

得到近似的每一度后面每一分的三角函数对数值。特别是当对上述三角函数的对数值要求不高时——比如仅要求保留到小数点后五位，这种算法还是相当迅速的。

应用对数，积极传播

自从有了上述各种对数表之后，薛凤祚开始在多种场合下使用对数。1664年其编写成了《历学汇通》一书，此书近百卷，内容非常丰富，既有三角的内容，也有天文学、力学、兵法、医药和占验方面的内容。在每一部分内容中，薛凤祚几乎都应用了对数知识。

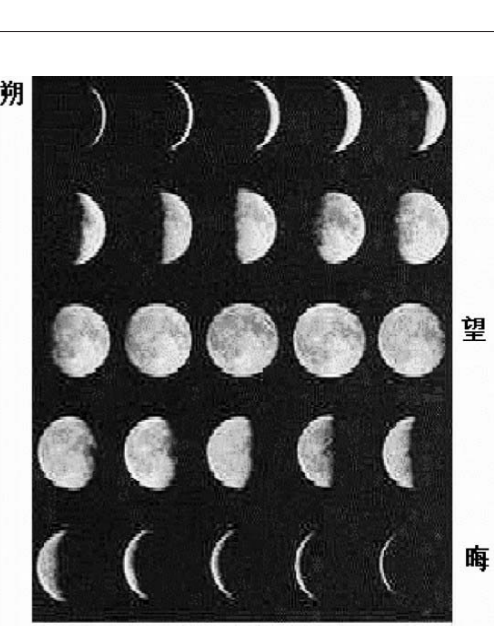
关于三角知识《历学汇通》是通过《正弦》和《算三角法》两部书给出的。在这两部书中薛凤祚都广泛使用了对数方法和上述对数表内容，如果不遵循对数运算法则和参照前述的三个对数表，这两书的内容几乎根本看不懂。比如《正弦》中有一个算十五度正弦值的说明，是这样的：“三十度正弦五〇〇〇〇自乘二五〇〇〇其余六十度正弦八六六〇四，减通弦余一三三九，自乘一七九四五，并之二六七四五，为偶数，开方五一七六四，半之二五八二。”比如《算三角法》中有一个求三角形边的问题是：“设寅角四十二度五十分，正线九八二九六八三为一率，子丑边二八五八，比例数三四五六〇二为二率，通弦一〇〇〇〇〇〇为三率，总数一三四五六〇六二，较数三六二六三七九，较数原数四二三〇即丑寅边。”

《历学汇通》中的天文学知识中更是到处应用了对数知识和对数表内容。比如在“求太阳引数”部分，薛凤祚是这样说明的：“六十五甲子下得十一官二十七度三六三九，丙申三十二年下五度五二二八，九月朔策八宫二十一度五七〇六，得八宫二十五度二六一三，为太阳引数。”这里度数后面跟着的数据都是三角函数对数值。

占验部分是阐述西方算命的内容，就是在这里薛凤祚也使用了对数和上述三个对数表的内容。比如在“人命部卷中”有这样一段：“设黄赤二道距甲乙边十八度五十三分之余七十一度零七分，正线九九七五九七三，黄道乙丙边起春分至金牛五十四度十三分，余正弦七六六九四九。一率距度余线九七五七七三，二率通弦一〇〇〇〇〇〇，三率五十四度十三分余线九七六六九四九，四率九九七〇九七六。得五十一度五十分余线。”

薛凤祚不仅将西方对数方法应用到了自己的研究中，而且还传授给了他所认识的一些人。在《比例四线新表》的开头部分，不仅有薛凤祚的名字，而且还有“颍川后学刘捷、刘拱校”的字样。由此看出，薛凤祚后来还将对数知识传授给了两个年轻人。

薛凤祚是明末清初传入我国西方对数知识的第一人，无疑他是成功的。回顾薛凤祚传入我国西方对数的过程，我们有多项启示：对于国外先进的知识和方法，我们应该积极学习、勇于尝试，在尝试的过程中可结合我国传统的优秀做法做适当调整，但最重要的还是应该展开深入的研究和广泛应用与传播工作。只有这样才能将先进的知识方法借鉴过来，洋为中用，尽快地发展自己，壮大自我。



月相变化图

“阴历”，也称“太阴历”。因为“阴历”只与月相的变化有关，所以阴历每月的初一是朔月日；初七、初八是上弦月；十五、十六或十七是满月，即望月日；二十二、二十三下弦月，二十九是晦月等，这对古人凭借月相判断日期是方便的，但是这样编制的月历却与地球绕太阳运行一周的回归年无关，由此形成的“阴历”也就与每年四季变化的季节天数无关系，也就与地球绕日周天出现春夏秋冬四季变化的“年”无关系。只有依照地球绕太阳运行一周365天5时48分46秒为基础，编制的“阳历”才能换算测定出四季变化“年”的准确数值。

由此可见，地球绕太阳一周是地球自转一周的365倍(天)多点，相当于月亮绕地球转12圈，再加11天多点，才能与地球绕日运行的“年”天数相同。而月亮绕地一周等于自转一周，所以月亮绕地球一周是地球自转一周的29倍(天)多点。由于上面这些数据的比除不尽，所以月历和年历就需要结合日、地、月的运行，把握相对数值(数值是变化的)，经过复杂的计算，保持整数进位关系，才能编制出年、月、日乃至四季变化准确的月历、年历。这就在以月相变化为基础编制的“阴历”基础上，结合地球绕日运转的天数编制“阴阳历”，演进到今天的“农历”。

以地球日运行天数编制“年历”为“阳历”；以月绕地天数加“闰”，分大月30天，小月29天，再结合“十九年七闰”，闰年13个月的闰闰组合月历法，让阴历与实际“回归年”的“阳历”相合，这就是现行“阳历”与传统历法“农历”(阴历、阴阳历)相合的编历根据。

中国两千多年依据天文学成就编制历法的进步过程，大致经过汉代的《太初历》、南朝祖冲之的《大明历》、元代郭守敬的《授时历》，到明清吸收欧洲启蒙运动的天文历法成就编历。民国至今通用阳历为主，农历(阴阳历)为辅的历法。因此，中国古代以月亮的运行周期编制历法，是历法编制进步的基础，是中国古代天文历法学的基础。

薛凤祚与西方对数之东来



《比例四线新表》

教	原	教	原	教	原	教	原
一	二	三	四	五	六	七	八
九	十	十一	十二	十三	十四	十五	十六
十七	十八	十九	二十	二十一	二十二	二十三	二十四
二十五	二十六	二十七	二十八	二十九	三十	三十一	三十二
三十三	三十四	三十五	三十六	三十七	三十八	三十九	四十
四十一	四十二	四十三	四十四	四十五	四十六	四十七	四十八
四十九	五十	五十一	五十二	五十三	五十四	五十五	五十六
五十七	五十八	五十九	六十	六十一	六十二	六十三	六十四
六十五	六十六	六十七	六十八	六十九	七十	七十一	七十二
七十三	七十四	七十五	七十六	七十七	七十八	七十九	八十
八十一	八十二	八十三	八十四	八十五	八十六	八十七	八十八
九十	九十一	九十二	九十三	九十四	九十五	九十六	九十七
九十九	一百	一百一	一百二	一百三	一百四	一百五	一百六

《比例数表》

献的方式是一样的，比如徐光启翻译《几何原本》前六卷就是采用的这种方式。

薛凤祚翻译的西方对数表包含两个不同的数表，一个是《比例数表》，一个是《四线对数表》。

《比例数表》共一卷，包含了从一到一万的对数值(如上图所示)。此表中给出的对数值不同于今天在一般数学书中看到的对数值，其全是七位数的，且没有小数点。

这样的对数值和当时西方数学书中的对数值也不一样。西方数学书中给出的对数值基本上都有小数点，也多是精确到小数点后十位以上。比如当时著名的英国数学家布里格斯(Briggs Henry)于1617年出版的对数表中，所有的数都精确到了小数点后的第十四位。再比如当时著名的波兰数学家沃拉克(Adrien Vlacq)于1627年出版的对数表中，所有的对数值都精确到了小数点后的第十位。

那么薛凤祚当时是怎么翻译的这些对数值

呢？根据我们的分析其主要参考了当时布里格斯的对数表和沃拉克的对数表，然后采用了我国民间常用的五舍六入方法编纂而成。

之所以说薛凤祚参考了布里格斯和沃拉克的对数表，原因是二者之间有多个相同之处：（一）表中对数值的个数。薛凤祚的《四线对数表》中虽然只有一个对数值，但在题目之下却标了“二〇〇〇〇”的字样。意思是指数表中原有两万个对数值。并且据清朝初年著名数学家梅文鼎所说，薛凤祚的对数表当时确实是两万个对数值。这和布里格斯对数表中的对数值一样多；（二）表之前关于对数概念的介绍和如何计算对数的例子。在薛凤祚对数表开头部分有穆尼阁的一个序言，在这个序言中穆尼阁不仅详细介绍了对数概念，而且还举例说明了比一万大的数的对数值的计算方法，这与布里格斯和沃拉克的做法完全一致；（三）关于对数使用方法的解释等。穆尼阁的序言中在解释完对数的含义之后，紧接着就是关于如何用对数来求开方、三次方和四次方的说明，这也与布里格斯和沃拉克的做法一致。另外，说薛凤祚当时参照了布里格斯和沃拉克的对数表还有一个重要依据，就是他们两个人的对数表在明末清初时期确系传入了我国，《北堂书目》中有明确记载。

之所以说薛凤祚在参照他们二人对数表的基础上采用了五舍六入的方法，原因是我们利用现代计算机对薛凤祚的对数表进行了逐一检查，结果发现当保留小数点后九位的时候，薛凤祚对数表中有一千多个对数值是错误的，即百分之十以上的对数值不正确。原因何在？我们设定保留小数点后十三位，然后再逐一检查，其中重点检查上述一千多个错误数值。结果发现，前面一千多个错误数值小数点后的第十位基本上都是数字五。由此，我们重新设置进位方法——即采用五舍六入的方法，保留小数点后九位——重新计算，结果发现这次的计算结果几乎和薛凤祚对数表中的数值完全一样。

《四线对数表》是一个关于三角函数的对数表。所谓四线即是四个三角函数：正弦、余弦、正切和余切。这个对数表共一万六千二百个数据，给出了〇到九十度间隔十秒的上述四个三角函数的对数值。这些数值均保留到了小数点后的第十位。这个对数表是怎么翻译来的呢？通过分析，我们认为很可能是参考了沃拉克的书翻译而成的。1628年，沃拉克出版了《算术对数》一书，其中不仅给出了一个常用对数表，而且还给出了一个关于正弦、余弦、

古人眼中的月亮

与太阳同升同落，升落时间在6：00～18：00，夜晚看不见月亮（天气好时出现新月抱日月的景象）；新月芽，一般在农历的初二夜到初七日左右，比太阳迟升后落，升落时间在9：00～21：00，夜晚能看到3小时的月亮；上弦月在农历初八左右，比太阳迟升后落，升落时间在12：00～24：00，夜晚能看到6小时月亮；渐盈凸月在农历初九到农历十四左右，比太阳迟升后落，升落时间在15：00～3：00，夜晚能看到9小时月亮；望月（满月）日在农历十五日或十六日夜，太阳落，望月升，升落时间在18：00～6：00，夜晚可见12小时的满月；渐亏月在农历十六日到二十三日左右，比太阳早升先落，升落时间在21：00～9：00，夜晚可见9小时月亮；下弦月在农历二十三左右，比太阳早升先落，升落时间在24：00～12：00，夜晚能看6小时月亮；残月至月晦在农历二十四日到月末，比太阳早升先落，升落时间在3：00～15：00，凌晨前的黑夜能看到3小时左右的月亮，但是农历月末的最后一天“月晦”日，凌晨前的夜晚看不到月亮。

关于月亮的盈亏天象，中国古人认为月亮是“阴之精，地之理”（《开元占经》卷十一，下同），并且是“天地之阴，金之精也”；甚至认为“水气之精者为月”。古人从物质的角度认为，月亮之所以是“阴之精”等，原因在于月亮采于太阳的光辉“秉日之光而见其体”；太阳全照到月亮，“人观其旁”便看到圆而明亮完整的满月；太阳照到部分的月亮，地球上的人便看到“半照半晦”的弦月（三国·吴 杨泉《物理论》）。中国汉代，已经形成太阳照亮月亮的科学认识：“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。”（东汉 张衡《灵宪》）就是说，月光来源于太阳的照射，满月是太阳照亮整个面向地球的月亮，缺月是太阳只能照亮部分月球，缺失的月亮被地球的阴影遮蔽而“蔽于地也”。

半月月亮照着地球的运行

月亮绕地球运转，是地球的卫星。中国古代神话中的“月宫”有稳定的画面，犹如有宫阙，有嫦娥，有玉兔，有桂花树，有吴刚等。满月的夜晚，可以看见“月宫”里的仙境栩栩如生。当月球有稳定的月面向向地球时，地球上的人便能看见满月的月亮。这是因为月球自西往东绕地球作椭圆形周运动的同时，自身也在自西往东自转，自转的速度等同于月球自西

往东，绕地球自转一周的同步速度。就是说，月球绕地球自转一周的同时，月球自身也同方向自转一周，所以月球只有稳定的月面对着地球，在地球上看不到月球的背面。

战国时期天文学家石申说，月亮升落的时间有“行迟”。就是说，以星群为坐标，从地球上观测月亮绕地球的运转，每天有延迟东升时间的现象，有时候东升延迟的时间长，有时候东升延迟的时间短。天文学科学认为，月亮每天自西往东移动，平均每天东移13°，所以月亮的升起，比前一天的升起时间平均推迟50分钟。但是这个测算数据不是均衡不变的，它与某地所在地球的纬度有关系。例如在山东地区，有时月亮的升起会比前一天推迟20分钟左右，有时会比前一天推迟70多分钟；北京地区，有时月亮的升起会比前一天推迟22分钟，有时会比前一天推迟80分钟；哈尔滨往北广大地区，有时月亮的升起会比前一天推迟30多分钟，有时会比前一天推迟85分钟左右等。这是因为月亮椭圆形运行轨道，在接近地球的时候运行速度会快些，在远离地球的位置运行速度会慢些。但是，月亮自身绕地运动速度的快慢，却不是月亮的升起比前一天推迟的主要原因。主要原因是月亮椭圆形运行轨道要跟着地球绕太阳运行的椭圆形轨道产生夹角变化，月亮运行轨道（白道）受地球赤道与绕太阳运行轨道夹角变化的影响时，月亮椭圆形运行轨道同时受日地运行轨道夹角的影响，而且月、地的相互引力作用，使得地球受月球椭圆绕地运动的引力作用偏离地球质量中心“波动”，这就构成月亮运行轨道与日地运行轨道夹角变化，造成月行轨道“白道”与地平夹角的变化，使得月亮推迟的升起时间在前后有较大的误差。就是说，“阳行迟阴行疾也”（刘向《洪范传》，下同），日、月、地运行轨道夹角小，月亮升起的时间少；“阳行疾阴行迟也”，日、月、地运行轨道夹角大，月亮升起的推迟时间多。何况地球绕太阳做椭圆运动以及太阳自身的椭圆形运动速度也是不均衡的，从地球角度看月亮的升降时间会受到日、地、月轨道椭圆形运动状况的影响，因此月亮每天夜晚升起的推迟时间不是均衡的，而是可变的。

从北半球看月亮的运行高度

南朝梁科学家祖暅（g è ng，祖冲之儿子）在《浑天论》中说：“月行有中道，有阴道，有阳道”。意思是说，月亮的运行以地球绕太

冻源新论

他是明末清初著名的天文学家和数学家，他不仅第一次将西方第谷天文学体系引入了我国，促进了我国古代天文历法的改革；

他还首次将西方对数传入我国，促进了我国古代数学的发展。

薛凤祚与西方对数之东来

□ 杨泽忠

薛凤祚（1599年-1680年），字仪甫，号寄斋，山东淄川人，明末清初著名天文学家 and 数学家。大家都知道其作出的一个重要贡献，即是在当时第一次将西方第谷天文学体系引入了我国，促进了我国天文历法的改革。其实除此之外，薛凤祚还有一项非常重要的贡献，即是在上述过程中，也首次将西方对数传入我国，促进了我国数学的发展。

回顾薛凤祚传入我国对数的过程，其大体可以分为三个阶段：一、翻译西方对数表，引入西方对数；二、编纂《比例四线新表》，会通中西数学；三、应用对数，积极传播。

翻译西方对数表，引入西方对数

薛凤祚出身于世家，父亲是明末万历年间的进士。受家庭环境的影响，薛凤祚很早就有志于学术。青少年时期曾受教于河北著名学者孙奇逢、鹿善继和魏文魁。魏文魁是当时有名的历算专家，在魏文魁的启发和引导下，薛凤祚曾到北京求教过当时来华的著名传教士汤若望(Johann Adam Schall von Bell)和罗雅谷(Giacomo Rho)。也许在汤若望和罗雅谷处薛凤祚没有学习到自己期待的知识，1652年薛凤祚又转身南下到了南京，在南京拜会了当时经常给国人讲授西方科技的波兰传教士穆尼阁(Jean Nicolas Smogolenski)，随即开始跟随穆尼阁学习西方天文和数学——薛凤祚即是由此将西方对数传进来的。薛凤祚在后来写成的一本书《比例四线新表》的序言中曾说：“壬辰春日，予来自白下……复得与弥阁先生（穆尼阁）求三角法，又求对数及对数四线表。”

薛凤祚跟随穆尼阁学会了西方对数之后做的第一项工作即是对西方对数表进行了翻译。之所以要翻译对数表，主要是薛凤祚在运用对数的过程中深刻体会到了对数的优越性和运用对数表的方便性。薛凤祚在为此表写的序中说：“日月星辰，有生之类莫不仰之……此其要在勾股，奈三角勾股，病检取不易，穆先生出而改为对数。今有对数表则省乘除，而况开方、立方、三四五方等法？皆比原法工力，十省六七，且无舛错之患，此实为穆先生改历法第一功。”

薛凤祚当时是如何进行翻译的？《比例四线新表》的序言中薛凤祚说：“予执笔以授。”这和当时许多中国知识分子翻译西方文

□ 周光华

古人向往银白透亮的月亮，是圣洁清纯的少女，因而编织月亮是温柔亮彩的女神，形成嫦娥奔月的美丽神话。《山海经·大荒西经》说：“帝俊妻常羲，生月十有二。”这是距今5000多年，父系氏族社会初期，母系族群“羲”姓成为父系族群“帝俊”婚娶的传说神话，依次生出12个月亮，等于确认每年有12个月的历法。“嫦娥奔月”是“常羲”生月衍生出来的神话。因为月亮圆缺复生充满生命的活力，也就寄托着古人对富有生育能力女性深情的崇拜，从而把月亮当作充满爱的生育女神的象征。

古人认识月亮

中国族群万年乃至5000年的历史进程，酿就认识月亮运行的规律。大约公元前1100年时的周朝初期，已经把月亮的圆缺运行规律划分为四个阶段（见月相变化图）。这四个阶段为“朔月”约7.5天，“朔月而晨见东方”（《开元占经》卷十一），月亮背向太阳，在日、地之间，早晨出现在东方，地球上的夜晚从朔月日（农历初一）看不见月亮，到新月芽出现，弧面向着日落方向被太阳照亮；月亮每天向东偏移，其后进入“上弦月”阶段约7.5天，从地球上看到太阳照到渐渐展大的半个月亮，月弦在半个月亮的东侧，日落时月亮在南中天附近；然后进入“望月”阶段约7.5天，阳光照亮面对地球的月亮，从地球上看到夜空中银白明亮圆圆的满月，于傍晚时从东方升起，通宵照耀着大地，清早在晨曦的光辉里西落；两天后，月亮的西边亏缺，进入“下弦月”阶段约7.5天，这个阶段太阳只能照亮月球东边的弧面，月亮的西边日益亏缺，半夜里月亮升起，直到黎明前成为挂在东方天空的一丝残月。“月晦而夕见西方”（《开元占经》），“晦”是月尽，农历每月的最后一天，到月光已尽时出现在西方。其后，进入月亮盈亏新的循环。因为月亮围绕地球旋转的轨道是椭圆形的，所以古人划分月亮盈亏分为“朔月”日经过“上弦月”“望月”到“下弦月”阶段，但是运行时间的长度并不一样，而月亮绕地球一周的自转周期是29.53天，出现“望月”（满月）的时间在月亮绕地球运转周期的15或16天。

月相的盈亏变化与时间，从古代传统天文学理论上说，新月在农历初一日，即朔月日，