

本卷提要

本书以文献史料和考古发现作为最主要资料,从天文学、算学、农学、医学、地理学等各方面系统地介绍了我国秦汉时期科学技术的成就和这个时期的生产技术发展水平,同时还介绍了与这些科技成就相关的政策法令、杰出的科技人物及其思想等。说明了秦汉时期是我国古代科学技术发展史上极其重要的时期,我国古代各学科体系在这时期大多已形成,许多生产技术也趋于成熟。这些就为后世科学技术的发展决定了方向,搭成了骨架。中国古代的科学技术都是沿着这一方向向前发展的。

目 录

中国秦汉科技史

一、秦汉科技概述	1
二、我国古代天文学体系的形成	6
(一) 历法体系的形成	6
1. 秦及汉初历法	6
2. 太初历——三统历	7
3. 四分历	11
4. 乾象历	12
(二) 天文仪器及天象记录	14
1. 浑仪	14
2. 浑象	15
3. 天象记录	16
(三) 天文学派	19
1. 盖天说	19
2. 浑天说	20
3. 宣夜说	23
(四) 张 衡	25
三、数学体系的形成	30
(一) 《九章算术》的出现	30
(二) 《九章算术》的内容介绍	32
(三) 《九章算术》在数学方面的成就	34
1. 算术方面	34

2. 代数方面	34
(四)《九章算术》的意义及影响	35
四、造纸术和漆器工艺	37
(一)造纸术的发明和蔡伦的革新	37
(二)漆器的发展与兴盛	42
五、地理学	46
(一)《汉书·地理志》的编纂	46
(二)秦汉舆地图及测绘技术	48
(三)马王堆汉墓出土的地图	51
1. 地形图	51
2. 驻军图	53
3. 城邑图	56
(四)气象知识	56
六、农艺学	59
(一)重农思想和农学思想	60
1. 重农思想	60
2. 农学思想	62
(二)新型农具与牛耕法	64
1. 赵过	64
2. 铁犁和牛耕法	65
3. 农具	69
(三)《汜胜之书》	71
1. 内容介绍	71
2. 代田法和区种法	75
(四)园艺、养马、蚕桑的发展	78
1. 园艺	78
2. 养马	80
3. 蚕桑	82

(五)水利工程	83
1. 都江堰	84
2. 郑国渠	86
3. 灵渠	87
4. 关中地区农田水利	88
5. 新疆的坎儿井	91
6. 南阳水利	91
7. 汝南水利	92
8. 治黄事业	93
9. 鉴湖水利	96
10. 其它水利工程技术	97
七、我国临床医学理论的奠基时期	99
(一)秦汉医药学概述	99
(二)病历的首创者淳于意	101
(三)《神农本草经》	102
(四)医圣张仲景与《伤寒杂病论》	104
(五)神医华佗	113
八、冶铁业的成熟	120
(一)生产工具和兵器铁器化的完成	120
(二)冶铁新技术	122
(三)炒钢、百炼钢和铸铁脱碳钢技术	127
九、建筑、交通、纺织及其它技术	134
(一)秦汉长城	134
(二)木结构与砖结构技术	136
(三)驰道与栈道	138
(四)船舶技术	139
(五)纺织	141

1. 纺织业的发展	141
2. 秦汉时期的纺织技术	143
3. 纺织机械	147
(六) 其它技术	149
1. 秦汉桥梁技术	149
2. 制镜技术	151
3. 其它技术	152
十、学术思想对科学技术发展的影响	155
(一) 董仲舒的“天人感应”说和谶纬之学的盛行	155
(二) 扬雄及其《法言》	158
(三) 桓谭及其《新论》	160
(四) 王充及其《论衡》	161
十一、中外科技文化的交流	166
(一) 中外贸易交通	166
1. 海路交通	166
2. 陆路交通	167
(二) 科技文化的交流	168
1. 汉代纺织品的外传	168
2. 中外科技文化的交流	172
十二、结 语	175

一、秦汉科技概述

秦灭六国，结束了诸侯长期割据的局面，公元前 221 年建立了我国历史上第一个统一的、多民族的、中央集权的专制主义国家。秦始皇废除分封制，建立郡县，统一货币和度量衡，统一文字和车轨，下令摧毁战国时代在各国边境所修筑的城郭，拆除了在险要地区建立的堡垒，大规模移民于西北与五岭等边远地区，修筑堤防，疏浚河道，兴建驰道、栈道，整治长城。这些措施对巩固全国的统一，加强中央集权的统治有着重要的意义，对生产的发展和科学技术的交流也产生了积极的影响。但是由于秦王朝对人民进行残酷的压迫和剥削，滥用人力和物力，并实行严厉的思想统治，焚书坑儒，致使民怨沸腾，在人民起义的猛烈冲击下，很快就灭亡了。

汉承秦制，西汉初年继续采取巩固和发展封建制的措施，实行“休养生息”的政策，提倡农桑，鼓励增殖人口和开垦土地，减徭薄赋，使经济得到恢复和发展。汉文帝、景帝时期出现了“治世”的兴盛景象，据《史记·平准书》记载，文景之世“京师之钱累巨万，贯朽而不可校。太仓之粟，陈陈相因，充溢露积于外，至腐败不可食”。同时在思想领域里打破了秦时的思想禁锢，战国时期百家争鸣的余波仍在荡漾。这些对生产和科学技术的发展都提供了有利条件。长沙马王堆西汉墓出土的各种精美文物，正

反映了西汉初年科学技术发展的景象。

汉武帝时,实行盐、铁、酒等官营政策,大大增加了中央的财政收入,对农业生产和钢铁生产的发展以及冶铁技术的进步有一定积极意义;实行“罢黜百家,独尊儒术”的政策,主张“天人感应”的神学目的论,加强了思想统治。为巩固国家的统一,汉武帝北击匈奴,并开发西南,开辟通往西域的“丝绸之路”,既促进了国内各民族间的交流,又加强了中外经济和文化的交流。汉武帝还施行“垦荒戍边”、“寓兵于农”的政策,对繁荣边区经济和科学技术的传播起了很好的作用。

汉武帝重视农业生产和水利灌溉,他认为:“农,天下之本也。泉流灌溉,所以育五谷也”,“通沟渎,畜陂泽,所以备旱也”(《汉书·沟洫志》)。在他统治期间,造成了“用事者争言水利”(《史记·河渠书》)的局面,一批大型的水利工程先后筑成,中小型水利工程的兴建不可胜数,出现了我国古代水利史上罕见的盛况。他任用比较熟悉农业生产的赵过为搜粟都尉,推广耧(δu,音偶)犁和楼车,在西北部分干旱地区施行较先进的“代田法”。又令全国郡守派遣所属县令、三老、力田、乡里老农,到京师学习耕作的耕作技术。这一系列措施,对于当时农业生产和水利工程技术、农业科学技术水平的提高,都起着重要的作用。这一时期粮食亩产比汉初有较大增长,水利工程中井渠法(即坎儿井)的发明等等,都说明了这个问题。

为了加强中央集权,扩大西汉王朝的统治基础,汉武帝颁行了一套新的选用官吏制度,注意选拔人才,充实官僚机构。太学的兴办和各种人才的选拔,对于文化的传播和提高产生了积极的作用。在人才的选用方面,也包括了科技人才的选用。如《太初历》的制定,就是在由民间征募来的20多名天文专家的参与

下完成的。在推广新式农具时，也征用了各地的能工巧匠，等等。

汉武帝统治时期，是我国科学技术史上一个重要的发展时期。这个时期，是社会经济有较快的发展的时期，但却由于武帝好大喜功，连年发动战争，加之统治者的挥霍浪费，几乎将人民创造的财富消耗殆尽。在民怨沸腾的情况下，汉武帝不得不下轮台罪己之诏，宣布：“当务在禁苛暴，止（废除）擅赋，力本农”（《汉书·西域传》），表示与民更始，发展生产，与民休息。汉武帝死后，昭帝、宣帝相继当政，由于汉武帝晚年和昭、宣二帝采取了“轻徭薄赋，与民休息”的政策，才使昭、宣时期的社会又暂趋安定，社会生产和科学技术才得以保持继续发展的势头。刘向评论汉宣帝时称赞他“政教明，法令行，边境安，四夷清，单于款塞，天下殷富，百姓康乐，其治过于太宗（文帝）之时”（《风俗通·正失篇》）。

西汉末年，皇室、贵戚、官僚和豪强地主依仗政治、经济特权，疯狂地兼并土地，强占民田，加速了农民的破产流亡。而统治集团的荒淫腐朽，弄得国库空虚，民穷财尽。社会危机越来越严重。虽经王莽改制，但却没有挽救社会危机，相反，频繁的战争，沉重的赋税征发，残酷的刑法，使得百姓“力作所得，不足以给贡税。闭门自守，又坐邻伍铸钱挟铜。奸吏因以愁民，民穷，悉起为盗贼”（《汉书·王莽传》下）。人民已无法生活，更谈不上发展科学技术。终于爆发了赤眉、绿林农民大起义，沉重地打击了豪强势力。

在这一革命浪潮的冲击下，新建立的东汉政权接连颁布许多道有关部分 免奴婢和提高奴婢地位的诏书，并安辑流民，组织屯田，对生产关系作了部分的调整，有利于生产力的解放与发展。东汉前期，农民的租税徭役相对减轻；在农田水利事业的兴建方面，不仅修复和扩建了许多已埋废的陂塘，而且又新修了一

批水利灌溉工程,特别是汉明帝时期,较好地对黄河进行了治理;农业技术基础得到了加强,农耕工具、灌溉工具、农产品加工工具都比以前有所进步;这些使得社会经济得到恢复和发展。由于东汉政府注重选拔人才,涌现出了以张衡为代表的一大批科学家,科学技术也很快恢复并且超过了西汉时期的水平。

在这时期的科学技术中,耕犁得到改进,牛耕技术也受到了普遍的重视,精耕细作的经营方法得到大力推广。铁制农具已经普及,从而也推动了冶铁技术的改进,南阳地区的冶铁工人发明了水力鼓风炉(水排),利用河水冲力转动机械,这是冶炼技术上的一大进步,冶铁效率和铸造技术都有了进一步的提高。纺织技术也有重大进步。而造纸业的发展,造纸技术的重大突破,更对中国和世界科学文化的发展,作出了伟大贡献。天文学也有进一步的发展。因此,继汉武、昭、宣时期科技发展的第一次高潮后,在这个时期出现了科技发展的第二次高潮。

思想上,董仲舒“天人感应”的神学体系,在东汉前期更被典范化和宗教化,谶纬之说极为流行,具有和经学同样崇高的学术地位。另一方面,与之相对立的思想也在发展,出现了杨雄^①、桓谭、王充以及张衡等一系列杰出人物,形成了“两刃相割”、“两论相订”(《论衡·案书》)的激烈论争。这是中国古代著名的一场反对天人感应论、反对谶纬迷信说的论争,这场论争对于科学技术的发展是十分有利的。

科学技术的发展有自身的规律性,有一个积累、提高和总结、飞跃的过程。东汉前期科学技术出现的一系列进步是在西汉以来长期积累、提高的基础上实现的。如历法、天文仪器的改进

^① 杨雄,即扬雄。《汉书》作扬雄。经清人段玉裁考证,“扬”应作“杨”。

以及天文学其它方面的进步,都有一个发展的过程;造纸术的改善也有一个摸索的过程;等等。

东汉后期,统治者日趋腐朽,统治阶级内部有党锢之祸,阶级矛盾也进一步激化,导致了黄巾起义。但在医学上却出现了张仲景的《伤寒杂病论》这样的巨著,奠定了我国传统医学的理论基础,而华佗更以外科手术、方药、针灸等精湛医术,流传千古。这除了战乱与疫病蔓延的直接刺激外,主要同医药学知识的长期积累有密切关系。同样,这时的天文学亦趋活跃,长期天文观测资料的积累是其主要原因之一。

古希腊的亚历山大里亚时期约与我国战国晚期和秦汉时期相当,这一时期的后期,在古希腊出现了托勒玫(Ptolemaens,约公元90—168年)、盖伦(Galen,公元129—199年)等著名的科学家,他们在天文学、医学等领域进行了总结,形成了古希腊天文学、医学的独特体系。可是他们又是古希腊科学的终结的代表人物,在他们之后,科学的发展几乎陷于停顿,进入中世纪以后更是如此。而东汉时期的张衡(公元78—139年)、张仲景(公元150—219年)也在天文学、医学等领域有很高的造诣,为我国古代天文学、医学体系的建立作出了重要的贡献。他们又是继往开来的人物,在他们以后,科学技术均得到持续不断的波浪式的发展,并逐渐形成了自己的高峰。在秦汉时期,我国在许多科技领域已经超过了古希腊的水平,在中世纪以后,我国古代科技更处于领先地位。

二、我国古代天文学体系的形成

(一) 历法体系的形成

1. 秦代历法

战国末期齐国人邹衍等倡立五行学说，论著终始五德之运，他认为周朝是火德，替代它的必须是水德。秦统一中国后，认为秦以水德代替周火德，遂采用颛顼历，相应地改变正朔，在历日制度上作了一些改革。汉代秦，对于秦朝制度，很少改革。因此，汉初仍继续沿用颛顼历。颛顼历和黄帝历、夏历、殷历、周历、鲁历等六历，是我国最古的历法，创立于公元前约四世纪，它的回归年采用 $365\frac{1}{4}$ 日的长度。由于秦始皇焚书，六历原本早已失散；其法散见于各史志及纬书子书等，这些一鳞半爪的资料，只是这些历法的印象，学者早已加以怀疑。

从秦始皇二十六年（公元前 221 年）到汉武帝元封七年（公元前 104 年）五月，共 117 年用颛顼历，十月为每年的第一个月，仍称十月而不称正月；第四个月，秦朝因避始皇名讳称端月，汉代则改称正月；最后一个月叫做九月，《史记》中《秦始皇本纪》从

二十六年起,秦二世和汉高祖、吕太后、文帝、景帝各本纪中,史事发生年月,完全按照冬、春、夏、秋的顺序排列。

汉文帝十四年(公元前166年)鲁人公孙臣上书说,汉代秦,应该改变正朔、服色制度,丞相张苍坚持汉朝也是“水德”,不宜改变秦朝制度,所以没有采用公孙臣的建议。秦及汉初规定十月朔日举行一年开始的朝贺大典,月名和四季名称一律照旧。

汉初使用从十月朔日开始的历日制度,随着农业生产的发展,显然渐觉这种政治年度和人们习惯通用的春夏秋冬不合。于是大中大夫公孙卿、壶遂、太史令司马迁等建议修改历法。同时汉初以后,人们对于天象观测和天文知识,确有些进步,这为修改历法创造了良好的条件。武帝元封七年(公元前104年)十一月初一恰好是甲子日,又恰交冬至节气,是一个难逢的机会。这年五月,汉武帝命公孙卿、壶遂、司马迁等人“议造汉历”,并征募民间天文学家20余人参加,其中包括治历邓平、长乐司马可、酒泉郡侯宜君、方士唐都和巴郡落下闳等人。他们或作仪器进行实测,或进行推算计算,对所提出的18种改历方案,进行了一番辩论、比较和实测检验,最后选定了邓平、落下闳提出的八十一分律历。把元封七年改为太初元年,并规定以十二月底为太初元年终,以后每年都从孟春正月开始,到季冬十二月年终。这种历法叫做太初历,它是我国最早根据一定规制而颁行的历法。从改历的过程我们可以看到,当时朝野双方对天文学有较深研究者,可谓人才济济。特别是来自民间的天文学家数量之多,说明在社会上对天文学的研究受到广泛的重视,有着雄厚的基础。我国古代制历必先测天,历法的优劣需由天文观测来判定的原则,这时就

已得到了确认和充分的体现,这对后代历法的制定产生十分深远的影响。它的制定是划时代的。

太初历的基本常数是,一朔望月为 $29\frac{43}{81}$ 日,所以叫做八十一分法,或八十一分律历。这个朔望月的日数比战国时期四分历的朔望月日数更大,当然是不够精确的,但太初历的颁布施行是经过考验的。昭帝元凤三年(公元前 78 年),太史令张寿王反对施行太初历,主张用殷历。经考验后,因殷历疏远而仍用太初历。

太初历已具备了气朔、闰法、五星、交食周期等内容。它首次提出了以没有中气(雨水、春分、谷雨等十二节气)的月份为闰月的原则,把季节和月份的关系调整得十分合理,这个历法在农历(夏历)中一直沿用到现在。太初历还第一次明确提出了 135 个朔望月中有 23 个食季的食周概念,关于五星会合周期的精度也较前有明显提高,并且依据五星在一个会合周期内动态的认识,建立了一套推算五星位置的历法。这些都为后世历法树立了范例。

太初历的原著早已失传,西汉末年,刘歆基本上采用了太初历的数据,据太初历改为三统历。它被收在《汉书·律历志》里,一直流传至今。实际太初历以改元而得名,而三统历是以法数而得名。刘歆把邓平的八十一分法作了系统的叙述,又补充了很多原来简略的天文知识和上古以来天文文献的考证,写成了《三统历谱》。《三统历谱》以统和纪为基本,统是推算日月的躔(chán,音缠,日月运行时经过某一区域)离,纪是推算五星的见伏。统和纪又各有母和术的区别,母是讲立法的原则,术是讲推算的方法。所以有统母、纪母、统术、纪术的名称;还有岁术,是以推算岁星(木星)的位置来纪年;其他有五步,是实测五星来验证立法的

正确性如何；此外，还有“世经”，是考研古代的年，来证明它的方法是否有所依据。这些就是《三统历谱》的七节。这部历法是我国古代流传下来的一部完整的天文著作。它的内容有造历的理论，有节气、朔望、月食及五星等的常数和运算推步方法；还有基本恒星的距度，可以说含有现代天文年历的基本内容，因而《三统历谱》被认为是世界上最早的天文年历的雏形。

依据三统历所讲的根数和原则推算气朔的条件，都已齐全。就推算气朔一方面来讲，其出发点在于规定一月的日数为 $29\frac{43}{81}$ 日；其余日数，则反面是从这朔推出或迁就而得的。即三统历先议定：

$$\text{一月的日数} = 29\frac{43}{81} = \frac{2392}{81} \text{ 日}$$

由于十九年七闰，所以：

$$\text{一岁的月数} = 12\frac{7}{19} = \frac{235}{19} \text{ 月}$$

因而：

$$\text{一岁的日数} = 365\frac{385}{1539} = \frac{562120}{1539} \text{ 日}$$

这个一朔望月的日数，一回归年的月数和日数都嫌太大些。

$$1 \text{ 章} = 19 \text{ 年} = 235 \text{ 月}$$

在这个周期，朔旦冬至复在同一天。

$$1 \text{ 统} = 81 \text{ 章} = 1539 \text{ 年} = 562120 \text{ 日} = 19035 \text{ 月}$$

在这个周期，朔旦冬至复在同一天一夜半。

$$1 \text{ 元} = 3 \text{ 统} = 4617 \text{ 年}$$

在这个周期，朔旦冬至又复在甲子那天的夜半。因为一统的日数是 562120 用 60 来除，还剩 40。所以若以甲子日为元，则一统后得甲辰，二统后得甲申，三统后才复得甲子。这就是“三统”名称

的由来。这个元法 4617 以 60 除不尽,所以元首的年名,不能一样。

三统历的元首,设在汉武帝元封七年岁前仲冬甲子,据《汉书·律历志》所载,当时曾实际观测,得到这天朔旦冬至,所以改元封七年为太初元年。古人除了甲子夜半朔旦冬至之外,还要配合日月合璧和五星连珠的周期,所以三统历又立 5120 元即 23639040 年的大周期,其起首叫做“太极上元”。并定太初元年上距太极上元的积年为 143127 岁,即在大周中已过了三十一个元法。

三统历是我国首先使用交点年和恒星月的历法。它的置闰方法是先定闰余,闰余是所求年前冬至距前朔得朔实(一月的日数)十九分之几分。例如一年是 $12\frac{7}{19}$ 月,每年多 $\frac{7}{19}$ 月,三年为 $\frac{21}{19}$ 月,即 $1\frac{2}{19}$ 月。这样第三年就是闰年十三个月,而多余的 $\frac{2}{19}$ 月,即闰余。倘闰余满十二以上,则冬至以后一年内有闰月;盖因一年的月数假定为 $12\frac{7}{19}$ 月,而冬至前已有余数 $\frac{12}{19}$,则至次年冬至之前,必已积至一个朔实以上。求年中闰月的位置,则以两合朔间不逢中气为原则,就是所谓“朔不得中,是为闰月”,意思甚为明显。

太初历把一回归年平分为二十四气,接连二气之间,相隔 $15\frac{1010}{4617}$ 日;二十四气名称顺序和《淮南子·天文训》所载的相同。并称从冬至起,奇数次的气,如大寒、雨水等为中气;偶数次的气,如小寒、立春等为节气。而在《三统历谱》中,则把雨水和惊蛰二气次序颠倒,清明和谷雨二气次序颠倒,其他各气次序没有改变。(这四个节气次序的改变,是由于刘歆本人的偏见,而不是

当时人们遵行的历法)。

太初历的制定是以天文观测记录为依据的,是与生产实践相结合的,它的内容比过去的颛顼历丰富得多。《三统历谱》中所叙述历法的天文数据和运算推步方法,都是合乎科学的,成为后世历法的范例。但是,西汉时期逞才邀宠的士大夫,大都利用经术来粉饰各种制度,刘歆为了支持王莽的托古改制,也特意利用《易经·系辞传》来解释太初历的天文数据。这样假借经传来穿凿附会,使天文科学染上神秘的色彩,开 2000 年来术数家所走歧途的先例,而和科学背道而驰,至为可惜。

王莽篡汉时候,以夏正十二月为正月,以它为岁首;而历法的常数,仍用三统历的数值。东汉初期也用三统历,太初历从太初元年(公元前 104 年)行用到东汉章帝元和元年(公元 84 年),共行了 188 年。

太初历施行 100 多年后,到东汉初年,人们发现日月合朔常在历书上朔日之前,月食日期,也比太史预推的早一日,东汉光武帝(公元 25—57 年)时,虽已建议改历,但到章帝元和二年(公元 85 年)才废止太初历,重订四分历并颁布施行。

东汉四分历的基本常数即岁实和朔策,与战国时期的四分历相同。

$$1 \text{ 回归年} = 365 \frac{1}{4} \text{ 日}$$

$$1 \text{ 朔望月} = 29 \frac{499}{940} \text{ 日}$$

东汉四分历以文帝后元三年庚辰(公元前 161 年)“冬十有一月甲子夜半朔旦冬至”为历元,这样就校正了太初历施行 100

多年后所发生的“后天”现象。它又从庚辰年上推两元即 9120 年（公元前 9281 年），作为日月食和五星循环周期的开始。又如二十八宿距星间黄赤道度数，二十四气的昏正中星，昼夜漏刻和八尺表日中影的长短等等，这历都载有当时实测的记录。东汉四分历叫做庚申元历。

东汉天文学家不但重视实际观测和前代天文记录，还要同一般迷信纬书、图讖的人们展开斗争，为中国天文学的发展，建立一个良好的开端。这时天文学的进步，给后来制定历法以划时代的影响，如月行速度的迟疾和漏刻的革新是其主要者。

东汉在元和改历以后，屡提改历论，而其议论中心，始终是关于历法的细枝末节，并没有谈到问题的核心。因而仍以支持四分历的人居多，终东汉之世，没有再行改历。

东汉四分历是经过长时期的实测酝酿而制定的。除了有关测定恒星的记录外，还有二十四节气的测定太阳的三种记录：

a. 日所在黄道去极度即太阳距离北天极的度数，是用浑仪测定的；

b. 晷景，即太阳经过子午线时表影的长度，是用圭表测定的（汉代表高为八尺）；

c. 昼夜漏刻是漏壶测定的，昼漏刻等于从日出到日没的时间，再加上五刻，夜漏刻等于一百刻减去昼漏刻。它是我国科学史上最古的、最完整的有关太阳的实测记录，是珍贵的天文史料。

4. 乾象历

乾象历是后汉灵帝光和年间（公元 178—183 年）刘洪所创划时代的历法，它形成一个完整的历法，至迟是在献帝建安十一