不用再从河里一桶一桶地提水，节约了劳动力，但是这种水车当时还没有被运到农业灌溉上来，而且如果用水车来灌溉农田，还需要改进，正是在这样的历史条件下，马钧发明了龙骨车。

三 脚 耩

其耕耘下种田器，皆有便巧。率十二夫为田一井一屋，故亩五顷，用耦犁，二牛三人，一岁之收常过田亩一顷以上，善者倍之。《汉书·赵过传》

※ ※ ※

我国在战国时期就有了播种机械。汉武帝时，赵过在一脚耩和二脚耩的基础上，创造发明了能同时播种三行的三脚耩，一头牛拉着，一人牵牛，一人扶耩，一天就能播种一顷地，大大提高了劳动效率，汉武帝曾下令在全国范围里推广这种先进的播种机。

汉代三脚耨复原模型，现在陈列在中国历史博物馆里，它的构造是这样的，下面的三个小铁铧是开沟用的，叫做耨脚，后部中间是空的，两脚之间的距离是一垄，三根木制的中空耨腿，下端嵌入耨铧的垄里上端和子粒槽相通，子粒槽下部前面由一个长方形的开口和前面的耨斗相通。耨斗的后部下方有一个开口，活装着一块闸板，用一个楔子管紧。为了防止种子在开口处阻塞，在耨柄的一个支柱上悬挂一根竹签，竹签前端伸入耨斗下部系牢，中间缚上一块铁，耨两边有两轅，相距可容一牛，后面有耨柄。播种前，要根据种子种类、子粒大小、土壤干湿等情况，调节好耨斗开口的闸板，使种子在一定时间流出的多少刚好合适，然后把要播种的种子放入耨斗里，用牛拉着，一人牵牛，一人扶耨，扶耨人控制耨柄的高低来调节耨脚入土的深浅，同时也就调整了播种的深浅，一边走，一边摇，种子自动地从耨斗中流出，分三股经耨脚，再经耨铧下方播入土壤。在耨后边的木框上，用两股绳子悬挂一根方形木棒，横放在播种的垄上，随着耨前进，自动把土耙平，把种子覆盖在土下，这样一次就把开沟、下种、覆盖的任务完成了。另外再用砵子压实，使种子和土紧密地附在一起，发芽生长。现代最新式播种机的全部功能也不过把开沟、下种、覆盖、压实四道工序连接完成，而我国二千多年前的三脚耨，早已把前三道工序连在一起由同一机械来完成，在当时能够创造出这样先进的播种机，确实是一项重大成就。这是我国古代在农业机械方面的杰出发明之一。

牛 车

汉初“自天子不能具钧驷，而将相或乘牛车。《史记·平准书》”

※ ※ ※

注：本题参见《中国养牛羊史》

牛车是几千年来我国南北各地最古老的重要陆地交通工具，并不亚于马车的功用，只是它的行速缓慢而已。根据历史文献，牛驾车还早于马驾。《世本·氏姓》曰：“胲作服牛。”胲就是马师皇（历来被尊为兽医的祖师）。但《吕氏春秋》说：“采雉作驾，寒哀作馭，王介作服牛。”以上这些传说和考据都难以可信，但至少在新石器时代的后期已创造出牛车，这一点应当是置信的。

牛车比马车的创造虽然较早，但直到最近，似乎还只能见到从殷墟等地发掘出来的二马或四马拉车辆，而且车马装饰已很完美。在这同时代，更不必说是在殷代以前，迄今未闻有发掘出牛车一类的报告，好似在考古学上不能证实牛驾先于马驾的传说，但也不能就此否定这种传说，因为那些马车是奴隶制社会里的陪葬品而被同时发现的，这样的车马在结构和装饰方面不能视为在殷代才有，在这以前已有了初级的车辆。在奴隶制以前的古代社会未必有这类陪葬品，更不必说牛车了。由于先有牛驾，当初牛车必然比不上殷墟出土的马车，最早的牛车必然是很简陋的木结构，缺乏金属加固，在作废以前很可能当作废物拆除或作为燃料，以至很难遗存到近世。这并不是一种推想，因近世农村有些牛车几乎也曾是木结构，用牛力牵引，同样可以运转，只是不够灵巧。

畜力车辆的发明，是世界文明史上的一件大事。根据英国牛津大学辛格尔等人《技术科学史》，其中论及原始的车辆是完全木制的，那些在中东古老国家发现的车辆，式样非常简陋，有轮而无辐，只由两块木板钉成。究竟世界上在何时何地发明了畜力车辆，看来尚待于证明。要研究这个问题，有必要联系古代中国役牛的发展经过才是，而且也有必要和古代马车及套具的先进性结合起来，因为牛用的辄具较为简单，而且未曾发现到有如驷马或六马拉车的程度。

在广大的北方地区，以后逐渐由快速的马车代替了一部分牛车，但长期以来牛车仍很普遍。牛不仅在古代农村和牧区为生产

及交通所需，而且也是兵车用的牛。凡是出征和军事行动，牛车也担任辎重后勤工作，在特殊情况下，也用于助战。商朝《司马法》是在井田制度基础上创立的，不仅向人民征取车马，同时也需要牛。照《前汉书·刑法志》引述：四井为邑，四邑为丘，丘有戎马一匹，牛三头；四五为甸，甸六十四井，出长毂（兵车）一乘，马四匹，牛十二头，甲士三人，步卒七十二人，戈楯具备。是谓乘马之法。这里虽未指明牛车，而只是提到战车，但可以肯定牛是后勤用的，而与古称的“服牛乘马”相符。不过也可能作为一稿车。牛也供驿站交通用，这是在马匹缺乏的地区和某些时代才采用；并非全靠驿马。凡是无需事急行速的驿运，就采用牛拉的驿车，而是作为驿马的辅助力量。

从一些出土文物也可证明，牛车到唐代已发展成相当完备的交通工具。洛阳唐墓出土过一件陪葬牛车冥器，形象很逼真，车辆有些与几十年前北方农村多见的花轱辘车相似，而是由一头强壮的牛拉的，轭具却安置在腰部，好似换力不用在肩部，这显然表示不同于普通的装轭法。

可是历史文献一般都记载车马，特别在春秋时代及以前的诗歌里，更是那么只渲染车马的壮丽威风，好象牛车并不高贵，其实并不因此降低牛车在古代的应用价值。每当历代在大战之后，牛车却应运而生，代了车马。更不必说牛车在民间的重要性了，甚至于有骑牛代步的，以赤眉绿林为主的农民起义时就是如此。如《后汉书·光武帝纪》说：“光武初年骑牛，杀新野尉，乃得马。”这些虽只是汉代的历史，实则在后世也有类似的情况，尤其是在元朝统治期间，大量收括民马和兵器，畜力运输即以牛为主。

世界上最早的游标量具——新莽铜卡尺

王莽以十二月朔酉为建国元年正月之朔，以示改制。《汉书·王莽传》



王莽执政的时间虽然不长，但在衡权方面作了许多必要的改进，对后世影响很大。据《隋书·律历志上》记载：“石勒十八年七月，造建德殿，得圆石，状如水碓。其铭曰：‘律权石，重四钧，同律度量衡。有辛氏造。’续咸议是王莽时物。后魏景明中，并州人王显达，献古铜权一枚，上铭八十一字。其铭云：‘律权石、重四钧。又云：‘黄帝初祖，德币于虞。虞帝始祖，德币于新。岁在大梁，龙集戊辰。戊辰直定，天命有人，据土德，受正号即真。改正建丑，长寿隆崇。同律度量衡，稽当前人。龙在己巳，岁次实沈，初班天下，万国永遵。子子孙孙，享传亿年，此亦王莽所制也。’我国考古工作者所发现的新莽铜卡尺是世界上最早多游标卡尺。

关于新莽铜卡尺的最早著录，见于清末吴大澂《权衡度量实验考》。书中说：“是尺年月一行十二字及正面所刻分寸皆镂银，成文制作甚工，近年山左出土，器藏维县故家。旁刻比目鱼，不知何所取义，正面上下共六寸，中四寸有分刻，旁附一尺作丁字形，可上可下，计五寸，无分刻，上有一环可系绳者，背面有篆文年月一行，不刻分寸，篆文年月一行为“始建国元年正月癸酉朔日制”十二字。

这十二字与《汉书·王莽传》所载相符：中国历史博物馆现有王莽铜卡尺一件。此器由固定尺和活动尺两部分组成。活动尺正面刻五寸，固定尺正面也刻五寸，除右端一寸外，左边四寸，每寸又刻十分，上部有一鱼形柄，中间开一导槽。两只卡相并，固定尺与活动尺等长，两尺刻线大体相对。从组成部分看，新莽铜卡尺的固定尺与活动尺，即是现代游标卡尺的主尺和付尺。组合套、导销和导槽即是游标架，两器结构相似。

新莽游标卡尺，是生产工具，它直接反映出当时的科学技术水平，也反映了当时社会经济的需要。汉代科学技术有了显著的

发展，诸如古代天文方面的浑仪、计算用的精巧骨制算筹，利用惯性原理设计的地动仪、造纸术的发明、瓷器生产的成熟技术等，正是在这样的科学技术背景下产生了新莽游标卡尺，而新莽游标卡尺是这种生产水平的手工业所使用的先进量具。

长期以来，国际、国内有关书刊，认为游标卡尺是欧美科学家发明的。英国1973年出版《英国百科全书》第十卷第402页，说游标卡尺是法国数学家维尼尔·皮尔（1580—1637）在公元¹631年发明。其实早在公元9年，我国古代劳动人民发明的游标卡尺早已实际应用了。

圭 表 测 日 考

《周官》大司徒职，以土圭正日景，以定地中。此亦据浑天仪日行黄道之明证也。《旧唐书·李淳风传》

※ ※ ※

圭，亦称“土圭”，是测影和量地用的玉尺，早在殷商时期就已经出现了。

甲文中有“圭”字，象二木柱并立之形，当即桓表之“桓”字初文。《说文》：“桓，邮亭表之。”《系传》：“表双立为桓。汉法：亭表四角，建大木，贯以方板，名曰桓表，县所治两边各一”这种双表对立的“桓表”不仅是邮亭，县所的表识，同时也是一种测日影定方向的“观测表”，《淮南子·天文训》中记载了一种使用双表、多表以观测日影，定方向之法：“正朝夕（即测定东西方向），先树一表，东方操一表，却去前表十步，以参望日始出北廉，则定东方的两表之中，与西方之表则东西之正也。”由此可见，古人双表并立，仍是用以观测日影的一种工具。

圭，金文作圭（师彝方遽），圭（五年濶生簋），本从二土，后作二土者乃是传写之误。圭从二土之本义应当是：上“土”即

上，示地上插竿入土以为表；下土即上土在地上所投之日影。故圭之本义为“木表及其投射之日影”，引申而测影之工具亦称圭：即后之土圭。《周礼·考工记》玉人曰：“土圭，尺有五寸，以致日，以土地。”郑注：“土，犹度也。”可知，“土圭”就是致日影以度其长短的玉质工具，其特征是用以为度。引申而玉器之形似土圭者也谓之“圭”，即“圭”字义，故《说文》训：“圭，瑞玉也。”

西汉以后，圭表逐渐合为一体。圭由测影和量地用的玉尺，演变成为南北方向平放的长尺，而表由直立在地上的标竿，演变成为圭表上直立于圭端的石柱或铜柱。

浑天仪的前身—璇玑玉衡

按《虞书》称，舜在璇玑玉衡，以齐七政。则是古以浑天仪考七曜之盈缩也。《旧唐书·李淳风传》

※ ※ ※

对“璇玑玉衡”是什么的问题，曾经发生过争论。因为北斗七星中，第二星（大熊座B）称为“天璇”，第三星（大熊座r）称为“天玑”，第五星（大熊座E）称为“玉衡”。从汉代起，伏胜等人就认为“璇玑玉衡”指的是北斗七星。而另一方面，马融、蔡邕和郑玄都主张，“璇玑玉衡”是一种天文仪器。《史记·天官书》说得十分明确：“北斗七星，所谓‘璇玑玉衡、以齐七政’。”据《史记·索隐》引《春秋运斗枢》“斗，第一天枢，第二璇，第三玑，第四权，第五衡，第六开阳，第七摇光。第一至第四为魁，第五至第七为杓，合而为斗。”《春秋纬·文耀钩》也印证这一说法：“斗者，天之喉舌。玉衡属杓，魁为璇玑。”《汉书·天文志》承袭了《史记·天官书》的说法。刘昭注《后汉书·天文志》甚至说：“璇玑者谓北极也，玉衡者谓斗九星也。”这是一个颇富独创性的说法。然而在同一部《后汉

书。天文志》中，孔安国却注“帝在璇玑玉衡，以齐七政”曰：

“在，察也。璇，美玉也。玑衡，王者正天文之器，可运转者。七政，日月五星各异政。舜察天文，齐七政也”。这就认定，传说时代的舜，已经用一个可运转的天文仪器观察日月五星的出没了。

此后，认为“璇玑玉衡”是仪器的占了上风。据《宋书·天文志》记载，三国时代的王蕃说：“《虞书》称‘在璇玑玉衡，以齐七政’，则今浑天仪日月五星是也。郑玄说‘动运为机，持正为衡，皆以玉为之。视其行度，观受蟬是非也。’浑仪，义和氏之旧器，历代相传，谓之机衡，其所由来，有原统矣。而斯器设在候台，史官禁密，学者寡得闻见，穿凿之徒，不解机衡之意，见有七政之言，因以为北斗七星，构造虚文，托之讖纬，史迁、班固，犹尚惑之。郑玄有瞻雅高远之才，沈静精妙之思，超然独见，改正其说，圣人复出，不易斯言矣”。璇玑玉衡就是浑仪，而且早在义和时代就有了，不过因为保密，大家不知道，胡猜乱想；说璇玑玉衡就是北斗七星的人，都受了讖纬神学的影响。王蕃这番话可就说得太过头了。

宋代学者程大昌在《演繁露》中说：“尧世已有浑仪，璇玑玉衡是也。”以制造水运仪象台著名于世的苏颂也说：“四游仪，舜典曰璇玑。”沈括在《梦溪笔谈》卷七中说：“天文学家有浑仪，测天之器，设于崇台，以候垂象者，即古玑衡是也”。又说：“旧法规环一面刻周天度，一面加银丁，盖以夜候之，天晦不可以目察，则以手切之也。古人以璇饰玑，疑亦如此。”这就为“璇玑”二字作了考证，认为“玑”是浑仪的环，“璇”是嵌于其上的银丁，夜晚观测度数不便，用于摸索，可以读出度数。

璇玑玉衡如果是仪器，那末，它怎样运用？《尚书纬·考灵曜》也有所阐述：“在璇玑玉衡，以齐七政。璇玑未中而星中，是急。急则日过其度，月不及其缩。璇玑中而星未中，是舒。舒则

日不及其度，月过其缩。璇玑中而星中，是调。调则风雨时，草木蕃盛而百谷熟，万事康也”。这段话说明：第一，璇玑是一个可以转动的仪器；第二，这个仪器是用来观测恒星的中天的；第三，说明古代历法还不够准确，有时会引起误差，即有“急”有“舒”，只有依历法计算出的恒星中天时刻和实测时刻相一致，才能风调雨顺，农业生产获得一个好的收成。无疑，璇玑玉衡就是浑仪的前身。因为从汉代起，浑仪结构虽然越来越复杂，其基本部分仍然是几个能转动的圆环，加上能旋转的窥管。

璇玑玉衡既然是浑仪的前身，为什么古往今来又有不少人认为它是指北极或北斗呢？这是因为，在我国古代，天文仪器的设计思想，往往是从星辰的运动得到启示的。璇玑玉衡和北斗七星的这种内在的联系，在《隋书·天文志》里有比较客观的阐述：

“璇玑者谓浑天仪也……而先儒或因星官书，北斗第二星名璇，第三星名玑，第五星名玉衡，仍七政之言，即以为北斗七星。载笔之官，莫之或辨。”这是由于历史上“载笔之官”不懂得辩证法，因此分辨不清，璇玑玉衡既可以是仪器，又可以是星象，或者说，是两者的辩证统一。

仰仪和正方案

仰仪之制，以铜为之，形若釜，置于甕台。内画周天度，臂列十二辰位。盖俯视验天者也。其《铭》辞云：“不可体形，莫天大也。无竞维人，仰釜载也。六尺为深，广自倍也。兼深广倍，絜釜兑也。环凿为沼，准以溉也。辨方正位，曰子卦也。衡缩度中，平斜再也。斜起南极，平釜斂也。小大必周，入地画也。始周浸断，浸断外也。极入地深，四十太也。北九十一，赤道断也。列刻五十，六时配也。衡竿加卦，巽坤内也。以负缩竿，〔子〕午对也。首旋玑板，窥纳芥也。上下悬直，与斂会也。视日透光，何度在也。暘谷朝宾，夕餞昧也。寒暑发敛，验

进退也。簿蚀起自，鉴生杀也。以避赫曦，奇目害也。南北之偏，亦可概也。极浅十五，林邑界也。黄道夏高，人所载也。夏永冬短，，犹少差也。深五十奇，铁勒塞也。黄道浸平，冬昼晦也。夏则不没，永短最也。安浑宣夜，听穹盖也。六天之书，言殊话也。一仪一揆，孰善悖也。以指为告，无烦喙也。闾资以明，疑者沛也。智者是之，胶者怪也。古今巧历，不亿辈也。非让不为，思不逮也。将规天朕，造化爱也。……”《元史·天文志》

※ ※ ※

《元史·郭守敬传》记载：“以表之矩方，测天之正圆，莫若以圆求圆，作仰仪”。仰仪是郭守敬独创的仪器，这件仪器是一个铜制的中空的半球面，开状象一口仰天平放着的锅，名叫“仰仪”，直径十二尺，锅口上刻着时辰和方位，相当于地平圈，上有水槽，以校正水平。（如下图）半球的口上刻着东西南北的

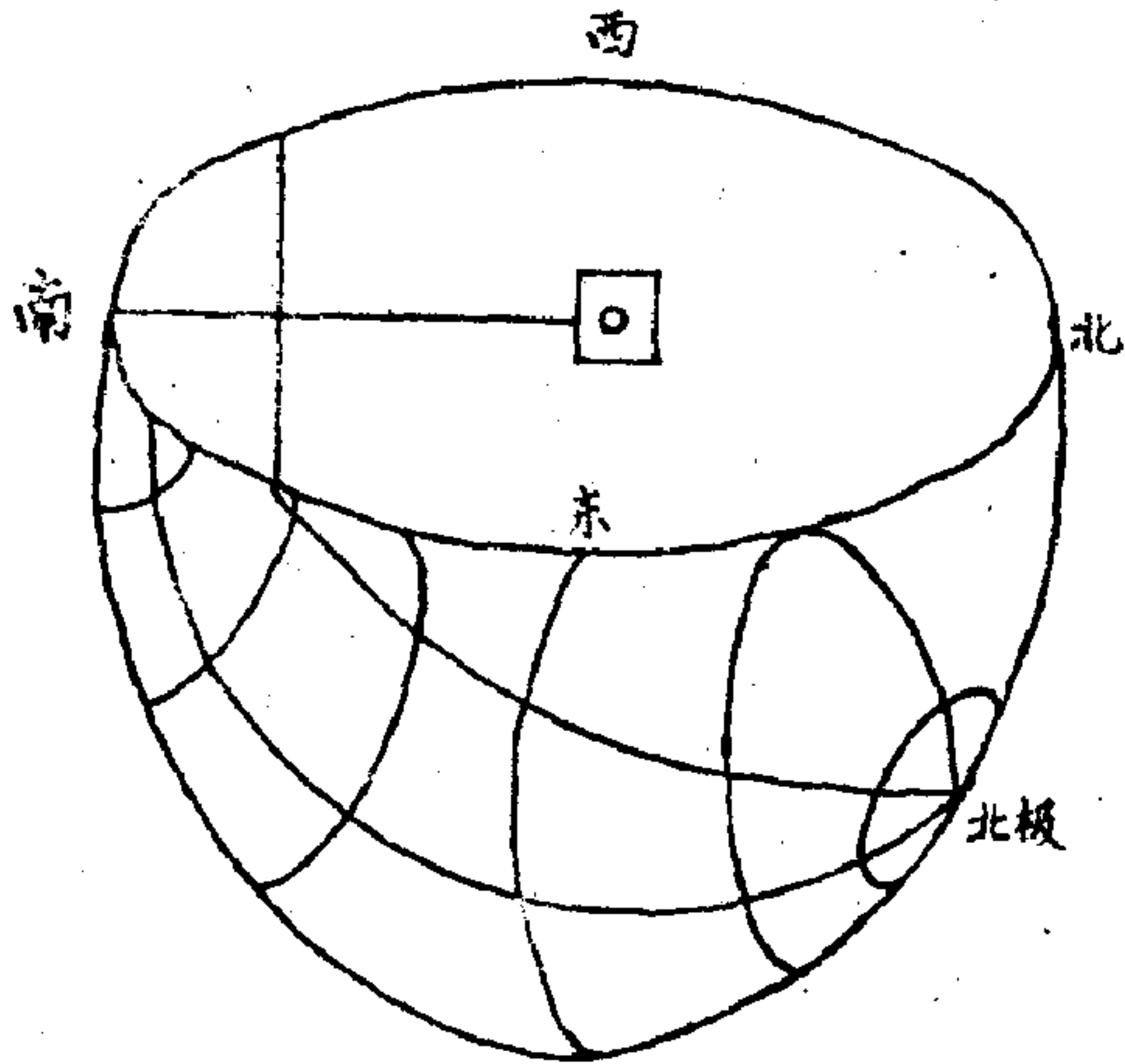


图2 仰仪示意图

方向，半球面上刻着与观测地纬度相应的纵横线格网，半球口上用一纵一横的两根竿子架着一块璇玑板，板上开一个小孔，孔的

位置正好在半球面的球心上，转动璇玑板，使小孔对准太阳。太阳光通过小孔，在球面上投下一个圆形的象，映照在所刻的线格网上，立刻可读出太阳在天球上的位置。人们可以避免用眼睛逼视那光度极强的太阳本身，“以避赫曦，奇目害也”，就看明白太阳的位置，这是很巧妙的。更妙的是，在发生日食时，仰仪面上的日象也相应地发生亏缺现象。这样，从仰仪上可以直接观测出日食的方位，亏缺部分的多少，以及发生各种食象的时刻等等。虽然伊斯兰天文家在公元十一世纪时就已经利用日光通过小孔成象的现象来观测日食，但他们只是利用一块有洞的板子来观测日面的亏缺，帮助测定各种食象的时刻罢了，还没有象仰仪这样可以直接读出数据的仪器。

正方案，是郭守敬发明的另一件重要的仪器。《元史·天文志》详细记述了正方案的结构，曰：“正方案，方四尺，厚一寸。四周去边五分为水渠。先定中心，画为十字，外抵水渠。去心一寸，画为圆规，自外寸规之，凡十九规。外规内三分，画为重规，偏布周天度。中为圆，径二寸，高亦如之。中心洞底植臬，高一尺五寸，南至则减五寸，北至则倍之。

凡欲正四方，置案平地，注水于渠，砥平，乃植臬于中。自臬景西入外规，即识以墨影，少移辄识之，每规皆然，至东出外规而止。凡出入一规之交，皆度以线，屈其半以为中，即所识与臬相当，且其景最短，则南北正矣。复偏阅每规之识，以审定南北。南北既正，则东西从而正。然二至前后，日轨东西行，南北差少，即外规出入之景以为东西，允得其正。当二分前后，日轨东西行，南北差多，朝夕有不同者，外规出入之景或未可凭，必取近内规景为定，仍校以累日则愈真。

又测用之法，先测定所在北极出地度，即自案地平以上度，如其数下对南极入地度，以墨斜经中心界之，又横截中心斜界为十字，即天腹赤道斜势也。乃以案侧立，悬绳取正。凡置仪象，皆以为准。”

由此可见，正方案是一种利用臬影来测定南北方向的仪器。臬置于该仪器平板的中心，以此中心为圆心画有同心圆若干。同心圆可按需要画上刻度。但是，郭守敬发明的正方案不能直接测量北极出地高度即地理纬度，明代著名的科学家朱载堉在郭守敬正方案的基础上，设计了新的测量方法，巧妙地应用于北极出高地的测量和地磁偏角的测定。

量 天 尺

圭表以石为之，长一百二十八尺，广四尺五寸，厚一尺四寸。座高二尺六寸。南北两端为池，圆径一尺五寸，深二寸，自表北一尺，与表梁中心上下相直。外一百二十尺，中心广四寸，两旁各一寸，昼为尺寸分，以达北端。两旁相去一寸为水渠，深广各一寸，与南北两池相灌通以取平。表长五十尺，广二尺四寸，厚减广之半，植于圭之南端圭石座中，入地及座中一丈四尺，上高三十六尺。其端两旁为二龙，半身附表上擎横梁，自梁心至表颠四尺，下属圭面，共为四十尺。梁长六尺，径三寸，上为水渠以取平。两端及中腰各为横，径二分，横贯以铁，长五寸，系线合于中，悬锤取正，且防倾垫。

按表短则分寸短促，尺寸之下所谓分秒太半少之数，未易分别，表长则分寸稍长，所不便者景虚而淡，难得实影。前人欲就虚景之中考求真实，者设望筒或置小表，或以木为规，皆取端日光，下徹表面。今以铜为表，高三十六尺，端挟以二龙，举一横梁，下至圭面共四十尺，是为八尺之表五。圭表刻为尺寸，旧一寸，今申而为五，厘毫差易分别。《元史·天文志》



古代在历法制定工作中所要求的天文观测，主要是两类，一类是测定二十四节气，特别是冬至和夏至的确切时刻；用的仪器是圭表。一类是测定天体在天球上的位置，应用的主要工具是浑

仪。圭表中的“表”是一根垂直立在地面的标竿或石柱；“圭”是从表的跟脚上以水平位置伸向北方的一条石板。每当太阳转到正南方向的时候，表影就落在圭面上。量出表影的长度，就可以推算出冬至、夏至等各节气的时刻。表影最长的时候，冬至到了；表影最短的时候，夏至来临了。它是我国创制最古老、使用最熟悉的一种天文仪器。这种仪器看起来极简单，用起来却会遇到几个重大的困难。

一是表影边缘并不清晰。《元史·郭守敬》说：“表高景虚，气象非真”，阴影越靠近边缘越淡，到底什么地方才能是影子的尽头，这条界线很难划分清楚。影子的边界不清，影长就量不准确。二是测量影长的技术不够精密。古代量长度的尺一般只能量到分，往下可以估计到厘，即十分之一分。按照千年来的传统方法，测定冬至时表影的长，如果量错一分，就足以使按比例推算出来的冬至时刻有一个或半个时辰的出入。这是很大的误差。三是旧圭表只能观测日影，星和月的光弱，旧圭表就不能观测星影和月影，《元史·郭守敬传》载：“月虽有明，察景则难”。对这些困难问题，唐、宋以来的科学家们已经做过很多努力，始终没有很好地解决。现在，这些困难又照样出现在郭守敬的面前。怎么办呢？郭守敬首先分析了造成误差的原因，然后针对各个原因，找出克服困难的办法。

首先，郭守敬增加了圭表的高度。圭高在秦代之前没有文献记载，汉代以后为八尺，南北朝虞邕曾用九尺表，郭守敬把表高增加到三十六尺，又在表顶上加一根架空的横梁，从梁心到圭面共四十尺，来提高测影的精度。

其次，为了克服表高影虚的缺陷，郭守敬创设了一个叫做“景符”的仪器。关于景符的构造，《元史·天文志》里有十分详细的记载：“景符之制，以铜叶，博二寸，长加博之二，中穿一窍，若针芥然。以方框为趺，一端设为机轴，令可开阖，稽其一端，使其势斜倚，北高南下，往来迁就于虚梁之中。竅达日

光，仅如米许，隐然见横梁于其中。旧法一表端测晷，所得者日体上边之景。今以横梁取之，实得中景，不容有毫末之差，至元十六年己卯夏至晷景，四月十一日乙未景一丈二尺三寸六分九厘五毫。至元十六年己卯冬至晷景，十月二十四日戌戌景七丈六尺七寸四分。”这段记载的大意是说：测影时，石圭上加一根据针孔成像原理制成的景符，用来接受日影的梁影，景符下为方框，一端设有可旋转轴，轴嵌入一个宽二寸，长四寸，中穿孔窍的铜叶，其势南高北低，依太阳高低调整角度，正午时，太阳光穿过景符北侧的小孔在圭面上形成一个很小的太阳倒像。这条经过景符小孔形成的梁影清晰实在，细若发丝，当梁影平分日影时，即可度量日影长度。郭守敬设制的景符是科学的，而且水平也很先进，以后的测影仪器还未再出现更先进的设制。

另外，郭守敬还创造了一个叫做“窥几”的仪器，对“窥几”《元史·天文志》也有详载：“窥几之制，长六尺，广二尺，高倍之。下为跌，广三寸，厚二寸，上框广四寸，厚如跌。以板为面，厚及寸，四隅为足，撑以斜木，务取正方。面中开明窍，长四尺，广二寸。近窍两旁一寸分昼为尺，内三寸刻为细分，下应圭面。几面上至梁心二十六尺，取以为难。窥限各长二尺四寸，广二寸，脊厦五分，两部斜綯，取其于几面相符，着限两端，厚广各存二寸，衔入几框。俟星月正月，从几下仰望，视表梁南北以为识，折取分寸中数，用为直景。又于远方同日窥测取景数，以推星月高下也。”由此可见，窥几是测量月影和星、月高低的仪器，形如长桌。几长六尺，宽二尺，高四尺。有四条斜腿，使几面又平又正，观测者站在下面。几面中间开一长四尺，宽二寸的细缝，缝下正对圭面。当星月走到缝正月，从下仰视，测定高低与影长数。与此同时，郭守敬改进了量取长度的技术，使原来只能直接量到“分”位的提高到能够直接量到“厘”位，原来只能估计到“厘”位的提高到能够估计到“毫”位。

郭守敬的圭表改进工作大概完成于1277年夏天。这年冬天已

经开始用它来测日影。因为观测的需要，最初的高表柱是木制的，后来才改用金属铸成。可惜这座表早已毁灭，我们现在无法看到了。幸而现在河南省登封县还保存着一座砖石结构的观星台，其中主要部分就是郭守敬造的主表。这主表与大都的主表又略有不同，它因地制宜，就利用这座高台的一边作为表，台下用三十六块巨石铺成一条长十余丈的主面。当地人民给这主表起了一个很豪迈的名称，叫“量天尺”。

耿询与水力浑天仪

询创意造浑天仪，不假人力，以水转之，施于暗室中，使智宝外候天时，含如符契。世积知而奏之，高祖配询为宫奴，给使太史局。《隋书·耿询传》

※ ※ ※

耿询，字敦信，丹阳（今安徽省当涂小丹阳）人，擅长制作技巧，曾离开家乡，到东衡州（今广东韶关市）谋生。他来到这里跟当地黎族人相处得很好。公元589年，隋灭陈，他便和当地民众展开反对隋朝的斗争，失败被擒，当了隋将军王世积的家奴。这时，他懂得天文历法的旧友高智宽，在隋朝太史局任事，耿询就向高学习，并且根据自己的实际技术操作能力，结合天文历法知识，制作了“水力浑天仪”，高智宽将此事报告了隋文帝，文帝下令把耿询调到太史局服役，成为官奴。接着他又制作了“马上刻漏”，“欹器”。隋炀帝看到了这些，才解除他奴隶身份，而成为平民。

耿询制作的“水力浑天仪”是演示天象的。用钢铸成圆球，内有一条贯穿球心的铁轴，作为地球的自转轴。球的面刻有赤道、黄道、二十四节气、日月五星及二十八宿等。在球体之外套着地平圈和子午圈。在球面上，从冬至点起，刻成 $360\frac{1}{4}$ 度

太阳每天在黄道上移动一度。又利用“滴漏铜壶”的水力也推动齿轮，使这个仪器转动。每转一周就是一昼夜，还可以看出日月星辰的运行情况。过去东汉张衡曾创制水运浑象仪，但早已失传。耿询重新设计制成这个新仪器后，把它放在室内。高智宽在室外观察天象，结果证明这个仪器上的演示与天象完全符合。

刻漏是中国古代计时器。即在底部有一小洞的铜壶中，装着水，插着箭形的标志，其上刻有度数。铜壶中的水慢慢从小洞流出，箭上面的度数按顺序露出，由此知道一昼夜的时间。耿询所制作的“马上刻漏”大致是按刻漏铜壶原理制成的，使之成为便于携带的小型计器。欹器是古人用作警戒自满的器物，《荀子·宥坐载》：孔子在鲁桓公庙中见此物，使弟子注水于器内，到了适中的时候，此物正立；水注满了，它侧向一边，把水泼出；无水时也倒向一边。但古代欹器早已失传，晋代杜预试制未成。南朝祖冲之曾试制过，亦失传。耿询却试制成功了。

耿询是在当奴隶的艰苦生活中，不断钻研、制成这些器物的，非常不容易。可是在封建专制时代，这位制作奇巧的科学家不仅长期遭受非人的虐待和奴役，而且两次几乎被封建皇帝处死。一次隋文帝把他赐给蜀王杨秀，杨秀被告发要谋反，废为平民，并且要处死杨秀的服役人等。因为耿询能制作仪器才赦免了。另一次是隋炀帝发动进攻高丽的战争，耿询上书劝止，隋炀帝要杀死他，也因为他能制作器物才赦免。后来隋炀帝带了大批官员往扬州，耿询也跟着去了。公元618年隋禁军将领宇文化及杀炀帝，耿询欲逃往关中，亦被化及杀害，这位杰出的科学家终于被封建势力虐杀而歿。

漏 刻

昔黄帝创观漏水，制器取则，以分昼夜。其后因以命官，《周礼》挈壶氏则其职也。其法，总以百刻，分于昼夜。冬至昼漏四十刻，夜漏六十刻。夏至昼漏六十刻，夜漏四十刻。春秋二

分，昼夜各五十刻。日未出前二刻半而明，既没后二刻半乃昏。减夜五刻，以益昼漏，谓之昏旦。漏刻皆随气增损。冬夏二至之间，昼夜长短，凡差二十刻。每差一刻为一箭。冬至互起其首，凡有四十一箭。昼有朝，有禺，有中，有晡，有夕，夜有甲、乙、丙、丁、戊。昏旦有星中。每箭各有其数，皆所以分时代守，更其作役。《隋书·天文志》



土圭是一种最原始、最简便的记时器。人们在屋外竖起一根竹竿，在阳光照射下，竹竿便出现了影子。随着阳光的移动，影子便一分一寸地加长，古人就以标竿影子的长短作为测量一天时间的尺度。但是这种记时方法有很大弊病，阴天，雨天，夜晚，没有阳光，人们就无法测定时间。为了弥补标竿记时的缺陷，古人发明了漏刻。

漏刻记时可以不受气候条件的限制。人们在家里放上一只铜壶，壶的中间插上一支箭，箭上刻着一百度记号。一百度代表一昼夜，“冬至昼漏四十刻，夜漏六十刻。夏至昼漏六十刻，夜漏四十刻。春秋二分，昼夜各五十刻”。其后将来，随着漏壶灌满水，让水从底部的小孔里一滴一滴地流出，水位下降，箭上的刻度便慢慢地显示出来，人们一看刻度就知道时间的长短。

西汉时期，人们发现古漏粗阔不精，于是又重新制定漏刻。据《隋书·天文志》记载，汉武帝时采用了百刻九日加减法，“‘冬夏二至之间，一百八十余日，昼夜差二十刻。’大率二至之后，九日而增损一刻焉。”至和帝永元十四年（公元102年），天文学家霍融感到百刻九日加减法，“不与天相应”，改用夏历漏刻，“日行黄道去极，每差二度四分为增减一刻”。另外，南北朝的何承天、祖暅、隋朝耿询、李兰等也曾制过新漏刻。《隋书·天文志》云：“宋何承天，以月蚀所在，当日之衡，考验日宿，知移旧六度。……遂议造漏法。春秋二分，昏旦昼夜各五

十五刻。……先令祖暅为《漏经》，皆依浑天黄道日行去极远近，为用箭日率”。又说：“大业初，耿询作古欹器，以漏水注之，献于炀帝。帝善之，因令与宇文恺，依后魏道士李兰所修道家上法称漏，制造称水漏器，以充行从。又作候影分箭上水方器，置于东都乾阳殿前鼓下司辰。又作马上漏刻，以从行辩时刻。揆日晷，下漏刻，此二者，测天地，正仪象之本也。”

北宋时，著名的机械制造家燕肃所制“莲花漏”，是漏刻制作史上一项重大创造。《宋史·燕肃传》载：“（燕肃）造指南，记里鼓二车及欹器以献，又上《蓬花漏法》。”燕肃制造的莲花漏，有上下两个水柜，上柜供水，下柜容水，中时用“渴乌”（虹吸管）连接。因为水深与压强成正比，水越深则滴得越快，水越浅则滴得越慢。为了使滴漏准确测时，下柜始终保持着固定的水位，上柜供水超过一定高度时，余水就会从下柜上部的竹注筒流入减水盆内，下柜的水再通过另一根“渴乌”慢慢滴入受水大壶里；大壶里放置着一根用桐木做的箭，箭杆上刻着分得很细的计时刻度，箭的下端浮在大壶内的水面上，箭的上端有一朵雕刻的莲花作为装饰。当壶中的水位渐渐升高时，随着水位的升高箭杆渐渐升起壶口。从箭杆的刻度，就可看出所标的时间。这样使漏壶测定的时间更为精确。

继燕肃之后，对制造漏刻贡献最大的元代的著名科学家郭守敬。《元史·天文志》载有：“大明殿灯漏”条，对“大明殿灯漏”的结构记述尤详。这件器具是悬挂在一条梁架上的，形状好象一只灯球。实际上这是一台用水力推动的，相当复杂的机械报时钟。到了一定的时刻，灯漏里会有木人抱着时辰牌出来报时，还有个木人按时指明是几时几刻；每到正时、正刻，就有木人敲钟打鼓。更有趣的是灯漏里有个小型的舞台，舞台上蹲着龙、虎、鸟、龟等四个动物模型；到了一定的时刻，这些动物纷纷起舞，非常灵活。

浑 天 象

浑天象者，其制有机而无衡，梁末秘府有，以木为之。其圆如丸，其大数围。南北两头有轴。偏体布二十八宿、三家星、黄赤二道及天汉等。别为横规环，以匡其外。高下管之，以象地。南轴头入地，注于南植，以象南极，北轴头出于地上，注于北植，以象北极。正东西运转。昏明中星，既其应度，分至气节，亦验，在不差而已。不如浑仪象别有衡管，测揆明，分步星度者也。吴太史令陈苗云：“先制木仪为，名曰浑天。”即此谓耶？由斯而言，仪象二器，远不相涉。则张衡所制，盖亦止在浑象七曜，而何承天莫辨仪象之异，亦为乖失。

宋文帝以元嘉十三年，诏太史更造浑仪。太史令钱乐之，依案旧说，采效仪象，铸铜为之。五分为一度，径六尺八分少，周一丈八尺二寸六分少。地在天内，不动。立黄赤二道之规，南北二极之规，布列二十八宿，北斗极星。置日月五星于黄道上。为之杠轴，以象天运。昏明中星，与天相符。梁末，置于文德殿前。至如斯制，以为浑仪，仪则内阙衡管。以为浑象，而地不在外，是参两法，别为一体。就器用而求，犹浑象之流，外内天地之状，不失其位也。吴时又有葛衡，明达天官，能为机巧，改作浑天，使地居于天中。以机动之，天动而地止，以上应晷度，则乐之之所放述也。

到元嘉十七年，又作小浑天，二分为一度，径二尺二寸，周六尺六寸。安二十八宿中外官星备足。以白、青、黄等三色珠为三家星。其明五星，悉居黄道。亦象天道运，而地在其中。《隋书·天文志上》

※ ※ ※

我国早在春秋战国时期已经有了简单的浑仪，秦汉时代随着天象观测的发展。在制定太初历的时候，落下闳改进了浑仪，并且对古代二十八宿的距度重新进行了测量。这应当说是古代天文学

的一个进步。汉宣帝时，耿寿昌以铜铸造成了用以演示天象的仪器——浑象。汉和帝永元四年（公元92年）民间天文学家傅安等人，制成了置有黄道环的浑仪，并用以观测日、月行度，得到了比仅有赤道环的浑仪要精确的结果。正是在先人浑仪的基础上，东汉杰出的科学发明家张衡（公元78—139年）研制了水运浑天仪。

张衡是浑天说的支持者，张衡在《浑天仪图注》中说：“浑天如鸡子，天体圆如弹丸，地如鸡中黄，孤居于内，天大而地小。天表里有水，天之包地，犹壳之裹黄。”在此基础上，他比较正确地解释了夏天昼长夜短，冬天昼短夜长的现象，他还说明“月光生于日之所照，魄生于日之所蔽；当日则光盈，就日则光尽也”《灵宪》，即月光不会自己发光，月光是日光的反照，并正确地解释了月亮圆缺和日蚀现象。天文学的发展，离不开观测仪器的进步，也只有较先进的观测仪器才会有较准确的星距数据。公元117年，张衡根据浑天说的理论和实际观测天象的知识，亲手研制了浑天仪。浑天仪用精铜铸成的球体模型，是用一个铁轴贯穿球心。轴和球有两个交点，作为北极和南极，在球面上刻着二十八宿和其它星辰。在球的外面套有两个圆圈，一个叫地平圈另一个叫子午圈。两圈交叉环套，天体半露在地平圈上，半隐在地平圈下，天轴支架在子午圈的上边。另外，在球体上还有黄道和赤道，距离互成 24° 交角。在赤道和黄道上各有24节气，并且从冬至点起，刻分成三百六十五又四分之一度，每度分四格，太阳每天辐射在黄道上移动一度。凡肉眼能观测到的天体的现象几乎全部表示出来了。张衡为了使仪器能够自己转动，他利用古代计时的漏壶滴水的原理，在仪器上安装一个齿轮，用漏壶滴出水的力量发动齿轮，齿轮带动浑象绕轴旋转，使它一天转动一周，这样就可以利用“水运仪象”把天象的变化反映出来。这是现代天象仪的前身，是古代天文仪器的重要创造，“水运浑天仪”还是世界上最早的机械性计时器。

北魏时期，浑天仪又有了新的创造。永兴四年（公元42年）在晁

嵩和鲜卑族天文学家斛兰主持下，铸成了我国历史上唯一的一台铁制浑仪，底座上设有“十字水平”，以校准仪器安装，这是我国历史上利用水准仪的开端。这架铁仪一直用了三百多年。

唐初，李淳风鉴于当时所用北魏造的铁浑仪不够精密，因而立意进行改革，于贞观七年（公元733年），造了一架新型的浑天黄道铜仪，李淳风吸收了北魏铁仪设有水准仪的优点，在古浑仪的六合仪和四游仪之间，加了三辰仪，使浑仪由二重变为三重，三辰仪可以绕极轴在六合仪里旋转，作为观测用的四游仪可以在三辰仪中旋转，这样就可以直接用来观测日、月、星在各自轨道上的视运动。由于黄白交点在黄道上有较快的移动，李淳风在黄道环上打了249小洞眼，每过一个交点月，就把白道移过一对洞眼，较好地解决了实际的需要，可惜不久就亡佚了。

开元九年，僧一行接受修定新历，提出了“须知黄道进退”直接观测太阳视运动的要求，为了解决这个问题，梁令瓚设计了黄道游仪的模型“游仪木样”。一行对此极为赞赏，大力推荐，梁令瓚的铜游仪于开元十三年（公元725年）造成，梁令瓚的黄道游仪承继李淳风的黄道游仪而进行改进，他在赤道环和黄道环间都每隔一度打上一个洞，使黄道环可以沿赤道环移动，白道环可以沿黄道环移动。一行在制历准备时，还与梁令瓚等人制造了一架浑象，以巧妙的轮轴结构构成，注水激轮，令其自转，一日一夜，运转一周，这是张衡水运浑象的发展，其中特别是安装有自动报时器，“立二木人于地平之上，前置鼓以候辰刻，每一刻自然击鼓，每辰则自然撞钟”，整个装置中“各施轮轴，钩建交错，关锁相持”推想其中应当具有类似于现代钟表上的擒纵器，这在天文钟和机械史上是一大创造。

古老的天文钟——水运仪象台

既又请别制浑仪，因命颂提举。颂既邃于律历，以吏部尚书

令史韩公廉晓算术，有巧思，奏用之，授以古法，为台三层，上设浑仪，中设浑象，下设司辰，贯以一机，激水转轮，不假人暑力，时至刻临，则司出告。星辰躔度所次，占候则验，不差刻，昼夜晦明，皆可推见，前此未有也。《宋史·苏颂传》



在许多大型仪器设备当中，有一种仪器能用多种形式来表达天体时空的运行，人们叫它天文钟。它是把动力机械和许多传动机械组合在一个整体里，利用几组齿轮系把机轮的运动变慢，使它保持一定恒定的速度，和天体运动一致。它既能表示天象，又能计时。后世的钟表就是从它演变出来的。我国宋代的“水运仪象台”就是这种天文钟的祖先。据《宋史·苏颂传》记载，宋元祐三年（公元1088年）在苏颂的领导下，制成了水运仪象台，设在当时的汴京（今河南开封）。

苏颂所著《新仪象法要》相当详细地介绍了水运仪象台的构造，这部书还附有全图、分图，详图六十多幅，多是透视图或示意图，水运仪象台以宋木矩尺计算是三十五尺六寸五分，将近十二米，宽二十一尺，全台是一座正方形上狭下广收分的木构建筑，用木板作台壁，板面画飞鹤，台分三层，底层向南有两个门，靠北台壁设有木板长台，是操作场所，打水人运转水轮的地方。操作台前面有一组提水机械：由升水下轮，升水下壶，升水上壶，河车及天河组成。转动河车把水由升水下轮（筒车）逐级提升灌入到天河受水槽中，在这组提水机械的东边，有一组“铜壶滴漏”式的装置，在一个木架上设两个水槽，高的是天池，低的是平水壶。平水壶有泄水管，使平水壶经常保持一定的水位，平水壶下端的出水口就能保持恒定的流量。平水壶之西有一座直径十一尺的枢轮，它是全台机械结构的原动轮，由水力推动。那是一个

由三十六个水斗，和钩状铁拔子组成的水轮，枢轮顶部附设一组杠杆装置，相当于钟表里面的擒纵器（卡子）。枢轮下面设有退水壶，退水壶有水管和升水壶相连。这样周而复始，水流循环一周，池水槽又成了水源。当枢轮水斗注满一斗时，其重量使枢权失去平衡，这时格叉向下倾，枢权向上扬起，枢轮上的铁子拨开关舌，拉动了天衡，使天关向上开启，枢轮向下转动一斗，天关又随即落下，由于左右天锁擒纵抗拒作用，使枢轮只转动一个水斗。枢轮运转的速度是由漏壶的流量决定的，由格叉和枢衡等一套擒纵器控制的。

计时仪器的机械装置在原书叫昼夜轮。它前面有木阁九层：第一层木阁是昼夜钟鼓轮。轮上有三个等高的的小木柱（起凸轮的作用）可按时拨动三个木人的拔子，拉动木人手臂，一刻钟木人打鼓，时初摇铃，时正敲钟。第二层木阁是昼夜时初正轮，轮边有二十四个司辰木人，表示十二个时辰的时初、时正，相当于24时。这轮上的24个木人随轮子转动按时在木阁门前出现。第三层木阁是报刻司辰轮，轮边有96个司辰木人，每一刻出现一人。第四层木阁是夜漏金钲轮，可以拉动木人按更击钲报更数，并且可以按季节进行调整来适应昼夜长短的变化。第五层木阁是夜漏司辰轮，轮边设38个司辰木人，木人位置可以按节气变动。从日入到日出按更筹排列。台里在九层木阁还设有浑象一座，浑象下部有木柜，上部在柜外，下部隐在柜中。浑象是一个球体，在球面布列天体的星宿位置，浑象和昼夜机轮轴相接，随机轴由东向西转动，和天体视运动一致，使的球面星座位置和天象相合。台顶有露台，设浑仪一座通过齿轮和柜轮轴相连，使浑仪也能随天球转动，就好象近代望远镜有转仪钟控制随天球转动一样，浑仪的第二重仪器中增设了天运单环，使浑仪能随水轮运转。这是一个创造性设计。浑仪上覆盖的板屋有九块可以活动的屋面板，作用和今天天文台可以开启的球形台顶相通。

苏颂倡导和主持了水运仪象台的创造，同时参加这一工作的还有太史局的周日严等人，特别是吏部的韩公廉在计算方面劳绩

显著。还有一些年轻的生员袁惟几等人，学生候永和等，以及测验规景和刻漏等专门工作人员，说明这是许多人共同的创造。

记 里 鼓 车

记里鼓车，一名大章车。赤质，四面花鸟，重台，勾阑，镂拱，行一里，则上层木人击镯，十里，则次层木人击镯。一辕凤首，驾四马，驾士旧十八人，太宗雍熙四年，增为三十人。《宋史·舆服一》

※ ※ ※

我国古代的长度计量起源很早，大约在原始社会末期就产生了。秦始皇统一度量衡，对我国古代的长度计量开创了新局面。经过汉晋时代的进一步改革，到了唐宋我国远距离长度的计量已经发展到了相当高的水平，在当时世界科学技术发展中处于领先地位。唐宋时有明确记载的远距离长度计量有仗杆，测绳，步车等测量工具。在远距离长度计量的实践中我国还发明了记里鼓车。这项发明具有重大的意义，这是一种记道车，当车前进时，利用车轮的转动，可间接而自动地把车行的里数表示出来。

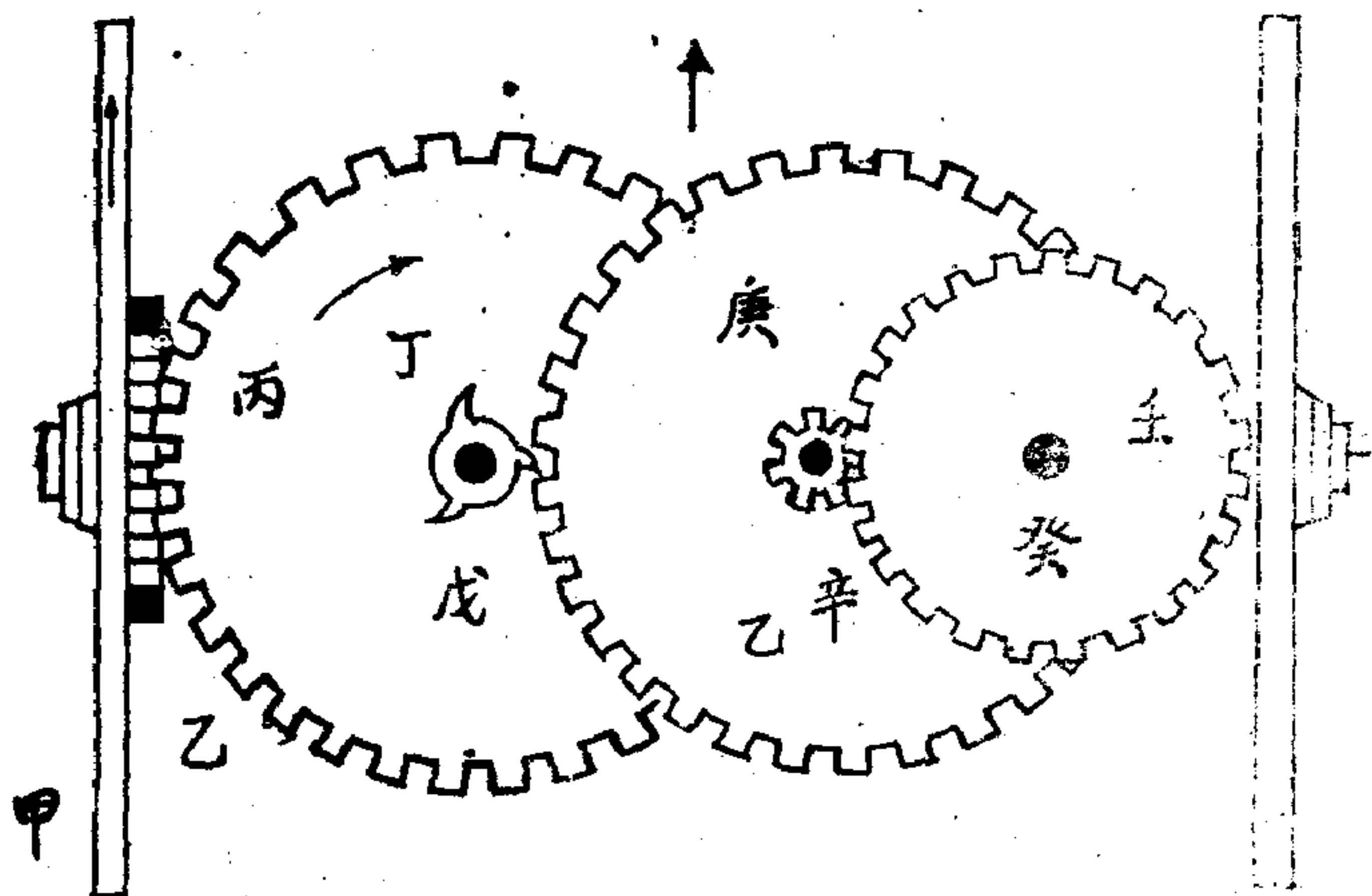
记道车的发明至迟在西汉初。刘歆的《西京杂记》中写道：

“汉朝舆架祠甘泉汾阴，备千乘万骑，太仆执轡，大将军陪乘，名为大驾。司南车，驾四，中道，辟恶车，驾四，中道，记道车，架四，中道。”记道车史书上有时还叫记里车或司南车。以后由于加上了行一里打一下鼓的装置的就叫记里鼓车。

我国古书上有关记里鼓车的记载亦不少，如《晋书·舆服志》、《南齐书·舆服志》、《隋书·礼仪志》、《旧唐书·舆服志》，《新唐书·车服志》上均有简略记载，但不容易推断出车的构造，直至宋史上才有比较详细的记载。宋仁宗天圣五年（公元1027年）内侍卢道隆向皇上提出记里鼓车之制，后来又有吴

注：本题参见《物理学史讲义》

德仁在大观年间（公元1107—1160年）再造记里鼓车。1925年张荫麟先生推断，卢道隆设计的记里鼓车的模型见下图。它的内部构造如图所示。



图中甲为足轮，即车轮，乙为附于足轮的立轮，丙为下平轮，丁为第一贯心轴，戊为旋风轮，己为平轮，庚为第二贯心轴，辛为小平轮，壬为上平轮，癸为第三贯心轴，在第二贯心轴上安击鼓的木人，位于下一层。在第三贯心轴上安击镯的木人，位于上一层。他的这种推测是正确的，因为卢道隆设计的记里鼓车的整个齿轮是和车辆同行同止的，即随着足轮而转动和停止。其中足轮甲的直径是六尺，假定圆周率的数值按三计算，转一周车行十八尺，足轮甲回转一百周，车行一百八十丈，恰合一里。若立轮乙下平轮丙，旋风轮戊，中平轮己的四个齿轮的齿数依次为18、54、3、100，则车行一里，第二贯心轴庚只转

$$100 \times \frac{18}{54} \times \frac{3}{100} = 1 \text{ 周，若在庚轴上装有一个起凸轮作用的}$$

的拨子，拨动木人的手臂，车行一里，就可以使木人击鼓一次，如果庚轴上再装上一个10个齿的不平轮辛，和第三贯心轴癸上一个100个齿的上平轮相衔接，则每当车行十里，上平轮转一周并拨动另一个木人的手臂击镯一次，为此就可以记出里程。可见在

一千多年前，我国人民已十分巧妙地利用轮轴机械来量度地面距离，而欧洲直到十七世纪才有类似的计步计。

指南车

指南车，一曰司南车。赤质，两箱画青龙，白虎，四面画花鸟、重台、勾阑、镂拱、四角垂香囊，上有仙人，车虽转而手常南指，一辕，凤首，驾四马。驾士归十八人，太宗雍熙四年，增为三年人。仁宗天圣五年，工部郎中燕肃始造指南车。《宋史·舆服二》

※ ※ ※

从三国开始，差不多历代史书上都有指南车的记载，《三国志·马均传》说：“先生为给事中，与常侍高堂隆，骁骑将军秦朗争论于朝，言及指南车。二子谓古无指南车，记言之虚也。先生曰：‘古有之，未之思耳，夫何远之有？’……于是二子遂以白明帝，诏先生作之而指南车成。”这段记载是说马均与高秦谈论指南车的事情，马均说，古已有之，而高秦不相信古代有此事，于是二人让马均试作，指南车果成，关于指南车的结构，书中没有记载。到南北朝时期，指南车又有所改进，《南齐书·祖冲之传》记载：“初，宋武平关中，得姚兴指南车，有外形而无机杼，每行使人于内转之，昇明中，齐高帝辅政，使冲之追修古法。冲之改造铜机，圆转不穷，而司方如一，马均以来未之有也。”以后各史书记载都不太详细，到宋代，《宋史》才详细地记述了它的内部齿轮构造。指南车上的齿和轮如下。

足轮二个，直径六尺，圆周十八尺；小轮二个，直径三寸；附足立子轮（齿轮）二个，直径二尺四寸，圆周七尺二寸，齿距三寸，齿数二十四个。左右小平轮（齿轮）二个，直径一尺四寸，齿数十二个；中心大平轮（齿轮）一个，直径四尺八寸，圆周十四尺四寸，齿距三寸，齿数四十八个。

所谓足轮是车脚轮，是着地转的行走元件。小轮是滑车，附

足立子轮是附在足轮上的齿轮。中心大平轮是放在车箱其中的一个大齿轮。这个大齿轮的轴向上伸出，轴上立一个木人，中心大平轮转多少度，轴上的木人同样也转多少度。左右小平轮是两个小齿轮，分装在中心大平轮的两边，起转动作用。当车一直向前行驶的时候，左右小平轮和中心大平轮是分离的，不相接触，因此两边足轮的转动不影响中心大平轮，当车辆向左转弯。辕的前端向左移动，辕的后端，就向右移动，辕后端的绳向右经过滑车，把右边的小平轮放落，和中心大平轮相接触，结果中心大平轮受右边车轮的影响向右转动，恰好能抵消车辆向左转弯的影响，使木人手臂所指的方向不变，仍旧指向南方，比如车向左转六十度，中心大平轮就向回转，向右转六十度，使木人保持原来的方向，手臂仍指向南方。

指南车结构简单，能使木人的手臂始终指向南方，关键就在于中心大平轮和附足系轮或联或断的设计。这种设计体现了我国古代劳动人民和机械设计人员的高度智慧和创造能力。

诸葛亮创制连弩和木牛流马

亮性长于巧思，损益连弩，木牛流马，皆出其意。《三国志·魏书·诸葛亮传》

※ ※ ※

诸葛亮（公元181—234年），三国蜀汉政治家、军事家和机械制造家，字孔明，瑯琊阳都（今山东沂南南）人，东汉末避乱荆州，隐居邓县隆中（今湖北襄阳西），耕作自给，留心世事，时人称为“卧龙”。建安十二年，（公元207年），刘备因徐庶推荐、三顾草庐求教，他建议占据荆、益两州，西和诸戎，南抚夷越，结好孙权，对抗曹操，以复汉室，即所谓“隆中对”。从此深得刘备信任，成为主要谋士。次年，曹操率军二十万人大举南下，他奉命东结孙权，联军五万人，在赤壁大败曹操，刘备乘

胜占有荆州大部地区。刘备称帝后，成丞相。

在机械制造方面，他创制了连弩和木牛流马。弩就是安有臂的弓，弓臂上设有弩机。三国以前的弩机大多发射一枚，从长沙楚墓出土的实物来看，弩机的制造是相当精巧的，它的机能和现代的枪、炮的击发装置相同。

诸葛亮在蜀时，为了战争的需要，非常重视兵器改革，他亲自创造了一种新式连弩，称为元戎。弩箭用铁制，长八寸。这种连弩是在一个弩槽里，一次放进十枝箭，由一个孔向外出箭，只要把十枝箭都装好了，张开弓，扣一下扳机就射出一枝箭，这时槽里的箭便又落下一枝，再上弦，再发，再落，这样就可提高弩的发射速度。这种弩的优点是，轻巧灵便，发射速度快，但射击的距离近，杀伤力小。因此，马均对诸葛亮的连弩作了的新改进。据《三国志·马钧传》说：“先生见诸葛亮连弩，曰‘巧则巧矣，未尽善也’。言作之可令加五倍”。马均认为，这种弩只要略加改进，其威力增加五倍。马均是否真改进了这种弩，史无记载，但马均的话看来并非妄言。

木牛流马是三国时诸葛亮创造发明的运输工具，南北朝时祖冲之，“以诸葛亮有木牛流马，乃一器，不因风水，施机自运，不劳人力。”祖冲之所造一器，史书不见详载，但从文看，祖冲之改进了木牛流马是毫无疑问的。《事物纪原》卷八说：“木牛即今小车之有前辕者，流马即今独推者是，而民间谓之江州车子。”后汉郡国志，巴郡有江州县，是时刘备全有巴蜀之地，当年诸葛亮在这里制作了木牛流马。

关于木牛流马的结构，《亮集》记载十分详细，作木牛流马法：“木牛者，方腹曲头，一脚四足，头入领中，舌著于腹，载多而行少，宜可大用，不可小使，特行者数十里，群行者二十里也。曲者为牛头，双者为牛脚，横者为牛足，覆者为牛背，方者为牛腹，垂者为牛舌，曲者为牛肋，身者为牛齿，立者为牛角，细者为牛鞅，撮者为牛鞬轴。牛仰双辕，人行六尺，牛行四步。

载一发粮，日行二十里，而人不大劳。流马尺寸之数，肋长三尺五寸，广三寸，厚二寸二分，左右同。前轴孔分墨去头四寸，径中二寸。前脚孔分墨二寸，去前脚孔四寸五分，广一寸。前杠孔去前脚孔分墨二寸七分，孔长二寸，广一寸。后轴孔去前杠分墨一尺五分，大小与前同。后脚孔分墨去后轴孔三寸五分，大小与前同。后杠孔去后脚孔分墨二寸七分，后载剋去后杠孔分墨四寸五分前杠长一尺八寸，广二寸，厚一寸五分。后杠与等版方囊二枚，厚八分，长二尺七寸，高一尺六寸五分，广一尺六寸，每枚米二斛三斗。从上杠孔去肋下七寸，前后同。上杠孔去下杠孔分墨一尺三寸，孔长一寸五分，广七分，八孔同。前后四脚，广二寸，厚一寸五分。形制如象，剋长四寸，径面四寸三分。孔径中寸脚杠，长二尺一寸，广一寸五分，厚一寸四分，同杠耳。”

韩暨与水排的推广

太祖平荊州，辟为丞相主曹属。后选乐陵太守，徙监冶谒者。旧时冶作马排，每一熟石用马五匹；更作人排，又费人力，暨乃因长流为水排，计其利益，三倍于前。《三国志·魏书韩暨传》

※ ※ ※

杜诗创制的水排，在三国时期得到了广泛的应用。在推广水排中有贡献的，是曹魏时的“监冶谒者”韩暨。

韩暨是南阳人，约生于东汉永寿四年（公元158年）。他年轻时隐居家乡，对于南阳地区水排冶铁的情况自然较为熟悉。曹统操一北方后，所恢复和发展农业生产，迫切需要改进冶铁技术，以提高铁的产量，增加铁制农具的生产。在这方面具有突出才能的韩暨，因此被推荐，委任为专门负责管理曹魏政权冶铁生产的“监冶谒者”。当时，北方的冶铁生产，还都使用“人排

注：本题参见《中国历史上的能工巧匠》

和马排”鼓风，韩暨根据北方水利资源的特点，对杜诗创制的“水排”作了改进，在官营冶铁业中加以推广。据《三国志》记载，“暨乃因长流为水排”，这种水排的效益三倍于前。韩暨在职七年，北方地区的冶炼业得到很快的发展，铁制器具使用充实。

“因长流水排”，这是韩暨对水排使用所作的重要改进。专家们认为：“长流”就是大河，“因长流为水排”即利用大河作为“水排”的动力，这样就把水排的使用地区大为推广。水排是一种利用水力资源的工作机，选择天然合适的地点装置这种工作机，是比较难得的。同时，天然的河流也不可能都具有适合需要的流量，因此，要广泛推广这种工作机，就必须在合适的地点用人工的方法创造一个集中的水流落差，使它形成一股能带动水排的流量，这就需要建造各种引水渠和拦河坝。韩暨利用“长流”，必定有一套具体办法，这套办法不外乎这些原理的应用。南北朝时期的酈道元，曾在《水经注》中提到魏晋时引谷水为水冶，“以经国用”，这些遗迹南北朝时还存在。据专家考证，酈道元在谷水附近的白超垒地方见到的“水冶”遗迹，该就是韩暨所创设的。

马均与绦机改革

为博士居贫，乃思绦机之变，不言而世人知其巧矣。旧绦机五十综者五十蹶，六十综者六十蹶，先生忠其丧功费日，乃皆易以十二蹶。《三国志·马均传》

※ ※ ※

马均是中国古代的发明家，字德衡，三国时陕西扶风（今陕西兴平人。）在魏明帝（公元116—239年）时，被誉为天下之名巧。马均家境贫寒，少年时到过河南，看到提花绦机织工工效很低，立志改革绦机，旧绦机是多综多蹶机，50综者50蹶（踏杆）、60综者60蹶。经马均改革后可用12根蹶控制60余片综。据推测，可能

是采用2条踏板控制一片综的“组合提综法”。由于综枢数量受到空间地位限制，织花范围还不能很大。于是起源于战国至秦汉的束综提花获得推广。其法不用综框，而用线各别牵吊经纱，然后按提经需要另外用线串起来。拉线便牵吊起相应的一组经纱，形成一织口。这样，经纱便可以分为几百组到上千组，由几百到千余条线来控制。这些线便构成“花本”。用现代术语讲就是开口的程序。这时织工只管引线提纬，另由一换花工坐在机顶既定顺序依次拉线提经。花纹就可以织得很大。唐代以后随着重型打纬机构的出现和彩色大花的需要，纬显花的织法逐步占了优势。多综多蹀和束综提花相结合，使织物花纹更加丰富多彩。

李淳风创制新浑天仪

太宗异其说，因令造之，至贞观七年造成。其制以铜为之，表里三重，下据准基，状如十字，末树鳌足，以张四表。《旧唐书·李淳风传》



李淳风，歧州雍县（今陕西凤翔南）人，生活在隋唐时代（公元602—670年）。父亲李播，在隋朝做过掌管高唐县（今山东高唐县）军事的县尉，后来弃官为道士。李淳风自幼博览群书，尤其精通天文、历算、阴阳等学问。唐贞初年，李淳风因对天文学家傅仁均编制颁行的《戊寅元历》指出了许多不合之处，并提出了不少改进意见，而受到朝廷的重视，被授予将仕郎之职，安排在当时天文台太史局工作。李淳风既精通天文，又在专门天文机构任职，对那里的一些天文观测仪器，自然十分关注。他发现当时使用的观象台和观象台上的一些天文观测仪器都是北魏时遗留下来的，其中的铁制浑仪，还是北魏明元帝时制造的，这些仪器“疏漏实多”。他于是上书皇帝，对历代浑天仪的疏阙弊端作了精深的分析，指出由于浑仪不精密而造成的严重不合，提出了重造浑仪

的请求。

中国最早的浑仪可能是由两个圆环组成：一个是固定的赤道环，它的平面与地球赤道面平行，环上刻有周天度数；另一个是四游环，也叫赤经环，它能绕地球极轴旋转，环上也刻有周天度数。在赤经环上，附有一根可绕赤经环中心转动的窥管，它的一端对准天球，一端可用肉眼观察，当窥管对准某一天体时，便可从赤道环和赤经环的刻度上读到它的天象位置，在科学技术不发达的古代，能设计制造出如此巧妙的天文观测仪器，自然是一件极了不起的事情。不过，这种观测仪毕竟还十分粗糙，因为利用地球赤道延展出去的圆弧来表示恒星的位置，是很不方便的。地球绕极轴自转，从地球上观察恒星每天东升西落的运动轨迹，都与赤道面平行，而有一个 23° 左右的交角，因此不能用赤道环上的度数来表示太阳的位置。东汉中的傅安和贾逵，为了解决这一难题，就在浑仪上加了一个黄道环，东汉大科学家张衡，又在此基础上添装了一个地平环和一个子午环。前者与地平面平行，后者与地平面垂直，经过这几位天文学家的努力，浑仪算是比较完整了，到了北魏，天文学家斛兰以铁铸造浑仪时，又在浑仪底座上安装了十字水趺（十字形准仪），用来校验浑仪的水平程度，浑仪的精确性又提高了一步，经过不断改进的浑仪，其观测的精确度大大加强。但它与天体的实际运行毕竟还存在差距，这种差距随着时间推移，必然日积月累愈益悬殊。所以李淳风才有“黄道浑仪的缺少，至今千余载”的感慨产生了重造浑仪的愿望。

贞观七年（公元633年），李淳风奉命造成新的浑仪。据《旧唐书》记载，李淳风制成的这座浑仪是铜制的，里外共有三层，下面有一个十字形的准基，底座铸有四个螯足，以东、西、南、北四个端点，将整座仪器支撑起来。这座浑仪“表里三重”，第一重为“六合仪”，由子午双环、地平环和赤道环三个部分组

注：本题参见《中国历史上的能工巧匠》

型。第三重为四游仪，四游是可东西南北四方游转的意思。四游仪包括中间夹有窥管的两个平行圆环，这两个圆环都有一根方向与极轴相同的直轴，它们能使窥管旋转，以便对准天空中任何位置的天体。浑象的第二重为“三辰仪”。这是李淳风对浑仪改进所作出的特殊贡献。“三辰仪”圆径八尺，由三个相交的圆环组成，其中的黄道环用来表示太阳的位置，白道环用来表示月亮的位置，赤道环用来表示恒星的位置。李淳风制的这座浑仪，构造精密，运转套合，三辰仪可绕着极轴在六合仪内旋转，四游仪又可在三辰仪里旋转，观测方便，计量精确，对日月恒星天体的观测精度大大提高了。自然这座浑仪也有其不足之处，所以后世又有新的改进。但是一千多年前能制造出这样精密复杂的天文仪器，是非常了不起的，从中也可看出李淳风不仅是一位出色的天文学家，同时又是一位有机巧的天文仪器制造家。

参 考 书 目

- 《钱宝琮科学史论文选集》，科学出版社，1983，10
- 《中国数学简史》，山东教育出版社，1986，8
- 《历代治河方略探讨》，张含英著，水利出版社，1982，1
- 《中国水利史稿》上、中册，水利电力出版社，1979，3
- 《中医历代各家学说》，裘沛然主编，上海科学技术出版社，1984，1
- 《中国历史上的能工巧匠》，李光羽、虞信棠著，上海人民出版社，1986，6
- 《安徽古代科学家小传》，安徽科学技术出版社，1984，4
- 《长江水利史话》，水利电力出版社，1979，10
- 《历代名医传略》，李士禾等，黑龙江科学技术出版社，1985，1
- 《祖国》，中国青年出版社，1981，8
- 《中国科学技术史稿》，杜石然等编著，上、下册，科学出版社，1982，8
- 《中国石油工业发展史》，甲力生主编，工业出版社，1984，1
- 《中国古代冶铁技术的发明和发展》，杨宽著，上海人民出版社，1956，10
- 《长城史话》，西北大学出版社，1986，6
- 《中国古代四大发明》，庄藏编，中国少年儿童出版社，1978，5
- 《中国古代地理学史》，科学出版社，1984，6
- 《中国古代科技名人传》张润生等编著，中国青年出版社，1981，5
- 《物理学史讲义——中国古代部分》，袁运开、蔡宾牟主编，高等教育出版社，1985，5
- 《中国古代科技成就》，中国青年出版社，1978，2
- 《朱载堉——明代的科学和艺术巨星》，戴念祖著，人民出版社，1986，6

- 《中国古代建筑学》，中国建筑工程出版社，1984、6
- 《中国历史博物馆馆刊》，1979年第一期，
- 《中国历史文献研究丛刊》，第一集
- 《殷墟卜辞研究——科学技术篇》，温少峰、袁庭栋著，四川省社会科学院出版社，1983、12
- 《中国养牛羊史（附养鹿简史）》，谢成侠著，农业出版社，1985、2
- 《中国农史稿》，唐启宇编著，农业出版社，1985、5
- 《中国古代十位农业科学家》，易知著，农村读物出版社，1984、10
- 《中国古代数学的世界冠军》，夏树人编著，重庆出版社，1984、10