

本卷提要

本书以生动的语言介绍了宋辽金夏时期科学技术发展的历史进程及其突出成就。从公元960年到1278年,是我国历史上宋辽金夏几个政权同时并立的时代。虽然这一时期各政权之间战事频繁,但却是我国古代科学技术发展的顶峰时期。震惊世界的四大发明中有三项(火药、指南针、活字印刷)都出现在宋代,它们对世界历史进程的发展及封建后期的中国社会产生了极其深远的影响。这一时期,农业的发展带动了社会经济的繁荣,手工业的高度发展和商业的繁荣大大地促进了科技的进步。印刷、兵器、纺织、制瓷、造船、冶金、土木建筑等行业有了长足的发展,创造了许多世界第一的记录;在天文学、数学、农学、医学等传统领域也同样硕果累累,并涌现了大批优秀的科技人才和传世的科学著作,其中的沈括被誉为中国科技史上最卓越的人物,他的《梦溪笔谈》堪称中国科技史上的里程碑。总之,宋辽金夏时期的中国是当时世界上科技最为发达的国家。

目 录

中国宋辽金夏科技史

一、宋辽金夏科技概述	1
(一)宋辽金夏时期社会变革与朝代兴衰	1
(二)宋辽金夏时期的经济发展与科学技术的杰出成就	4
二、农业技术	10
(一)宋辽金夏时期农业发展概况	10
(二)农业土地的合理使用	12
(三)土壤肥料理论和技术的重大突破	14
1. “地力常新”理论	14
2. 肥源	15
3. 施肥和积肥技术	16
(四)农作制的发展与耕作技术的提高	17
1. 农作制的发展	17
2. 水田、旱田耕作制的提高	18
(五)作物栽培及林、牧、渔等副业技术的发展	20
1. 农作物的栽培技术	20
2. 园艺和育蚕技术	21
3. 林、牧、渔等副业技术	23
(六)农具的改进与创新	26
(七)农书和物候历	28
1. 农学家和农书	28
2. 物候历	30

三、水利工程、手工业及兵器工业	32
(一) 水利工程技术的发展	32
1. 农田水利灌溉工程	32
2. 宋金时期治理黄河的河工技术	35
3. 运河工程技术	39
(二) 活字印刷术的发明与雕版印刷的发展	41
1. 活字印刷术的发明	41
2. 雕版印刷术的高度发展	44
3. 独具民族特色的印刷	46
(三) 矿冶业	48
1. 矿业及开采技术	48
2. 冶金技术的发展状况	52
(四) 纺织业	56
1. 纺织业发展概况	56
2. 宋代的纺织工艺	58
3. 纺织机械的发明与应用	64
(五) 火药的发明与兵器工业	66
1. 火药的发明与应用	66
2. 火药武器	68
3. 宋辽金夏时期兵器特点	70
四、建筑技术	72
(一) 宋辽金夏时期建筑技术发展概况	72
(二) 木结构建筑技术	75
1. 宋代的木结构	75
2. 辽代的木结构	78
3. 金代的木结构	83
(三) 砖结构建筑	84
(四) 石结构建筑	88

1. 石塔及石幢、石亭	88
2. 石 桥	89
3. 石海塘	93
(五) 建筑材料的加工、制作	94
(六) 李诫与《营造法式》	96
五、制瓷业及制瓷技术	100
(一) 发展概况	100
(二) 宋代的名窑与名瓷	104
1. 定窑及汝、官窑	104
2. 耀州窑	105
3. 磁州窑	106
4. 钧 窑	107
5. 龙泉窑	108
6. 建窑和古窑	109
7. 景德镇窑	111
(三) 辽、金的瓷窑	112
(四) 瓷器贸易	114
六、天文学成就	115
(一) 天文观测	115
(二) 历法的变迁与发展	117
(三) 宋代的天文仪器	119
1. 浑仪、浑象及水运仪象台	119
2. 漏刻计时及其他	123
七、地理学	127
(一) 地理科学发展特点	127
(二) 地理学及地图学的发展成就	128
1. 全国总图	128
2. 十八路图	129

3. 地形模型图	130
4. 城 图	131
5.《禹迹图》	132
(三)地理学家及其专著	135
1. 乐史与《太平寰宇记》	135
2. 王存和《元丰九域志》	137
3. 程大昌《禹贡论》	138
4. 其 他	140
八、航海及海洋学	142
(一)两宋航海业的盛况	142
(二)指南针与航海技术	143
1. 指南针与海图	143
2. 海底测量	146
(三)宋代的造船技术	147
1. 造船业的发展概况	147
2. 宋代造船技术的突出成就	148
(四)对海洋学的认识	153
1. 沧海桑田	153
2. 海洋占候	154
3. 潮汐与潮论	155
4. 海洋生物	156
九、医药学	158
(一)医药学发展概况	158
1. 医政、药政及医学教育	159
2. 重视医药人才的培养选拔	159
(二)方书、本草的大量涌现	160
1. 官修医著	160
2. 民间医著	162

(三)临床医学的成就	163
1. 诊 断	163
2. 内科与外科	164
3. 妇产科	165
4. 儿 科	166
5. 针 灸	168
6. 解剖及法医学	169
(四)医学理论的发展	169
1. 对张仲景《伤寒论》的重新研究	169
2. 病因病机学	171
3. 运气学说的盛行	172
4. 医学流派的产生	173
(五)著名医家及其专著	174
十、数 学	179
(一)宋代数学发展概况	179
(二)宋代数学发展的最高成就	181
1. 增乘开方法与开方作法本源图	181
2. 天元术	183
3. 大衍求一术	184
4. 隙积术	186
5. 会圆术	188
6. 其 他	189
(三)数学家及其著作	191
1. 秦九韶与《数书九章》	192
2. 杨辉及其著作	193
十一、物理学	196
(一)力 学	196
1. 力的平衡	197
2. 运 动	198

3. 材料和结构	199
4. 机械结构设计中的力学	202
5. 火药武器与火箭喷射推进技术的应用	204
6. 液 体	205
7. 气 体	207
8. 振 动	208
(二)光 学	210
1. 光 源	210
2. 针孔成像	211
3. 球面镜与透光镜	212
4. 影 戏	213
5. 虹、海市蜃楼及峨眉宝光	214
(三)对磁性的进一步认识	215
(四)物质结构	216
(五)传热与保温瓶	217
十二、沈括和《梦溪笔谈》	219
十三、结 语	227

一、宋辽金夏科技概述

(一)宋辽金夏时期社会变革与朝代兴衰

公元959年,周世宗死,其子七岁的宗训继位。公元960年春节,禁军统帅、殿前都点检赵匡胤,借口北汉和辽军南侵,奉令带兵北上,行至东北陈桥驿,发动兵变,黄袍加身,夺取后周政权,史称“陈桥兵变”。建国号宋。公元979年,宋灭北汉,彻底结束了五代十国分裂割据的局面。

北宋统治者因兵变立国,最怕因兵变下台,所以为巩固其统治地位,采取了一系列加强专制中央集权的措施。采取集中政权,防止重臣专权,集中军权、财权和司法权等措施,并发展了科举制度,扩大专制统治基础。但各级政府权力分散,官僚机构行政效率降低,兵将分离,使将帅无权,严重削弱了军队的战斗力,这使整个宋朝在军事和外交上成为一个积贫积弱,苟且偷安的朝代。

契丹是我国北方一个古老的民族,属鲜卑族的一支。唐末,在与汉族接触过程中,受汉族影响,逐渐学会种地、织布、制盐、冶铁、建房和筑城等技术,一部分契丹族人开始农耕生活。公元916年,贵族出身的耶律阿保机统一契丹各部,采纳汉族士大夫

的建议,仿照汉人王朝体制,自立皇帝(辽太祖),国号契丹,又称辽。辽国控制了东到大海,南接河北、山西,西至阿尔泰山,北到蒙古大漠南北、黑龙江流域的广大地区,统治着契丹、汉、女真、回鹘等各族人民。阿保机重视农业和手工业,任用汉族知识分子,制定封建典章制度。他统治末年,契丹有了自己的文字和成文法律。

五代时辽占领幽云十六州。宋立国后宋太宗打算收复失地,高粱河、峻河二次对辽用兵,都大败而归。景德元年(公元1004年)辽圣宗领兵南下,很快攻至黄河北岸的澶州(今河南濮阳)附近。由于宋真宗在寇准等人压力下亲自到澶州督战,宋军士气大振,而辽军主将已死,士气大挫,转而议和。宋辽议定:宋辽以白沟河为界,约为兄弟之国,宋岁输辽银10万两,绢20万匹,作为辽军撤军的条件。史称“澶渊之盟”。

西夏是党项贵族建立的政权。宋太宗时欲消灭夏州的割据势力,李继迁起兵造反,并采取联辽抗宋的策略。宋太宗淳化一年(公元990年)李继迁被辽册封为夏国王,同时也接受北宋封爵。宋仁宗宝元元年(公元1038年),其孙李元昊正式称帝建国,国号大夏,史称西夏。元昊仿效宋朝设立官府,建立官制和兵制,还参照汉文创造了西夏文字,西夏逐渐向封建社会过渡。西夏的疆域,东据黄河,西至玉门关,南临萧关(今宁夏同心南),北控大漠。

李继迁时降时叛,夏宋战争连绵不断。其子李德明改变策略与宋议和,宋每年予银万两,绢万匹,钱2万贯,茶2万斤,维持了约30年和平。元昊称帝后不断发动对宋战争,虽大获全胜,但导致财政困难,于宋仁宗庆历四年(1044年)提出议和,宋每年“赐”西夏银7万2千两,绢15万3千匹,茶3万斤,夏对宋称

臣。此后 20 多年间,西夏与北宋未再兵戎相见。

北宋时期,由于各种社会矛盾日益尖锐,对外是辽夏的战争,内部是王小波、李顺等农民起义不断。为解决严重的政治危机,庆历年间(1043 年),范仲淹提出整顿吏治、培养人才、发展生产、加强武备等改革主张。宋政府推行他的主张,史称“庆历新政”。但由于反对派的攻击和排挤,不到一年,新政便停搁。熙宁元年(1068 年)在“积贫积弱”的严重形势下,宋神宗任用王安石作宰相。在神宗的支持下,王安石设立制置三司条例司,颁行新法,有关财政的有青苗法、免役法、农田水利法、方田均税法、市易法、均输法;强兵的措施有将兵法、保甲法、保马法。另外,还置军器监,改善军队装备。王安石新法,在富国强兵,发展生产方面取得了一定成就,但由于触动了官僚豪绅的既得利益,遭到反对和排挤。元祐元年(1086 年)司马光任相,废除新法,变法失败。

女真族是一个有悠久历史的民族。公元 1113 年,完颜阿骨打任女真部落联盟的首长,反抗辽国的奴役压榨。公元 1115 年(宋徽宗政和五年)阿骨打称帝(金太祖),国号大金。金建国后,参照汉字和契丹文字创制女真文字,曾用来翻译汉文典籍。金继续对辽作战。公元 1125 年,辽亡。辽宗室耶律大石率部迁至中亚,于 1131 年称帝,占据今新疆吐鲁蕃以西至中亚阿姆河一带,史称西辽。金军灭辽后继续南侵,靖康二年(1127 年)汴京被金军攻下,北宋灭亡,史称“靖康之难”。

靖康之难后,宋朝的官员立赵构为帝(宋高宗)于今河南商丘,随后定都临安(杭州),史称南宋。南宋不断受金兵威胁。北方人民纷纷抗金,最著名的是岳飞的抗金斗争。南宋政府一心求和,在高宗绍兴十二年(1142 年)以莫须有罪名杀害岳飞等人,并签订了屈辱投降的和约,宋向金称臣,岁纳贡银 25 万两,绢

25 万匹，宋金疆界东以淮水，西以大散关为界，并割唐、邓二州及商秦二州之半予金。

公元 1206 年（南宋开禧二年），铁木真统一全蒙古，建国，称号为成吉思汗。从 1212 年始蒙古军不断攻取金。1232 年蒙古联合宋灭金，1234 年结束金朝在北方 120 年的统治。

成吉思汗死后，统治阶级内部进行王位之争。公元 1264 年忽必烈取得完全胜利，1271 年改国号大元，迁都大都（北京）。元从 1261 年对宋开始全面进攻，至 1278 年元已基本上征服各地，南宋只有少部在东南沿海抵抗。1279 年南宋水军失败，赵昺投海而死，至此，南宋灭亡，历九帝，共 153 年。

（二）宋辽金夏时期的经济发展 与科学技术的杰出成就

唐末的农民战争打击了地主阶级中最腐朽的势力，调整了土地的占有关系，自耕农的数量有所增加，佃户对地主人身依附关系进一步削弱。北宋的统一，结束了分裂割据的局面，促进了各地劳动技术和生产经验的交流。宋代社会经济关系出现了新的变化，地主以购买方式占有土地，实物地租取代劳役地租成为剥削的主要方式，一定程度上有利于提高农民生产的积极性，促进了社会经济较快的发展。

在农业方面，各地农民更加注意精耕细作和推广生产经验。在农业实践中，劳动人民改进和创造了不少生产工具，如除草用的弯锄，碎土用的铁耙，安装在耒耨脚上的铁犁铧，在北宋的中原、华北都已普遍使用。湖北鄂州地区农民还创造了插秧用的“秧马”。南北方的生产经验得以交流，江北的粟（谷子）、麦、黍

(黄米)、豆等品种推广到江南、福建、广东等地,江北广泛地种植水稻。从越南引进的占城稻,也推广到江淮一带,并逐渐推广到北方。经济作物中,茶的种植比以前更普遍。

北宋时期,劳动人民还创造和推广了一些开辟耕地的新技术,在山坡上开出梯田,在江海岸边开出沙田等等。从河北到江南,普遍恢复、兴修了不少水利设施,特别是江南的圩田,稻田产量高达三石之多。这一时期出现了较为兴旺的景象。

在农业发展的基础上,北宋的手工业,如矿冶、纺织、制瓷、造船、造纸等行业都有了显著的发展。

矿冶业在北宋时发展较快,煤已大量开采,煤不仅供作民间燃料,还被广泛地用于冶炼钢铁。用煤炼铁温度高,改进冶铸技术,提高铁的质量,对于改善农具和精制兵器都起了很大作用。北宋中期,铁年产量已有 800 多万斤。此外,江西信州铅山还盛产铜、铅,广东韶州产铜、铅、锡、银等,两处都有 10 多万人经常采矿。

纺织业以丝织为主。丝织的种类繁多,仅锦一项就有 40 多种花色品种。丝织技术有很大提高,如定州的缣丝,用各种色线,经纬交织成纹,作出花鸟禽兽各种图案,栩栩如生。单州(今山东单县)的薄缣,每匹重仅百铤(百铤合 4.125 两),望之如雾。这时已出现一些独立丝织业作坊,称作“机户”。湖广地区棉麻纺织也日渐发展,印染业也较前发达。

北宋的制瓷业在唐、五代的基础上有突出的发展和成就。定州的定窑、汝州的汝窑、汴京的官窑、禹州的钧窑、浙江龙泉的哥窑,合称五大名窑。其瓷器制作精巧,质地细薄,各具特色。江西新平镇,于宋真宗景德元年改名景德镇,设官窑,所产瓷器有“假玉”之称,色泽柔润,驰名中外,后来发展成为著名的瓷都。它们

的产品,不仅行销国内,还大量出口远销到朝鲜、日本、南洋、印度及阿拉伯、土耳其、非洲一带。

造船业在北宋也很发达,当时在汴州、温州、明州等地设有造船务,每年制造漕运船 3000 多艘;还能制造重量 1000 多吨的大海船。这时的海船,体积大,构造坚固,便于远航,再加上指南针导航,是当时世界上最先进的海船。

北宋灭亡后,宋室南渡。南宋的统治区域比北宋少了一半。但由于农业生产最丰富的江、淮、湖、广诸地都在长江以南,北方的工匠纷纷南迁,南宋军民的抗金斗争保障了社会的安定,这使南宋的社会经济进一步发展,使南方逐渐成为我国的经济重心。

由于北方农民的南迁和江南农民的辛勤劳动,南宋在农田开垦、水利灌溉和农业生产技术等方面,都有了新的发展。特别是南宋政府为了增加赋税收入,采取了发展农业的措施,奖励州县官兴修陂塘堤堰等水利灌溉工程,重视圩田的管理;南宋的水利灌溉面积圩田面积有很大增加。南宋初期的 50 年内,各地兴修和修复的水利工程,湖南漳州的龟塘,可灌田万顷;兴元府的三河堰,可灌田 9300 多顷,安徽芜湖的万春圩有田 127000 亩,成化圩,有土地 880 余顷。圩田修有高厚的圩岸,可使水稻旱涝保收。太湖流域可一年两熟。此外,药田、沙田、梯田、涂田等也大量开垦。农业生产技术以江浙一带及四川最为先进,江浙农民深耕熟耨,使土细如面。耕作时使用的犁铧,有尖头的和圆头的。还有一种删刀,专门破除杂草根茎。农业技术和工具的改进,更促进了江南农业的发展。

随北人南迁,南方麦的种植也逐渐普遍,棉花的种植也进一步推广。植棉区由两广、福建扩展到长江流域和淮河流域,此外,茶和甘蔗等经济作物的栽培也在江南更为普遍地发展起来。

南宋的制瓷、纺织、造船业等比北宋有进一步的发展,生产技术有新的提高。

制瓷业和纺织业在南宋手工业中占重要地位,瓷器和纺织品是南宋重要的出口物资。临安凤凰山下的官窑所制瓷器极其精致,釉色莹澈,制瓷中心景德镇的制品有“饶玉”之称,浙江龙泉的哥窑所产带碎纹的青瓷,也奉为上品。纺织业的最重要发展是棉纺织业。随棉花种植推广,棉纺织业得以普遍发展,棉布逐渐成为人们主要的衣着原料,当时江南不仅能织布,并能织棉毯。丝织技术也有新的提高,苏州、杭州、成都设有规模宏大的官营织锦院。水转大纺车、提花机已普遍使用,大大提高了生产效率。

为了适应海外物资交流,造船业极为发达。明州、泉州、广州等造船中心常造可载五六百人的大海船。南宋海船采用水密隔舱,载重量在 200 吨以上。南宋时还制造车船。车船装有轮子用脚踏轮,激水而行,快速如飞。技术十分高超,是现代轮船的“鼻祖”。

在辽代统治的 200 多年间,由于各族人民的辛勤劳动与开发,其社会有一定的发展。辽的经济以畜牧业为主,农业有一定发展。辽迁移汉人和渤海人到适宜耕种的地区,下令“劝农桑,教纺织”,还奖励垦荒,都促进了农业的发展。

辽的手工业以矿冶、制陶、纺织业较为发达。冶铁业在辽兴办较早,在今鞍山就曾发现辽代矿坑,深达 18 米以上。辽代所制陶瓷制品中,有单色釉陶瓷器,还有三彩釉陶器,直接继承和发展了唐代的陶瓷业传统。辽的纺织业在汉人集中的地区较为发达,并且有纺织绫锦的作坊,其所出的绢帛曾作为礼品送到宋朝,物品极为精美。

金朝灭亡北宋,统治北方。随着社会安定,战争的减少,北方的社会经济有一定的恢复和发展。

金朝的统治者很注意发展东北的农业生产。公元1115年,女真人使用从辽朝缴获的耕具进行生产。金统治者还采取“实内地”政策,把北方的汉人,契丹人迁移到东北,和当地女真人共同劳动,使东北地区的农业有所发展。中原地区由于采取鼓励开垦荒地的政策,垦田和耕地面积有所扩大,产量也不断提高。

手工业在矿冶、陶瓷、印刷等方面也有了恢复和发展。在今山西、河北、河南、黑龙江等地有冶铁业生产,并有金、银、铜的冶炼,煤矿在东北、河南、河北有开采,陶瓷器在辽、宋的基础上,较为发达。北宋时期的名窑如定窑、磁州窑、耀州窑也陆续恢复生产,但烧造技术及瓷器品质已逊于北宋。金代的雕版印刷业以平阳府(今山西临汾)水平最高,以《金刚经》、《大藏经》闻名,其雕刻技术可与宋代媲美。

此外还有很多居于世界首位的发明创造。宋辽金夏的科技成就达到了历史最高水平。

我国的四大发明早已誉满全球,其中3种发明于宋代,它们是活字印刷术、火药和指南针。培根1620年在他的《新工具书》一书曾写道:“这三种东西曾改变了整个世界的面貌和状态。第一种在文学方面,第二种在战争方面,第三种在航海方面。由此产生了无数变化,这种变化如此之大,以至没有一个帝国、没有一个教派、没有一个赫赫有名的人物,能与这三种机械发明在人类的事业中,产生更大的力量影响。”^①1861年马克思对三大发明做出了更高的评价。他说:“火药、指南针、印刷术——这是预

^① 《新工具书》,商务印书馆1936年版,第114页。

告资产阶级到来的三大发明。火药把骑士阶层炸得粉碎，指南针打开了世界市场并建立了殖民地，而印刷术则变成了新教的工具和科学复兴的手段，变成对精神发展创造必要前提的强大杠杆。”^①这三大发明在中国历史进程中所起的作用并不十分显著，但它们通过阿拉伯人传入欧洲后，大大推进了世界历史的进程，对历史发展及人类的文明做出了极其伟大的贡献。

宋仁宗庆历年间(公元1041—1048年)，布衣毕升发明了活字印刷术。他使用胶泥烧制的泥活字，这是世界上最早的活字印刷，比欧洲早400年，是印刷史上的一大革命，也是我国劳动人民对世界文明的重大贡献。

最早的指南针“司南”，早在汉代就出现了，但指南效果并不理想。到了北宋时，人们已经掌握了利用天然磁体进行磁化的技术，并用它制造指南针。11世纪指南针已普遍用于航海，对中外文化交流和海上交通起了极重要的作用。

火药的发明与炼丹有关，其最初配方源于唐初孙思邈的“伏硫黄法”，但火药的科学配方和大量应用于军事是在宋代。宋初，首都开封有专门制造火药的作坊，并用火药制造能发射出去的燃烧性火器。到了南宋经过改进，发挥了火药的爆炸性，发明了“铁火炮”、“震天雷”，继而又发明了称为“突火枪”的管形武器，这是世界上最早的原始步枪，它的出现，标志着划时代的进步。火药由阿拉伯人传到欧洲，欧洲人使用火器比中国晚300多年。

宋辽金夏时期(公元960—1278年)在数学、天文、医学、地理等方面都取得了许多令人瞩目的科技成就。

① 《机器，自然力和科学应用》，人民出版社1978年版，第67页。

二、农业技术

(一)宋辽金夏时期农业发展概况

中国的华北地区,经过唐末及五代封建割据势力的兵战,农业生产及农田设施受到很大的破坏。北宋建国后,与居东北、西北的契丹、女真等族边界战事不断,全国的经济重心南移,依赖漕运南方的粮食及其他资源。到了南宋偏安江南,其政治、经济重心完全移到江南,完全依靠江南已有的和增加的农业生产以及其他财富资源,以供应人民所需及军费开支。这一时期南方的农业生产突飞猛进,水平已远远超过北方。北宋初期几年,一直采取轻赋薄敛的政策,招流垦荒,鼓励耕种,有时还放贷牛、农具和种子,定期分限缴还;设立农官、农师、发挥地方官对农业的督促作用,指导农事进行,并大力推广农具。真宗时还曾暂停熟铁不准过黄河的禁令,以满足制造农具之需。这些政策措施对迅速恢复、扩大耕地,发展农业生产有积极的推动作用。

宋神宗、熙宗年间,王安石推行新法,实行改革,促进农业发展。如青苗法,规定每年夏秋收获前由政府贷钱或粮给农民,限制了富户对农民高利贷的剥削;方田均税法按土地优劣定税额,使政府的田赋收入有了保证;实施农田水利法,全国兴建水利设