

唐代天文数学家李淳风的科学成就

曾 昭 磐

我国从隋初至唐初,由于结束了南北朝的长期分裂混乱局面,社会比较安定,因而经济获得较大发展,天文历法学与数学也有了长足的进步。在这一时期,出现了一批有成就的天文学家和数学家,杰出的天文数学家李淳风就是其中的一个。

李淳风,唐歧州雍人,生活于公元七世纪初至七十年代,在唐太宗、高宗时任过太史令、秘阁郎中等官职。其父李播在隋朝任高唐尉,因“秩卑不得志”,弃官当道士。李播对文学与天文学颇有研究,注过《老子》,撰过《方志图》,有文集十卷(《旧唐书》卷十九),还写过《天文大象赋》等著作。李淳风出生在这种家庭,自幼就“博涉群书”,尤其精通天文、历算、阴阳之学。他对古代天文学、数学作出了很大贡献,在我国科学史上占有重要地位。他对浑仪作重大改革,编制麟德历,撰写《晋书》、《五代史》中的天文志、律历志,主持编定与注释五曹、孙子等十部算经。他的著作还有《典章文物志》、《乙巳占》、《秘阁录》、《法象志》,并演《齐民要术》等几十余部。

一、改革浑仪

浑仪是我国古代观测天体位置和运动的重要仪器。我国浑仪创制很早,著名的天文学家石申、甘德(公元前四世纪)编制世界上最早的星表时,已标出几百颗恒星的赤道坐标,表明那时已有了“先秦浑仪”。据1973年在马王堆三号汉墓出土的帛书《五星占》可推断“先秦浑仪”最迟在公元前360年已制成,而且是由三个圆环:子午环、赤道环和四游环组成^[1]。汉武帝时洛下闳(公元前二世纪)制造过精密度较高的浑仪。后来,耿寿昌(公元前52年)、傅安(公元84年)、贾逵(公元103年)都制造过浑仪。后汉阳嘉元年(公元132年),张衡对浑仪作了改进,并首创演示用的浑仪,用漏水转动。前赵光初六年(公元323年),孔挺对浑仪作重大改革,他创制的浑仪由两重规环,即李淳风所称的六合仪与四游仪组成。北魏明元帝时(公元五世纪初),晁崇、解兰用铁铸造浑仪,其结构与孔挺的浑仪大体相同,此仪到隋朝还在使用。这些浑仪都是赤道式装置,仪傅安、贾逵的黄道铜仪是在赤道装置上增设黄道环。

唐太宗贞观初年,李淳风指出:现在灵台所用的观测仪器,“疏漏实多”,“推验七

曜，并循赤道。今验冬至极南，夏至极北，而赤道当定于中，全无南北之异，以测七曜，岂得其真？”（《旧唐书》卷七十九，李淳风传）在历法计算中，要按黄道度推算日月五星的运行，才能既简便又精确地决定定朔时刻、回归年长度等重要数据。东汉天文学家已经发现，用赤道度去度量太阳在黄道上的运动，会产生一种假象，即太阳在秋分点与春分点附近走得慢，而在冬至点与夏至点附近走得快；如用黄道度分析太阳运行，这种假象就可排除。所以张衡说：“日行非有进退，而以赤道量度黄道使之然也。”

（《后汉书》第十一册，3077页）但他们只在赤道式浑仪上加一个黄道环，未能在实践上解决按黄道观测太阳运行的问题。李淳风总结了历史经验，建议制造按黄道观测日月五星运行的浑仪。

唐太宗采纳了这一建议，下令制造李淳风所设计的浑仪。贞观七年（公元633年），此仪制成。据《新唐书》卷三十一记载，该浑仪是铜制的，基本结构是：“表里三重，下据准基，状如十字，末树鼃足，以张四表。”浑仪的十字形“准基”是一种校正仪器平准的装置，它是根据后魏晁崇、解兰发明的浑仪上的“十字水平”制造的，采用这一装置可以提高仪器的观测精度。浑仪三重中的外重叫六合仪，有天经双规、金浑纬规、金常规，即子午环、地平环、外赤道环，上列二十八宿、十日、十二辰、经纬三百六十五度；内重叫四游仪，“玄枢为轴，以连结玉衡游筭而贯约矩规。又玄极北树北辰，南矩地轴，傍转于内。玉衡在玄枢之间，而南北游，仰以观天之辰宿，下以识器之晷度。”可见四游仪包括一个可绕赤极轴旋转的四游环和一个望筒（即玉衡），望筒能随四游环东西旋转，又能南北旋转，可指向天空任一位置，测定星体的赤道坐标。这两重的基本结构在孔挺的浑仪上已经有了。李淳风对浑仪的重大改革在于：在外重六合仪与内重四游仪之间，嵌入了新的一重——三辰仪。三辰仪“圆径八尺，有璿玑规、月游规，列宿距度，七曜所行，转于六合之内”。北宋沈括说：“所谓璿玑者，黄赤道属焉。”（《宋史》卷四十八）可见三辰仪中有黄道环、内赤道环，还有白道规，即表示月球轨道的规环。三辰仪也能旋转，它是为了实现按黄道观测“七曜所行”而加上的。

李淳风的浑仪仍然是一个赤道式装置，它除了可测得去极度、入宿度（即赤经差）、昏旦夜半中星外，还能测得黄经差和月球的经度差等，只是所测得的黄道度不很准确，所以它只能部分地解决按黄道观测七曜所行的问题。

李淳风在我国历史上第一次把浑仪分为六合仪、三辰仪、四游仪三重，其影响相当深远。唐开元十一年（公元721年），著名天文学家张遂与率府兵曹梁令瓚制作了一种黄道浑仪，也是三重之制。虽然张遂说李淳风的浑仪“用法颇杂，其术竟寝”（《旧唐书》卷三十五），但正如沈括所指出的，梁令瓚他们是“因淳风之法而稍附新意”。

（《宋史》卷四十八）北宋周琮、舒易简、于渊制作的“皇祐浑仪”（公元1050年），

也基本上是按李淳风的设计制造的。北宋末,苏颂、韩公廉制作了一架包括浑仪、浑象、报时装置三大部分的天文仪器(公元1096年),其浑仪部分也与李淳风的浑仪大体相同。

李淳风的浑仪虽有其优点,但过于复杂,其规环达十一个之多,这些规环要保证同心十分困难,因而难免产生中心差;规环太多,观测时常常互相遮蔽视线,很不方便。北宋以后,浑仪就逐步由繁向简发展了。

二、编制麟德历

唐高祖武德二年(公元619年),颁行了傅仁钧的戊寅元历。戊寅元历首次采用定朔,是我国历法史上的一次大改革。在戊寅元历之前,历法都用平朔,即用日月相合周期的平均数值来定朔望月。戊寅元历首先考虑月行迟疾,用日月相合的真实时刻来定朔日,从而定朔望月,要求做到“月行晦不东见,朔不西眺”。由于戊寅元历的一些计算方法有问题,颁行一年后,对日月食就屡报不准。武德六年,由吏部郎中祖孝孙“略去尤疏阔者”,后又经大理卿崔善为与算历博士王孝通加以校正。贞观初年,李淳风上疏论戊寅元历十有八事。唐太宗诏崔善为考核二家得失,结果李淳风的七条意见被采纳。李淳风为改进戊寅元历作出了贡献,被授予将仕郎。贞观十四年(公元640年),李淳风上言:戊寅元历术“减余稍多”,合朔时刻较实际提前了,建议加以改正,这个意见又被采纳。贞观十八年,李淳风又指出:戊寅元历规定月有三大、三小,但按傅仁钧的算法,贞观十九年九月以后,会出现连续四个大月,认为这是历法上不应有的现象。于是唐太宗不得不下诏恢复平朔。改用平朔后,戊寅元历的问题更多,改革势在必行。

李淳风根据他对天文历法的多年研究和长期观测实践,于麟德二年(公元665年)编成麟德历。此历为唐高宗所采纳并颁行。麟德历的主要贡献有二:

第一、在我国历法史上首次废除章部纪元之法,立“总法”1340年作为计算各种周期(如回归年、朔望月,近点月等)的奇零部分的公共分母。

我国古历的“日”从夜半算起,“月”以朔日为始,而“岁”以冬至为始。古历把冬至与合朔同在一日的周期叫做“章”,把合朔与冬至交节时刻同在一日之夜半的周期叫做“部”。古历以十“天干”与十二“地支”纪年、日,如果冬至与合朔同在一日的夜半,纪日干支也复原了,则这个周期叫做“纪”;如果连纪年的干支也复原了,则这个周期叫做“元”。古代制历都要计算这些周期,但这这周期对历法计算并非必要,反而成为历法的累赘,李淳风毅然把它废除了。麟德历以前的各种历法都用分母各不相同的分数来表示各种周期的整数以下的奇零部分。这些周期,如期周(回归年)、月法(朔望

月)、月周法(近点月)、交周法(交点月)等,都是历法计算必须预先测定和推算的重要数据。因为这些周期参差不齐,计算十分繁琐,比较各种数据也很不方便,李淳风就立“总法”1340作为各种周期奇零部分的公共分母,这样,数字计算就比以前的历法简便得多。麟德历以后的各种重要历法,如张遂的大衍历(公元727年)、杨忠辅的统天历(公元1199年)都采用这种办法。更为重要的是,当时十进小数尚未充分发展,李淳风的这一创造是通向十进小数的一次飞跃。在他之后,唐中宗的太史丞南宫说撰景龙历时(公元705年),就把公共分母改为100,又向十进小数前进了一大步。唐德宗建中年间曹士芳撰符天历时(公元780至783年),又改用10000作公共分母,与十进小数就更为接近了。

第二、重新采用定朔。戊寅元历虽首次采用定朔,但因为有关的计算方法未完全解决,又倒退到用平朔。为了使定朔法能站得住脚,麟德历改进了推算定朔的方法。李淳风早年仔细地研究过隋朝天文学家刘焯的皇极历,并撰了《皇极历》又一卷(《旧唐书》经籍志)。刘焯在北齐天文学家张子信关于日行盈缩的观测结果(公元570年)的基础上,创造了推算日月五星行度的“招差术”,即二次函数的内插公式。李淳风总结了刘焯的内插公式,用它来推算月行迟疾、日行盈缩的校正数,从而推算定朔时刻的校正数。由于他以“总法”1340为公共分母,数字计算比皇极历简便。为了避免历法上出现连续四个大月的现象,他还创造了进朔迁就的方法。《新唐书》卷二十六所载的麟德历经说:“定朔日名与次朔同者大,不同者小”。这里日名指纪日干支中的“干”。还规定:“其元日有交、加时应见者,消息前后一两个月,以定大小,令亏在晦、二,弦、望也随消息。”消息是消减与增长的意思。按这一规定,就可以做到“月朔盈胸之级,不过频三。其或过者,观定小余近夜半者量之。”这就是说,用改变一月中未满足一日的分数(即小余)的进位方法,来避免历法上出现连续四个大月或小月。

这种进朔迁就法并不是好办法,它不过是为了避免历书上出现连续四个大月而人为地加在历法上的,并不是日月运动规律的正确反映。按近代的推算方法,采用定朔就有可能出现连续四个大月,把它看成是历法上不应有的现象是不对的。李淳风采用刘焯的内插公式来推算定朔时刻的校正数,其精密度自然比戊寅元历高。刘焯的内插公式是把日月运行当作匀加速运动来处理的,但日月的视运动并不是时间的二次函数,而是更复杂的函数。刘焯的内插公式只考虑定差和平差,即一次差和二次差,当然不够精密,所以才有必要采用进朔迁就法。这种方法为后来历法家所沿用,直到元朝郭守敬创立了定、平、立三差术,即三次函数的内插公式,计算精密度大大提高,加上各种天文数据的观测精度也大大提高了,人们对连续四个大月的现象有了较正确的认识,进朔迁就法才被废弃。不过,从麟德历开始,定朔法终于在历法中站住脚,为后世历法家所沿用。

麟德历在完成我国历法史上采用定朔这一次大改革上是有重要贡献的。《旧唐书》卷三十二称:“近代精数者,皆以淳风、一行之法,历千古而无差,后人更之,要立异耳,无验其精密也。”这种说法太夸大了,但由此可见麟德历对后世历法的重大影响。它不失为唐代优秀历法之一,行用达64年(公元665年至728年)之久。麟德历也传入日本,

并于天武天皇五年(公元677年)被采用,改称为“仪风历”。

麟德历的最大缺点是不考虑岁差。我国晋代虞喜发现岁差后,祖冲之首先把它用于制历,大大提高了历法的精密度。此后,隋朝张胄元的大业历,刘焯的皇极历,唐初傅仁钧的戊寅元历,都考虑了岁差。但李淳风却利用《尧典》四仲中星的内在矛盾,根本否认岁差存在。他曾与数学家王孝通一起责难戊寅元历考虑岁差,致使“岁差之术,由此不行”(见张遂:《日度议》,《新唐书》卷二十七)。后来张遂在编制大衍历时(公元728年),才重新考虑岁差。他在《日度议》中列举大量历史事实,详细地驳斥了李淳风的错误观点。

三、撰《晋书》、《隋书》的天文、律历志

贞观十五年(公元641年),李淳风受诏参加“预撰《晋书》及《五代史》,其天文、律历、五行志,皆淳风所作也”(《旧唐书》,卷七十九)。《五代史》原写梁、陈、周、齐、隋五代的历史,后来其中的“十志”并入《隋书》,所以《五代史志》就是《隋书》中的“志”。

李淳风撰这些天文、律历志时,对自魏晋至隋朝这段历史时期我国天文历法与数学的重要成就,作了较全面的搜集和整理,为后世提供了宝贵的史料。

《隋书》律历志(卷十六)“备数”一节有如下记述:“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。”这是我国现存史书中关于祖冲之圆周率的最早记载。用现代数学语言表达,就是祖冲之求出:

$3.1415926 < \pi < 3.1415927$, 圆周密率为 $\frac{355}{113}$, 约率为 $\frac{22}{7}$ 。祖冲之的圆周率已准确到

小数点下第七位,他的“密率”是分子、分母在1000以内表示圆周率的最佳近似分数,欧洲人在一千一百多年后才得到这一结果。祖冲之所著的《缀术》早已失传,他的这一光辉成就因被李淳风编入史书,才得以流传至今。

在《晋书》律历志(卷十七)中,李淳风详细地记述了刘洪撰的乾象历法。刘洪实测月行迟疾之率,创立了推算定朔、定望的一次函数的内插公式,测出黄白交角为五度多,测定近点月为27.55336日,与今测值相近,这些都是我国古代天文学的重要成就。刘洪的乾象历是四分历以后历法改革的关键性阶段,可是在《晋书》之前撰成的梁朝沈约的《宋书》,却出于偏见,略而不载,对刘洪的科学成就只字未提。李淳风则在《晋书》律历志中,原原本本地详细记述了刘洪的科学成就。

在《隋书》天文志(卷二十)中,有后魏末天文学家张子信隐居海岛,用浑仪观测日月五星运行“差变之数”三十余年,发现日行盈缩规律的记载。在《隋书》律历志(卷

十八)里,还记载了隋朝刘焯的皇极历法,其中有刘焯创立的二次函数的内插公式,和刘焯最先提出的“黄道岁差”的概念及相当精确的黄道岁差数据。皇极历法包含了刘焯首创的定气法、定朔法和躔衰(即日行盈缩之差)法,还有以前历法所没有的推算日月食位置、食的始终、食分多少及应食不食、不应食而食等方法,推算五星也比以前的历法精密。皇极历是一部优秀的历法,“术士咸称其妙”,对后世历法有重大影响,可是未被隋朝统治者所采用。李淳风详细地总结了皇极历法,并把它编入《隋书》律历志中。有些学者根据这点就把刘焯的内插公式冠以李淳风的名字^{[2][3]},这是不符合历史事实的。但李淳风确实参与了皇极历的整理工作,其功绩是不能抹煞的。

《隋书》天文志(卷十九)还记述了前赵孔挺制作的浑仪的结构和用途,这是我国历史上首次出现的关于浑仪具体结构的确切记载。同一卷里还记述了从汉魏至隋朝的浑仪、浑象、刻漏的发展情况,以及姜岌关于大气吸收和消光作用与何承天、张胄玄关于蒙气差的发现。《晋书》、《隋书》天文志对那时期的日月食、流星、陨星、客星(新星)、彗星及其它天象记录,也“搜罗至富,记载甚详”。因此,它们被誉为“天文学知识的宝库”^[2]。

李淳风在总结科学成果时,一方面能正确选择与评价有真正科学价值的成果与发现,表现了一个自然科学家的科学态度和求实精神;但另一方面,却没能完全摆脱个人偏见,如对虞喜发现岁差这一重要成果,就根本不提,这一发现是在后来的《新唐书》卷二十七才详细加以记载的。

四、编定和注释十部算经

从汉代至隋朝,我国古代数学迅速发展,出现了一批重要的数学著作。在这种形势推动下,唐初科举制度设立“明算”科,举行数字考试,同时着手编选算学教科书,并于显庆元年(公元656年)在国子监内添设了算学馆。据《旧唐书》卷七十九李淳风传记载:“先是,太史监侯王思辩表称:五曹、孙子十部算经,理多踳驳,淳风复与国子监算学博士梁述、太学助教王真儒等受诏注五曹、孙子十部算经。书成,高宗令国学行用。”《唐会要》卷十六称:“显庆元年十二月十九日,尚书左仆射于志宁奏置,令习李淳风等注释五曹、孙子等十部算经,分为二十卷行用。”

十部算经又称算经十书,是指《周髀算经》、《九章算术》、《海岛算经》、《孙子算经》、《夏侯阳算经》、《张邱建算经》、《缀术》、《五曹算经》、《五经算术》、《缉古算术》这十部数学著作。它们是唐代以前的主要数学著作,代表了我国古代数学的光辉成就。据史书记载,除《夏侯阳算经》早已失传外,其它九部算经都标有

“李淳风注”、“李淳风释”等字样。可惜,祖冲之的重要著作《缀术》后来也失传了,李淳风是否给它作过注释已无从查考。流传至今的王孝通的《缉古算术》也没有李淳风的注释。而今存传本《孙子算经》与《五曹算经》,虽在每一卷的首页上标着“李淳风等奉敕注释”字样,但正文里都没有李淳风等的注释。

李淳风等在注释《周髀算经》时,着重批判了该书存在的缺点。例如,该书记载:“周髀长八尺,夏至之日晷一尺六寸,正南千里,勾一尺五寸,正北千里,勾一尺七寸。”这种“日影一寸,地差千里”的说法是没有科学根据的,但它长期被奉为不可侵犯的金科玉律,严重地禁锢着人们的思想,阻碍人们对地球形状认识的发展。到南北朝以后,何承天、刘焯等才根据当时的一些测量结果,对此提出异议,但他们的斗争没有取得胜利。李淳风在《周髀算经》的注释中,又详细地分断了历史上多次测量的结果,提出“以事验之,又未盈五百里而差一寸明矣,千里之言,固非实矣”的结论。后来,唐玄宗开元年间(公元713—756年),张遂、南宫说主持了一次闻名世界的大地测量,用铁的事实证实了李淳风的断言。李淳风在注释中还针对甄鸾对赵爽的“勾股圆方图”的种种误解,逐条加以驳正。“勾股圆方图”是赵爽在注释《周髀》时写下的著作,附在《周髀》的注文中,是很有价值的数学文献。李淳风等的注能明辨是非,提出正确的见解,对人们理解《周髀算经》这部著作有很大帮助。

李淳风等在注释《九章算术》少广章开立圆术时,引用了祖暅提出的球体积的正确计算公式,介绍了球体积公式的理论基础,即“幂势既同则积不容异”,这就是著名的“祖暅定理”。在《缀术》失传之后,祖冲之父子的这一出色研究成果靠李淳风的征引,才得以流传至今。

对其它几部算经,如《海岛算经》、《张邱建算经》、《五经算术》等,李淳风等的注释水平并不高。在《九章算术》中有关圆面积计算问题的答案下,李淳风等都添上“按密率”计算的答案,而所取得的圆周率却是 $22/7$,使不少后人误认 $22/7$ 为祖冲之的“密率”。在注释十部算经前,李淳风作《隋书》律历志时已写明“密率”为 $355/113$,这种互相矛盾的现象说明,他是十部算经注释工作的主持者,并非每部算经的注释都出自他的手。

李淳风等是在前人工作的基础上编定和注释十部算经的。北周时的甄鸾,除撰《五曹算经》、《五经算术》和《数术纪遗》外,还为《周髀》、《九章算术》、《孙子算经》、《张邱建算经》、《夏侯阳算经》等作过注释,但甄鸾的注质量不高,且有不少错误。李淳风等继承甄鸾的工作,收集整理了前人的注释资料,才完成了十部算经的编定和注释工作。

十部算经的编定和注释,是对唐朝以前的数学成就所作的一次系统总结,标志着以

《九章算术》为中心的我国古代数学体系的形成,也表明我国古代数学发展进入了一个新的时期。

十部算经成为唐以后各朝代的数学教科书,对唐朝以后数学的发展产生了巨大的影响,特别是为宋元时期数学的高度发展创造了条件。在十部算经以后,唐朝的《韩延算术》、宋朝贾宪的《黄帝九章算法细草》、杨辉的《九章算术纂类》、秦九韶的《数书九章》等,都引用了十部算经中的问题,并在十部算经的基础上发展了新的数学理论和方法。后人对李淳风编定和注释十部算经的功绩,给予很高的评价,如英国科学家李约瑟就说过:“他大概是整个中国历史上最伟大的数学著作注释家。”^[2]

十部算经后流传到日本。公元701至703年,日本开始确定数学教育制度,所采用的教科书就是十部算经,只是把我国的十部算经中的《夏侯阳算经》、《张邱建算经》、《缉古算术》,用《六章》、《三开重差》、《九司》三部算经代替。十部算经对日本的数学发展起了很大作用。

参 考 文 献

[1] 徐振韬,中国天文学史文集,科学出版社,1978,34—47。

[2] Needham, J., *Science & Civilisation in China*, Vol. II, Cambridge University Press, 1959.

[3] 李善兰,麟德历术解,则古昔斋算学,六,1848。

The Scientific contributions of Li Chun-feng, an Astronomer and Mathematician of Tang Dynasty

Zeng Zhao-pan

Abstract

In this paper, we have made a brief survey of the scientific works of Li Chun-feng, an Astronomer and Mathematician of Tang Dynasty, whose contributions may be summed up in four parts. (I) Improved armillary sphere significantly. (II) Worked out a Lin De Calendar. (III) Wrote the Astronomical records and the records of Pitch Pipe-Calendar of History of the Jin Dynasty, and of History of the Sui Dynasty. (iv) Compiled and annotated the Ten Books of Arithmetical Classics.