

【历史学研究】

# 宋元时期科技发展的成因

## ——宋元数学发展之诱因

杨合俊

(长安大学理学院, 陕西西安 710064)

**摘要:**考察宋元时期社会经济发展、科教文化政策,进而追溯宋元数学发展的诱因,研究认为,导致宋元数学发展的诱因有三个方面:一是朝政唯才是举,提高了学者的社会地位及数学的学术价值;二是经济的发展,商业、手工业的繁荣,海外贸易的发达,这是促进科学乃至数学发展的社会动力;三是崇尚“格物致知”的学术自由探求之风,从而引导数学走向高层次的理论研究。

**关键词:**历史学;宋元数学;数学教育;科教政策;理学思潮

中图分类号:O112

文献标识码:A

文章编号:1671-6248(2006)04-0077-05

## Reasons for the development of Song-Yuan science and technology

### ——Reasons for Song-Yuan mathematics development

YANG He-jun

(School of Science, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

**Abstract:** In this paper, the author analyzes the economic development, the policy of the education and the science in the Song-Yuan period, studies the reasons of Song-Yuan mathematics climax, and discovers that there are three reasons for the great progress of Song-Yuan mathematics; the first is the court's recognition and appointment of the persons with ability of mathematics, which improves the status of the scholars and the mathematics value in all the society; the second is the economic development, the commerce and handieraft prosperity, the trade increase abroad, which has great power to promote mathematics and science; the last one is the thought of "study the phenomena of nature", which induces a high level of mathematics study.

**Key words:** history; Song-Yuan mathematics; mathematics education; science and education policy; thought of lixue

## 0 引言

从北宋年间到元代中期,中国古代科学技术得到长足发展。例如,中国古代四大发明中的三项——指南针、火药和活字印刷术,都是在这时期完成的。而数学方面,更为突出。例如,北宋数学家贾宪发现了“二项式系数表”也称“贾宪三角”,比法国数学家帕斯卡在这一领域的发现早了

600年左右;贾宪的“增乘开方法”也比欧洲同类的鲁菲尼—霍纳法早了近800年;南宋数学家秦九韶创造了“大衍求一术”,而在欧洲直到18、19世纪,才由欧拉和高斯分别于1743年和1801年得到类似的定理;金元之际数学家李冶创造了列方程的方法——“天元术”,与现代代数中的方法类似;元代数学家朱世杰获得了一般高次内插公式,在形式上已与现在通用的格利高里—牛顿公式相

收稿日期:2006-04-30

作者简介:杨合俊(1966-),山西闻喜人,讲师。

一致;朱世杰还把“天元术”发展为“四元术”(四元高次联立方程组)。可见,中国古代数学得到了长足的发展,取得了多项领先于西方世界的成果。但是,自从1303年朱世杰的《四元玉鉴》这一数学巨著问世之后,中国传统数学骤然衰落,以后再也没有达到宋元时期的水平。为什么会这样呢?这实际上是“李约瑟问题”的一个子问题。中国古代有杰出的科学成就,何以近代科学却出现于西方而不在中国?这是英国科学史家李约瑟博士在20世纪30年代提出的。本文认为“李约瑟问题”的答案有以下3个:第一,宋元之后的中国社会仍旧延续封建主义的经济制度,生产力水平低下,难以对科学技术提出更高、更新的要求,因而科学缺乏继续向前发展的动力。第二,明清两代的封建专政统治达到极盛。为了维护封建社会的统治秩序,统治阶级采用程朱理学,束缚人们的思想,大讲封建伦理道德,蔑视科学技术。尤其是1314年恢复的科举考试,逐渐发展为“以四书五经命题、八股文取士”的制度,引导知识分子远离自然科学,宋元数学的一些成果因此失传。第三,中国古代科学技术本身存在着缺陷,就是擅长综合,以联系的观点从整体上把握事物,而缺乏对事物内部诸要素及其相互关联进行具体的、定量的分析;重视实用,轻视理论;重视实践经验的总结,轻视严密的逻辑推理,因而科学技术难以向更高层次发展,难以形成系统理论体系。

关于宋元时期数学高潮产生的原因,前人及当代学者多有论述并提出了诸多观点,主要有以下5个方面:第一,长期数学教育的结果,尤其是官方的数学教育;第二,朝廷的重视;第三,理学的影响;第四,允官;第五,生产力的发展对数学的促进。通过考察宋元时期数学发展的特点,数学家的生平、学术观以及当时的科教文化政策,重新审视了这些观点及其相互关系,本文认为导致宋元数学发展的诱因有以下3个方面:一是朝政唯才是举,提高了学者的社会地位;二是经济的发展,商业、手工业的繁荣,海外贸易的发达,促进科学乃至数学的发展;三是崇尚“格物致知”的学术自由探求之风,引导数学走向更高层次。

## 1 官方数学教育

数学的发展和创新必须要有高水平的从事数学研究的人才,而诞生这样的人才必然伴随着数学教育的发展。不论这样的人才出自官学、私学还是

家学,但是数学上的创新都必然是在继承前人成果上的创新。因而一些学者将宋元数学的发展归结为当时的数学教育,这是合理的;但是有些学者片面地夸大了官方数学教育——算学的作用,这便有失偏颇。事实上,官方数学教育的出发点并不是为了推动数学自身的发展,而是为政府个别部门,尤其是为掌管天文历法的部门所培养的司算官吏。

从隋唐至明清的各代中,以宋代对数学教育是最为重视的,其规模最大,制度也最为健全。然而国子监的算学却是时兴时废,而且并非一直是独立存在的,往往并入太史局。北宋的算学始于元丰七年(1084)<sup>[1]</sup>,此时距北宋建国已有124年了,不幸的是,由于理学家李焘等人的反对,于一年半后废止。后来崇宁三年(1104)又大规模地恢复了算学,并一直延续到北宋朝廷南渡(1127),但仅仅存在了23年。南宋数学家鲍瀚之曾说:“自衣冠南渡以来,此学(算学)既废”<sup>[2]</sup>,可见那时官方算学教育又不存在了。

元代的官学中也曾有过算学的记载,但无论其规模,还是其社会影响,都不及北宋,总体呈衰落之势。而宋元数学却在南宋末年至元代中期达到了最高水平,这与官方算学的兴衰是不同步的。

另外,从数学家的生平来看,宋元时期几乎没有一位数学家是由官方的算学机构培养出来的。而且,宋元时期的主要数学成果都不是由官方的算学机构所创造。这些都说明官方的数学教育并不是宋元数学大发展的原因。

## 2 民间数学教育与研究的蓬勃发展

要探究宋元数学高潮产生的原因,理应考察这一时期数学家的生平,结果发现:他们的数学基础知识几乎都来源于私学。所谓“私学”,就是由饱学之士以私家身份所从事的收徒授知行为,属于民间性质的教学。另外,有些数学家自己也从事数学教育工作,甚至以数学教育为职业。例如,金元时期的数学家李冶在封龙山收徒讲学;南宋数学家杨辉还制定了详细的数学教学大纲;元代数学家朱世杰“以数学名家周游湖海二十余年”,“踵门而学者云集”<sup>[3]</sup>。由此可见,南宋末年至元代中期民间的数学教育是很兴旺的,学习数学相当热门,从事数学教育应该是很不错的工作。

贾宪是宋元数学高潮的主要奠基者和推动者,著有《黄帝九章算经细草》和《算法救集》。他所创造的“开方作法本源”实质是二项式系数表,今天叫做“贾宪三角”,比法国数学家帕斯卡在17世纪初创造

的“帕斯卡三角”早了600年左右。他的另一项重要创造“增乘开方法”,比欧洲同类的鲁菲尼—霍纳法早出了800年。与贾宪同时代的王洙(997—1057)说:“近世司天算,楚衍为首。既老昏,有弟子贾宪、朱吉著名。宪今为左班殿值,吉隶太史。宪运算亦妙,有书传于世”。可见,贾宪是北宋前期有名的天算家楚衍的私人弟子,仁宗年间曾担任过左班殿值(低级武职官员)。

沈括(1031—1095),字存中,钱塘人,晚年著有《梦溪笔谈》,是中国古代伟大的科学家。其数学方面的主要创造有“隙积术”和“会圆术”。沈括出身于士大夫家庭,青少年时期跟随父亲宦游各地,12岁开始延师受业,直至24岁从未间断。可见,其数学基础知识来源于“私学”。至和元年(1054)沈括步入仕途,直至晚年。

秦九韶(1202—1261),字道古,四川安岳人,曾数度在南宋为官,但时间都十分短暂。淳祐七年(1247)他完成数学巨著《数书九章》,其中集中了秦九韶最主要的两项数学成就。一项是高次方程的数值解法,它是对北宋贾宪的增乘开方术和刘益的正负开方术的突破和发展,今称“秦九韶法”。另一项为“大衍总术”,即一次同余方程组的一般解法。而在西方,欧拉和高斯分别于1743年和1801年对一次同余组进行了详细研究,重新独立地获得与秦九韶“大衍求一术”相同的定理。关于秦九韶的数学基础知识的来源,他在《数书九章》的自序中说:早年在杭州“访习于太史,又尝从隐君子受数学”。

金元之际数学家李冶(1192—1279),原名李治,字仁卿,真定府栾城(今河北栾城)人。他少时便往栾城邻县元氏拜师求学,正大七年(1230),登词赋科进士第,授钧州(今河南禹县)知事。开兴元年(1232)正月,钧州为蒙古军队所陷,李冶弃职隐居于晋北崞山的桐川。其间他结识了数学家元好问,撰写了代表作《测圆海镜》,创造性地建立了一套简便普适的列方程方法,即“天元术”。1251年李冶在封龙山下置买田产,耕读为生,同时收徒讲学,其数学著作《益古演段》就是为封龙书院学生们所写的“天元术”入门教科书。

杨辉,字谦光,南宋钱塘人。他是东南一带有名的数学家和数学教育家,曾做过地方官并好游学。杨辉一生共撰写数学书5种21卷,即《详解九章算法》、《日用算法》、《乘除通变本末》、《田亩比类乘除捷法》和《续古摘奇算法》,他的著作中记录了中国古代许多有价值的数学成果。

朱世杰,字汉卿,号松庭,燕山(今北京附近)人,是宋元数学的总结性人物。他著有《算学启蒙》(1299)和《四元玉鉴》(1303),最突出的数学创造有“招差术”(即高次内插法)、“垛积术”(高阶等差级数求和)以及“四元术”(多元高次联立方程组与消元解法)等。朱世杰也是一位著名的数学教育家,《算学启蒙》实际上就是一本数学的入门读物。

宋元时期还形成了从事数学研究的民间团体。例如,北宋时期汴京(今河南开封)的楚衍、贾宪、朱吉师徒;金元时期的刘秉忠、张文谦、王恂、郭守敬等人,他们曾隐居在磁州紫金山中(今河北武安),从事数学教育与研究<sup>[4]</sup>。

由此可见,宋元时期的数学家中没有一位出自官方的数学教育机构,他们的数学基础知识只能来源于私学。他们从事数学研究是出于个人的兴趣与爱好。例如,李冶原是金朝的词赋科进士,后来由于蒙古的入侵,才弃官隐居,投身数学研究,此时他已40岁了;秦九韶为了钻研数学,四处求学,“访习于太史,又尝从隐君子受数学”。

## 3 科教文化政策

### 3.1 朝廷对教育的重视

宋代改变了唐代重用武官的做法,实行以文治国的国策,鼓励人们读书做官,并一直延续下去。北宋先后有三次大规模的兴学,有力地推动了地方教育的发展,而当时完善的科举取仕政策,更是激发了人们读书的热情,壮大了知识分子队伍,从而为宋元数学的发展奠定了基础。金朝在海陵王天德三年(1149)设立了国子监,金世宗大定六年(1166)又增设了太学,金朝还恢复和发展了辽和北宋的地方学校。南宋统治区域内的设学数量更是金朝统治区域所无法比拟的,而先后存在的书院估计超过五百所<sup>[5]</sup>。

元世祖至元八年(1271),正式设立蒙古国子学,至元十四年(1277)又设立了蒙古国子监。元朝统一中国后,元世祖又在至元二十四年(1287)设立了国子监和国子学。经过元政府的营建,今天的北京地区逐渐成为北方的教育中心。元代地方教育发展上最值得注意的方面,是在全国范围内广泛设立“社学”,至元二十三年(1286),元政府下令全国各地每50家为一社,每社立学校一所。

### 3.2 朝廷对数学、天文等自然科学的重视

北宋后期,朝廷对数学表现出越来越多的重视。元丰七年(1084),宋神宗赵琐诏令设立算学科,并诏令秘书省重新校刻了“算经十书”,作为官定教材。

当时的印刷术已高度发达,“算经十书”的刊刻,使前人的数学成果能够继承下来,并广为流传,为数学的教育与研究创造了良好的条件。崇宁三年(1104)更是大规模地恢复算学,“学生以二百一十人为额”,并且制度健全,上舍毕业生赐与的官阶“以通仕、登仕、将仕郎为次”(从九品至正八品),比唐代要高。

宋徽宗曾追封历代天文算学家。《宋史·礼志》称:“大观三年(1109),礼部太常侍请以文宣王为师,……自昔著名算学者,画像两庑。请如五等爵”。共追封古代天算家 70 余人,如“宋祖冲之范阳子”,“魏刘徽淄乡男”、“后周甄鸾无极男”等。这项举措一下子提高了数学家的社会地位,激发了人们从事数学研究的热情和志向,对当时及后世的数学价值观产生了重大而深远的影响。人们看到,研究数学不仅可以授官,而且可能光宗耀祖,名垂千古,肯定愿意投身于其中。

元世祖忽必烈也十分重视科技人才,曾三次召见大数学家李冶,并重用天文历算家刘秉忠及他的学生王恂。与此同时,郭守敬于 1280 年创制出精密的《授时历》,这是中国封建时期最精确的一部历法,使用时间长达 364 年<sup>[9]</sup>。忽必烈还对知识分子实行优待政策,至元十三年(1276)三月“敕诸路儒户通文学者三千八百九,并免其徭役”。

综上所述,宋元时期各个朝代大都重视人才的培养,积极设立各级各类学校,发展教育事业。更重要的是,朝廷尊重和任用各类人才,招贤纳士,从而促进了科学技术的发展。相反,当 1314 年恢复科举考试后,内容以朱熹集注的“四书”为主,将数学内容完全砍去。不久,这种考试发展为“以四书五经命题、八股文取士”的制度。这样严重束缚了读书人的思想,引导知识分子远离自然科学;加之当时科举制度对汉人的歧视,读书无用论盛行于世,都阻碍了科学技术的发展。

## 4 社会经济的发展对数学的需求

社会的需要是科技发展的强大动力。朝廷对科技的重视,归根结底是社会需要的体现,宋元时期社会对数学的需要,表现在 2 个方面:一是编制历法;二是解决经济活动中涉及到的数学问题。

### 4.1 编制历法的需要

历法的编制是中国古代数学发展的一大动力。一方面,中国是一个农业国家,编制精确的历法以指导农业生产,是皇帝安邦治国的需要;另一方面,人们相信,掌握天文历算、观测日月星辰的运行,可以

预知天下的兴衰,是一种“通天手段”,各朝设立算学的主要目的就在于此。事实上,北宋每次算学的设立都与编制新历、以吻合天象有关。此外,朝廷还常常从民间选拔精通天文历算的人士,授与官职,以弥补太史局人才的不足。因而,当《授时历》编制成功以后,推动数学发展的这一动力也就消失了,这也许是宋元以后数学衰落的一个原因。

### 4.2 社会经济生活的需要

北宋朝廷鼓励农民垦辟荒田,“所垦田即为永业”,因此自耕农比例增大,农田增加。地主则主要依靠出租土地获取实物地租,这样农民对生产的支配权更大了,社会生产迅速上升,人口急剧增多。

宋代的手工业和商业空前繁荣,城镇数目增加,城市商业活动更加广泛,海外贸易非常发达。南宋海外贸易更盛,市舶岁收两百万贯,超过北宋两倍多,占政府全年岁收的五分之一,纸币日益盛行<sup>[7]</sup>。

社会经济的大力发展,商业活动的骤然增加,无疑需要更多的数学家参与其中,于是民间的数学教育与研究便蓬勃发展起来。南宋大数学家秦九韶的名著《数书九章》涉及到田地面积、田税和户税、粮谷转运和仓储、建筑施工、商品交易和利息计算等问题,都是这一时期经济生活的反映。而南宋著名数学教育家杨辉的著作《详解九章算法》、《日用算法》、《乘除通变本末》、《田亩比类乘除捷法》和《续古摘奇算法》,无不体现社会经济活动对计算的需求。这种社会需要是推动数学发展的强大动力。宋元以后直至明清,中国的社会经济生活方式没有太大的变化,因而对数学没能产生新的需求,数学也就缺乏继续向高层次发展的动力。

## 5 崇尚“格物致知”的理学思潮

宋元数学的一个重要进步是对传统数学重视经验、而不重视理论,重视整体综合、而不重视内部分析的突破,因而在理论上上了一个台阶。这一时期的有些数学成就是对已有的数学进行更深入的研究,使之更加一般化。例如,从《九章算术》中的“开方术”到贾宪的“增乘开方法”,再到秦九韶的“正负开方术”就是一个更加深入、更加一般化的过程。宋元数学更多的是在思维上对事物内部各要素之间的数量关系进行独立地、具体地分析,从而发现新规律、创造新概念、发明新方法。例如“贾宪三角”、“隙积术”、“天元术”、“四元术”、中国剩余定理、“垛积术”、“招差术”。

宋元数学在思维上的突破和当时理学崇尚“格

物致知”的思潮是分不开的<sup>[8]</sup>。从北宋时期开始,为了谋求以儒、道学说为主流的中国传统文化与传入的佛教在思想上的统一,思想界就世界万物的本原问题,心性问题和认识的来源、方法问题展开了深入的研究,各派学说的争论十分激烈<sup>[9]</sup>。更为重要的是,当时的思想界比较自由,不同的学派可以自由探讨。宋朝的科举考试也不再象唐代那样只考查对经典的记忆,而是注重对经书义理的阐释。这一时期兴起的理学提出了“格物致知”的口号,提倡彻底探求事物之理。这一倡导对自然科学的发展无疑是有利的,它引导着数学家从数量的角度对事物进行深入的、细致的探究,从而发现其内在的规律性。

李冶在《测圆海镜·自序》中说:“苟能推自然之理以明自然,则虽远而乾端坤倪,幽而神情鬼状未有不合者也”。秦九韶在《数书九章·自序》中说:“际时狄患(元军侵入四川)。…心稿气落。信知夫物莫不有数也,乃肆意其间,旁谏方能,探索杳渺,粗若有得焉。”他还说:“物生有象,象生有数,乘除推阐,务究造化之源者,是为数学。”<sup>[10]</sup> 杨辉批评了传统算书的编撰体例:“古人以题易名,若非释名,则无以知其源”,并提出了“因法推类”的原则,就是按算法的异同分类。这体现了他思维模式的进步,他重视隐含于不同实际问题中相同的数学实质,这有利于数学向抽象化、形式化的方向发展。

可见,理学对数学的促进作用在于它倡导对事物之理进行自由和彻底的探求,而当它在元末成为官方的正统哲学后,丧失其合理成分,成为统治阶级奴化人民的工具,引导知识分子远离自然科学,这是不利于数学的发展。

## 6 结 语

综上所述,宋元时期数学的大发展,并不是由于

官方的数学教育所至,而是根源于民间的数学教育与研究恢复,造成这一现象的原因有3个方面:第一在于当时的科教文化政策,即朝廷对数学的重视、对数学人才的尊重和任用。元丰七年《算经十书》的刊刻,使数学成果得以保存与流传;宋徽宗追封历代天文算学家的举措,对社会的数学价值观产生了深远的影响;元世祖优待知识分子,任用大批天文历算家的作法,壮大了数学研究的队伍。其次,宋元时期经济的发展,商业、手工业的繁荣是推动数学发展的内在动力。第三,理学倡导的“格物致知”的思想方法,引导数学走向了更高的层次。

## 参考文献:

- [1] 曲安京. 中国古代科学技术史纲: 数学卷[M]. 沈阳: 辽宁教育出版社, 2000.
- [2] 郭金彬, 孔国平. 中国传统数学思想史[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [3] 李文林. 数学史教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [4] 佟健华. 宋元数学人才群体之探索[J]. 自然科学史研究, 1997, 16(3): 197-206.
- [5] 吴宣德. 中国区域教育发展概论[M]. 武汉: 湖北教育出版社, 2001.
- [6] 梁宗巨, 王青建, 孙宏安. 世界数学通史: 下册[M]. 沈阳: 辽宁教育出版社, 2001.
- [7] 杜石然. 中国科学技术史稿: 下册[M]. 北京: 科学出版社, 1982.
- [8] 孙宏安. 宋元数学发展的文化分析[J]. 东北师范大学学报: 自然科学版, 2000, 32(1): 20-25.
- [9] 李平. 中国文化概论[M]. 合肥: 安徽大学出版社, 2002.
- [10] 吕变庭. 南宋自然科学家社会地位的弱化及其独立人格的形成[J]. 北方论丛, 2004, 15(4): 103-104.