

中国传统历法中交食亏复方位研究

辛佳岱^{1,2} 吕鹏³✉

(1. 西北大学 科学史高等研究院, 西安 710127; 2. 陕西省文化遗产数字人文重点实验室, 西安 710127;

3. 上海交通大学 科学史与科学文化研究院, 上海 200240)

摘要 交食亏复方位是中国古代历法步交会术中重要的内容,对完整描述交食过程不可或缺,且被作为验证一部历法好坏的标准之一。然而,前人对历代交食亏复方位术文的校勘及理解仍存在不足。本文梳理总结并探讨了传统历法中交食亏复方位判定方法的造术原理和演变过程:曹魏《景初历》最早引入判别亏起方位的方法,讨论了“月在内、外道”和“交”、“会”先后情形下的交食亏起方位,但是术文的描述与实际天象不符,究其原因,或与其制历时所用的粗糙日月轨道图示有关;隋唐及以后的历法家不再考虑“交”、“会”,亏复方位判定方法在《大业历》、《戊寅元历》基础上得以继承发展,至《大衍历》完善。后世历法中的此类方法直到明《大统历》、《回回历法》均与《大衍历》基本无异。与主流方法不同,《皇极历》术文繁杂,或是源于观测,《钦天历》考虑了黄道斜正等更多观测上的影响方位因素,推测其术源于一种完善的日月轨道模型理论。

关键词 《景初历》;《大衍历》;《钦天历》;交食;亏复方位

中图分类号 N092

文献标识码 A

文章编号 1000-0224(2024)04-0427-14

1 问题的提出

在中国传统历法的步交会章中,除了交食的食甚、食分和食延,亏复方位也是需要着重描述的对象,它也经常被视为验证历法好坏的标准之一。交食发生的亏起方位,东汉已有记述,尚书令黄香说:“日食皆从西,月食皆从东,无上下中央者”。^[1]景初元年(237)杨伟《景初历》中首次提出判别交食亏起方位的方法,其中“求日蚀亏起角术”分别讨论了月在内、外道,“先交后会”或是“先会后交”四种情形下的日食亏起方位。这种表述方式被南北朝《正光历》(522)和《兴和历》(540)两历直接沿用。此后历法摒弃了交会先后的条

收稿日期: 2022-02-21; 修回日期: 2024-07-10。

作者简介: 辛佳岱, 1991年生, 陕西宝鸡人, 博士后, 研究方向为中国数理天文学史。吕鹏, 1983年生, 上海人, 副教授, 研究方向为印度天文学史, Email: lvpeng496@126.com。

基金项目: 国家自然科学基金青年项目“中国古代月亮运动理论的模型及其精度研究”(项目编号: 12303069); 国家社会科学基金重大项目“中国历法史”(项目编号: 22&ZD221)。

件,隋代张胄玄《大业历》(608)还增加了对于复圆方位的描述,并考察了大食分时的日食亏起方位,初唐傅仁均《戊寅元历》(618)开始将日食、月食亏复方位分别描述,唐代僧一行《大衍历》(727)在前历的基础上补充了食甚的方位。至此,亏复方位判定方法基本定型,被后世历法沿用继承,是为交食亏复方位的主流方法。《皇极历》、《麟德历》、《钦天历》三历比较特殊,除了食分大小和月在黄道内外道以外,还引入了黄道斜正变化等更多影响方位的因素。

交食亏复方位之所以能被当成验证历法好坏的标准,是因为通过亏复方位可以直接判断历法所推算的月在内、外道的情形是否正确,进而得知与交食计算相关的交会周期和朔望月常数及相关算法是否正确,如《隋书·律历志》中就记载有刘宜依此检验张胄玄历和张宾历孰优孰劣。([2], 1904-1905 页)然而,前人对传统历法中的亏复方位判定方法还未曾有过系统梳理和专门研究,也没有进一步分析过其背后的造术原理^①,甚至对魏晋南北朝历法中的日食在东边和月食在西边亏起的错误也未能指出。^[3-7]陈美东在对《兴和历》进行校勘^[8]和引用刘宜的验历结果时^[9],对一些方位作了修改,这说明他已经意识到术文可能有误,但未明确指出及分析其中的原因。

有鉴于此,笔者对现存传统历法中的所有交食亏复方位术文进行释读,围绕有重要意义的《景初历》、《大衍历》、《钦天历》等历法分析其造术原理和模型,试图厘清此判定方法的起源与演变,并就术文校勘和一些技术细节(如“交”、“会”的确切含义,前后历术语差异问题等)做出深入探讨。

2 魏晋南北朝历法中的交会起角术

魏晋南北朝历法步交会术中的起亏方位,主要是以月在内、外道,以及交会先后为影响因素,进而给出了四种情况下的日食起亏方位。由于月食与日食起亏方位相反,一旦日食方位确定,月食起亏方位也就随之确定。因此,这一时期的历法在描述日食的亏起方位之后,通常会以“月食在日之冲,亏角与上反也”或以类似的文字对月食初亏方位简单说明。([2], 1697 页)

2.1 《景初历》等三历中的交食亏复方位

《景初历》是最早引入交食起亏方位判定方法的历法,且被其后《正光历》和《兴和历》所继承。为便于讨论,此处以《景初历》“求日蚀亏起角术”^②为这一时期交食亏复方位判定方法的代表,原术文摘录如下:

求日蚀亏起角术曰:其月在外道,先交后会者,亏蚀西南角起;先会后交者,亏蚀东南角起。其月在内道,先交后会者,亏蚀西北角起;先会后交者,亏蚀东北角起。亏蚀分多少,如上以十五为法。会交中者,蚀尽。月蚀在日之冲,亏角与上反也。([2], 1697 页)

在现代天文学中通常以“方位角”表示交食的亏复方位,它是初亏或复圆时日月圆面

① 日本和算家关孝和和建部贤弘曾以图示的方法对《授时历》中的日月食亏起方位方法进行过注解。^[6,7]

② 《景初历》“求日蚀亏起角术”算法在《晋书·律历志下》和《宋书·律历志中》中均有记载,且术文完全一致。

相切点在日面上的方位,以角度形式度量。“方位角”有两种定义,一种是以太阳圆面北点(即日心与天北极的连线与日圆轮的交点)为起算点,另一种是把日面顶点(即天顶与日心连线在日圆轮的交点)作为方位角的起算点。^[10,11]中国传统历法对交食亏复方位的理解基本上类似于第一种定义方式,即以太阳圆面的北点为北,黄道方向为东西。

在中国古代历法中,月亮在黄道以南被称为“月在外道”或者“月在阳历”;在黄道以北被称为“月在内道”或者“月在阴历”。上述文字可见,《景初历》正是以月亮位置作为交食亏起方位的讨论前提。由于日食时可见的是黄道上的日面(月食时是白道上的月面),所以亏起方位中讨论的对象是日面上的方位。术文“亏食分多少,如上以十五为法。会交中者,食尽。”意为合朔时发生日全食(食分为15),太阳恰过黄白交点,此时它被月亮完全遮挡。

《景初历》等三部历法中的交会起角术均为描述日食亏起方位,对月在外道、内道情形下的“先交后会”与“先会后交”时的起角方位分类论述,下面罗列出术文记载的亏起方位,如表1所示。

表1 《景初历》、《正光历》、《兴和历》日蚀亏起方位

月亮相对黄道的位置	“交”与“会”的关系	亏起方位
月在外道	先交后会	亏食西南角起
	先会后交	亏食东南角起
月在内道	先交后会	亏食西北角起
	先会后交	亏食东北角起

《正光历》、《兴和历》中的“推交会起角术”术文承袭了《景初历》“求日蚀亏起角术”。需要注意的是,这两部历法在讨论月食亏起方位时,言“其月食在日之冲,起角亦如之”。从字面理解,此处表述似与《景初历》矛盾。原因在于发生月食时,月亮是被遮掩的天体,因此月食与日食的起角方位理应相反,并非一致。但若将“起角亦如之”中的“之”字理解为方法,而非方位时,此处便可解释为界定月食起亏方位的方法与术文记载日食起亏方位的方法,这两者从原理上讲是相通的。

此外,《正光历》与《兴和历》中的“推交会起角术”在术文表述方面自相牴牾,并且存在脱文现象,故而有必要依据前后历法对原文进行合理校勘。

《正光历》术文记载如下:

推交会起角术曰:其月在外道,先会后交者,亏从东南角起;先交后会者,亏从西南角起。其月在内道,先会后交者,亏从西北角起;先交后会者,亏从西北角起。合交中者,蚀之既。其月蚀在日之冲,起角亦如之。凡日月蚀,去交十五为限,十以下是蚀也,十以上,亏蚀微少,光影相接而已。([2],1792-1793 页)

此处描述月在内道时,“先会后交者”与“先交后会者”时的日食亏起方位理应不同。因此,依据《景初历》,笔者将其校勘为“……其月在内道,先会后交者,亏从(西)[东]北角起;……”。

《兴和历》术文记载如下:

推交会起角术曰:其月在外道,先会后交者,亏从东南角起;先交后会者,亏从西南角起。其月在内道,先会后交者,亏从西北角起,合交中者,蚀之既。其月蚀在日之冲,起角亦如之。([2],1829 页)

前人对上述文字的校勘为:

推交会起角术曰:其月在外道,先会后交者,[月]亏从东南角起;先交后会者,[日]亏从西南角起。其月在内道,先会后交者,[月]亏从(西)[东]北角起(,)[;先交后会者,日亏从西北角起。]合交中者,蚀之既。……^[7]

通过对照《景初历》、《正光历》交食亏起方位判定方法的术文,以及我们之前的分析,此处无需补充校勘“月”和“日”二字。再者,对月在内道,“先会后交”与“先交后会”时的日食亏起方位的改动稍显繁琐,此处依据校勘改动最少原则,我们只需对原文校补一处,即“……其月在内道,先会后交者,[亏从东北角起;先交后会者,]亏从西北角起,……”。

2.2 “交”与“会”的含义

从表 1 可以看出,《景初历》等历法认为影响交会起角方位的因素有两点:其一,月在外道、内道;其二,交、会的先后关系,即术文所言“先交后会”还是“先会后交”。前者比较容易理解,那么,对于这三部历法中的交会起角术理解难点实际上就在于“交”与“会”两字的含义上。

在中国传统历法中,“交”、“会”在不同的语境中所表达的含义不同,“交”通常指交食、黄白交点;“会”指合朔、交食。刘洪涛在解释《正光历》起角术时,认为“交”是日食,“会”是月食;^[12]而王应伟在解释《景初历》起角术时,将“会”作日食解,且将月在外道时“先交后会”与“先会后交”的亏起方位记述混淆。^[13]那么,此处“交”与“会”究竟该取何意,我们可以通过分析《景初历》“求日蚀亏起角术”之前的一系列算法后来确认,相关算法包括“推合朔交会月蚀术”、“推合朔交会月蚀月在日道表里术”、“求次月”和“求去交度术”等。([2],1696 页)

首先,“推合朔交会月蚀术”是为了计算太阳在所求年天正月合朔时刻(或者次月合朔时刻及各月望时刻)的位置距其前一个黄白交点之间的度分。术文言“置所入纪朔积分,以所入纪交会差率之数加之,以会通去之”。如图 1 所示,太阳自入纪起始时刻 B 之前最近的过黄白交点 A_1 至所求年天正月合朔时刻期间运行的度分 A_1C ,再以“会通”(交会周期,即半个交点年)累减之,至不足半个交点年时,即所谓“所求年天正十一月合朔去交度分” A_nC 。推次月合朔及其月望时刻太阳的位置距其前一个黄白交点间的度分,与上述类似。所得结果在之后术文中被称为“朔望去交分”,这一数值可以被用来判断是否发生交食,即它在交点前后半个朔望月长度范围内,则在朔时会发生日食,望时会发生月食^①。

其次,“推合朔交会月蚀月在日道表里术”是依据纪首月所在表里^②,来推断天正合朔

① 对应术文“朔望去交分如朔望合数以下,入交限数以上者,朔则交会,望则月蚀”,其中“朔望合数”数值等于半个朔望月长度,而“入交限数”数值等于半个交点年与半个朔望月长度之差。因此,若“朔望去交分”小于“朔望合朔”,或者大于“入交限数”时,就会发生交食。

② 此处“月在日道表里”与“月在内外道”、“月在阴阳历”概念相似,是将月亮在黄道以南称为“月在日道表”;月亮在黄道以北称为“月在日道里”。

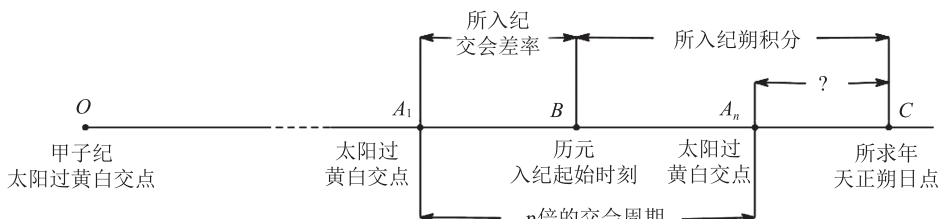


图 1 所求年天正十一月合朔去交度分图示

月在表里。如图 1 所示,此处 A_1A_n 中包含着偶数倍的交会周期,即 A_1 与 A_n 同为太阳过升交点或者同为过降交点。若合朔去交度分 A_nC 不足会通(半个交点年)时,则纪首与天正合朔月在表里一致;若 A_nC 大于会通时,则纪首与天正合朔月在表里相反。“求次月”是依据天正合朔时刻月在表里,来推断次月合朔时刻月所在表里。

之后又言“先交会后月食者,朔在表则望在表,朔在里则望在里”。如图 2 所示, m_1 与 s_1 为发生日食时的月亮和太阳, m_2 与 s_2 为发生月食时的月亮和太阳。合朔时月亮 m_1 在表,则望时月亮 m_2 也在表。“朔在里则望在里”与之类似,不再赘述。

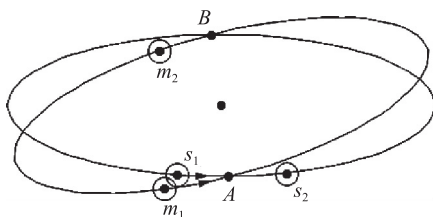


图 2 先交会后月食图示

随后,术文给出“前交后会”和“前会后交”的定义:交会月食如朔望合数以下,则前交后会;如入交限数以上,则前会后交。([2], 1696 页)

如图 3 和图 4 所示,发生月食时,月亮为 m_1 和 m_2 。若太阳 s_1 距前一个黄白交点 B 的度距小于朔望合数时,则先经过黄白交点,之后再发生月食(月面与地影相会);若太阳 s_2 距前一个黄白交点 A 的度距大于入交限数时,则先发生月食,之后再经过黄白交点。

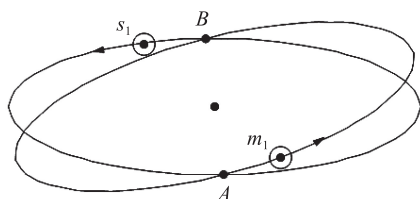


图 3 月食如朔望合数以下图示

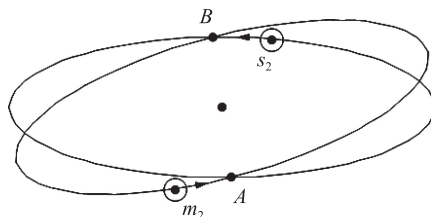


图 4 月食如入交限数以上图示

图 5 和图 6 表示发生日食时日月的相对位置。若月亮 m_3 与太阳 s_3 距其前一个黄白交点 B 的度距小于朔望合数时,则先经过黄白交点,之后再发生日食(月面与日面相会);若月亮 m_4 与太阳 s_4 距其前一个黄白交点 B 的度距大于入交限数时,则先发生日食,之后再经过黄白交点。

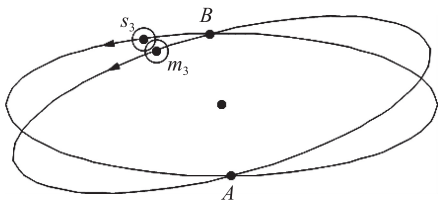


图5 日食如朔望合数以下图示

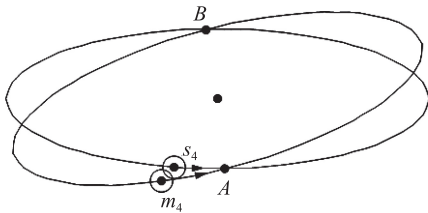


图6 日食如入交限数以上图示

上述分析得知,《景初历》术文中的“交”指过黄白交点,“会”指发生交食^①。另外,通过对之后“求去交度术”算法分析,也可进一步验证这种解释的正确性。至于《正光历》和《兴和历》二历,除了在交会起角术中沿用了《景初历》中的表述外,其余算法中未曾出现“先交后会”或是“先会后交”的说法。

2.3 造术原理分析

首先,我们运用 StellaNavigator (Ver. 9) 星图软件模拟了几组实际发生的日食起亏情景,图中太阳(白色带方位)和月亮(灰色)分别在黄道(实线)和白道(虚线)上由右往左运动。依据上述分析确定“交”为太阳过黄白交点,“会”为发生交食,图7和图8分别呈现出发生日食时月在内道,“先交后会”和“先会后交”的情形,可见日食起亏方位均为日面的西北角。

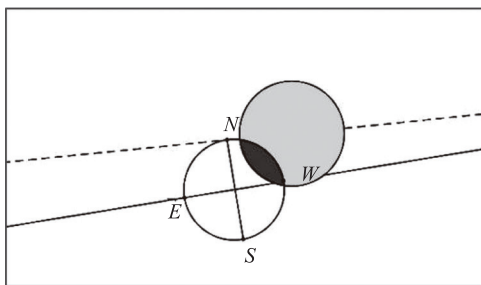


图7 发生日食时月在内道“先交后会”

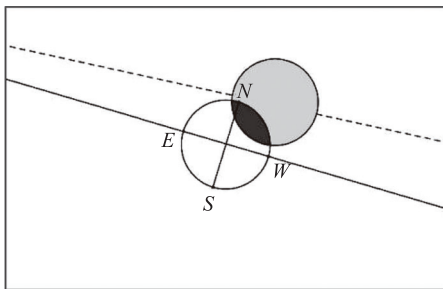


图8 发生日食时月在内道“先会后交”

类似地,我们还验证了月在外道“先交后会”和“先会后交”时,日食起亏方位均为西南角。由此可见,《景初历》等三历日食时提出月在外道和内道的“先会后交”情形下的起角方位分别为东南、东北,这都是与实际天象相矛盾的。既然无论何种情况下日食起亏方位都不可能自东边起,那么《景初历》术文为何会如此表述?

从图7和图8可以看出,“先交后会”与“先会后交”的不同之处在于交食过程中的月亮与黄道的距离是从小到大还是从大到小。杨伟制《景初历》时认为这种不同会导致交食起亏方位的不同。至于原因,我们推测他在造起角术时可能参照了一种比较粗糙的交食模型。据《宋书·律历志》记载,他强调在制历时曾“考天路”([2], 1686 页),即观测太阳与月亮的运行轨道,并很可能是将其画出来进行考量。那么,如果他以图9所示方法推考天路,将黄道和白道的夹角画得大了一些,那么就能得到“先会后交”时太阳亏起于东

① 当发生月食时月面与地影相会;当发生日食时日面与月面相会。

边的结果。

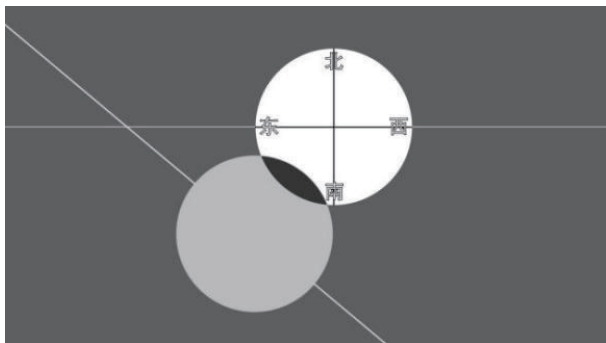


图9 黄白夹角过大导致太阳起亏于东边

虽然自刘洪《乾象历》(206)起,历法家已有黄白大距的概念并能计算任意时刻的月亮黄纬,但他们通常采用分限列表的数值方式,没有清晰的几何模型,因此也就无从得知黄白大距的长度就是黄白夹角的角度。不但如此,一般认为中国古代实际也没有角度计量的概念。^[14]杨伟的这个错误或许也能为此提供佐证。

依前所述,《景初历》所言月食亏起方位可以依照日食来判断,因此涉及到的因素也是月在内、外道以及交会先后。故而实际上月食在“先会后交”的情形下,月亮也不可能起亏于西边方位。概言之,交食起角方位只与月在黄道内、外有关,而与“先交后会”或是“先会后交”没有关联。况且由于日食时实际上太阳也不会从东边起亏,因此《景初历》等三部历法的术文存在缺陷。之后的历法家在总结亏起方位时可能也已经意识到这一点,具体表现为他们再无日食时太阳从东边起亏的记述,对交会先后关系也不再谈及。

3 隋代及之后历法中的交食所起术

隋代《大业历》和初唐《戊寅元历》两历中的交食亏复方位对《景初历》有所取舍,可以看成是一种过渡时期的方法,至唐代僧一行《大衍历》时终发展成熟,其后的历法家在总结交食亏复方位时也纷纷效仿《大衍历》的判定方法。然而,这时期的《皇极历》、《麟德历》、《钦天历》三历却与《大衍历》的主流方法不同。

3.1 《大业历》和《戊寅元历》中的交食亏复方位

《大业历》和《戊寅元历》将起角问题聚焦到月在内道、外道情况,摒弃了对交会先后的讨论。《大业历》对日食起角、复圆方位的“求所起”术文如下:

求所起:内道西北,亏东北;外道西南,亏东南。十三分以上,正左起。亏皆据甚时,月则行上起。([2],1927页)

当月在内道时,起角于西北,亏于东北;当月在外道时,起角于西南,亏于东南(术文中的“亏”意为复圆方位)。对月食起角方位表述则与《景初历》类似,仅仅说是“行上起”。值得注意的是,张胃玄首次在《大业历》中描述大食分日食时的初亏方位在正西,以后历法也都引入了大食分的交食亏起方位,即正西、正东。古代传统历法对于大食分的限定经历了从《大业历》与《戊寅元历》的“十三分”(13/15),到《大衍历》与《宣明历》的“十

二分”(12/15),再到《应天历》、《乾元历》、《仪天历》及其之后宋元历法的“八分”(8/10)的演变过程^①。唯独明代《黄钟历法》和《圣寿万年历》比较特殊,朱载堉规定日食的食分总数为10,月食为15,所以他在“求起复方所”中言“旧历日月食八分已上即言正东正西,今惟月食十分以上者始言之”^[17-18],即日月食大食分分别限定为八分(8/10)、十分(10/15)。总之,以上所要表达的日面所占比例几乎相同。不过,日本和算家建部贤弘指出八分、十二分是粗略的数字,他通过几何方法计算出精确的日食正东西之限是八分六十九秒,月食是九分二十六秒。([7],351-352页)

《戊寅元历》首次将月食与日食所起术分为两段术文记载,如下:

推月蚀所起术

若在外道,初起东北,蚀甚西北。若在内道,初起东南,蚀甚西南。十三分已上,正东起。

推日蚀所起术

若在外道,初起西南,蚀甚东南。若在内道,初起西北,蚀甚东北。十三(度)[分]已上,正西起。([19],1988-1989页)

《大业历》和《戊寅元历》两历中所称“亏”与“蚀甚”(食甚)方位实则与《大衍历》中复圆方位相同。在现代天文学中,亏指初亏,它和食甚、复圆属于交食发生过程中的不同阶段。显然,初亏或是食甚方位并非复圆的方位。因此,若无校勘问题^②,这里的“亏”和“蚀甚”按复圆来理解似乎更为妥当。

3.2 《大衍历》及之后历法中的交食亏复方位

《大衍历》沿用了《戊寅元历》的模式,分别对日食、月食的亏复方位做出讨论,之后一系列历法的亏复方位判定方法都是在此基础上编制而成。因此以《大衍历》交食亏复方位为例,对其后的各历法均按照靠近原则,解释其异同之处即可。《大衍历》相关术文如下:

求月蚀所起^③ 月在阴历,初起东南,甚于正南,复于西南。月在阳历,初起东北,甚于正北,复于西北。其蚀十二分已上者,皆起于正东,复于正西。([19],2085-2086页)

求日蚀所起 月在阴历,初起西北,甚于正北,复于东北。月在阳历,初起西南,甚于正南,复于东南。其蚀十二分已上,皆起正西,复于正东。([19],2089页)

《大衍历》及之后历法中的交食亏复方位通常包含两段术文,分别论述月食和日食时月亮在黄道阴、阳历情形下的起亏、食甚及复圆的方位。由于日食、月食的参照对象分别是太阳和月亮,所以月食和日食亏起等方位恰相反,具体如表2所示。若食在交点附近为全食时,月食起亏方位正东,复圆方位正西,日食与其正相反。如术文言“求月蚀所起……其蚀十二分已上者,皆起于正东,复于正西”与“求日蚀所起……其蚀十二分已上,皆起正西,复于正东。”

① 中国传统历法中,在《崇玄历》以前各历法的食分总数均为十五分,而由《崇玄历》始及其后各历法食分总数都改为十分。^[15,16]

② 王应伟解释《大业历》这段为“在内道则起西北,亏东北;……则从左起(亏皆据食甚而言,月则上行起。此后疑有脱字)”。([13],428页)

③ “蚀”同“食”,《大衍历》中用“蚀”,之后历法中多用“食”。

表 2 《大衍历》月蚀、日蚀亏复方位

日月蚀所起	月在黄道阴阳历	初起、食甚、复圆方位
月蚀所起	月在阴历	初起东南, 甚于正南, 复于西南
	月在阳历	初起东北, 甚于正北, 复于西北
日蚀所起	月在阴历	初起西北, 甚于正北, 复于东北
	月在阳历	初起西南, 甚于正南, 复于东南

《大衍历》月食、日食所起方位的判定方法对之后的《宣明历》、宋代的《应天历》、《乾元历》、《仪天历》、《崇天历》、《明天历》、《观天历》、《纪元历》、《统元历》、《乾道历》、《淳熙历》、《会元历》、《统天历》、《开禧历》、《成天历》、金代的《知微历》、元代的《庚午元历》、《授时历》以及明代的《大统历》、《回回历法》等历法中的交食亏复方位有着持久的影响, 这些历法在论述月食所起时的条件均与《大衍历》的表述一致, 即月在阴历、阳历, 然而日食所起时的条件却在不同历法中的表述存有差异, 如表 3 所示。

表 3 《大衍历》之后的历法对日食所起条件的不同表述方式

朝代	历法及其对应术文	日食所起条件的表述
宋代	《应天历》“日食起亏”([20], 2496-2497 页)	距交分如四百二十以上者; 如以下者
	《乾元历》、《仪天历》“求日食初起”([20], 2496-2497 页)	日在阴历; 日在阳历
	《崇天历》“求日食所起”([20], 2607 页)	日在阴历; 日在阳历
	《明天历》“求日月食初亏复满方位”([20], 2673 页)	日在阴历; 日在阳历
	《观天历》“求日食所起”([20], 2774 页)	日在阴历; 日在阳历
	《纪元历》“求日食所起”([20], 2832 页)	日在阴历; 日在阳历
	《统元历》、《乾道历》、《淳熙历》、《会元历》“日月食所起”([20], 2930-2931 页)	法同前历, 此不载
	《统天历》、《开禧历》、《成天历》“日食所起”([20], 2997-2998 页)	法同前历, 此不载
金代	《知微历》“求日食所起”([21], 3261 页)	食在既前, 食在既后
元代	《庚午元历》“求日食所起”([21], 3498 页)	食在既前, 食在既后
	《授时历》“求日食所起”([21], 3421-3422 页)	食在阳历; 食在阴历
明代	《大统历》“推日食起复方位”([22], 3727 页)	阳历; 阴历
	《回回历法》“求初亏食甚复圆方位”([22], 3770 页)	与大统法同

将这些表述与《大衍历》日月食所起术文进行比较, 可知“距交分如四百二十以上者”、“日在阴历”、“食在既后”、“食在阴历”与《大衍历》的“月在阴历”等价, “如以下者”、“日在阳历”、“食在既前”、“食在阳历”实际与《大衍历》的“月在阳历”也是等价的。换言之, 若按月在阳历、月在阴历来理解, 所有历法中的方位均与《大衍历》表述完全一

致。究其本质均是以月在黄道南、北而定,那么唐代之后的历法家为何要以不同的形式来表述?我们对其原因具体分析如下:

其一,唯独《应天历》中以“距交分如四百二十以上者”、“如以下者”的方式来界定月在阴历还是阳历,是由于在“日食起亏”之前的“日食分”算法术文言“置距交分,如四百二十以下者类同阳历分;以上者去之,为阴历分”。^[20]由此可见,此处“距交分如四百二十以上者”即月在阴历,同样“如以下者”表示月在阳历。

其二,宋代历法中通常采用“日在阴历”、“日在阳历”的说法,而从前面论述中我们得知交食的亏复方位主要与月在黄道南北有关,与日在赤道南北无关。所以,此处将“日在阴历”理解为发生日食时月在阴历,同样“日在阳历”表示日食时月在阳历。

其三,金元时期历法中采用“食在既前”、“食在既后”的表述方式,是由于《知微历》和《庚午元历》中有一组关于“日蚀既前限”和“日蚀既后限”的常数,这两者与计算月亮在黄道南时的日食必偏食限和月亮在黄道北时的日食必偏食限相关。^[23]因此,“既前”可以理解为月在黄道南,“既后”为月在黄道北。

其四,还有一种说法是“食在阳历”、“食在阴历”,可以理解为发生交食时,月亮在阳历或者月在阴历。

朱载堉的《黄钟历法》和《圣寿万年历》中的“求起复方所”不仅在前历的基础上做了总结,还特别在术文中讲明了这些方位的确切含义:“皆指北极所在为北,日月所在为南,不必据午地论”^[16,17],即类似前述现代天文学的第一种方位定义。

3.3 主流方法之外三部历法中的交食所起术

《皇极历》、《麟德历》、《钦天历》三部历法在记载日月食亏起方位时相对于前述《大衍历》类历法颇为不同,因此我们将之归为“主流”之外的方法。

《皇极历》的交食理论多有创新。刘焯于开皇三年(583)奉诏制历,“顾循记注,自许精微”([2],1931-1933页),并且他驳斥胄玄历疏漏的理由有“测今不审,考古莫通”,且认为其日月食记录不准。可见,刘焯对于天象的观测与记录极其看重,或许亲自进行过日月食观测。《皇极历》“推日月食所起术”与以往历法截然不同,它细致地讲述了日食发生在不同天区以及朝向不同方向时的观测情况。例如,食分在12分以上时,太阳从右面(西)起亏而于左面(东)复圆。若日食发生在正东方,月亮从太阳的近乎上面亏太阳并向北运动。……朝望东边时的方向是以下为东,在西边则是以下为西。^①所以,《皇极历》描述的不单是日面或月面北点为基准的方位,还包括以天顶为基准的正方向上的偏差。其内容以“术”而言明显繁琐,更像是基于多次日食观测的记录。同时,现存这部分术文中有意义不明和矛盾之处,如月在内者时的“维北,起西南,亏东北”和在外者时“维北,月有西南,日复东北”([2],1962-1963页)矛盾,尚需进一步校勘。总体而言,我们认为它的“术”其实是观测的记录,缺少模型或是理论分析,因此所记载方位并不是真正普遍适用的。

与《皇极历》类似,《麟德历》“求月(日)食所起术”分类讨论了日月食发生在天空中

① 术文曰:若食十二[分]以上,起右亏左。其正东,其上近亏下而北……在东则以上(引者注:“上”应为“下”)为东,在西则以下为西。([2],1962-1963页)

不同位置(分东南西各三辰)时以天顶为方向基准的起角变化。以月食时月在内道为例:月在内道,若食发生在东方三辰的方位时,亏起部分自月面的下方斜着朝南向上;若食发生在南方三辰时,亏食部分在月面左下(东南),食甚时在正南,复圆于右下(西南);若食发生在西方三辰时,亏食起于月面上方,然后斜着从南边向下运动。当食分大于12分时,则“各据黄道升降,以准其体”,即都依照黄道倾斜的方向起复。^①因为黄道每时每刻的升降倾斜都不同,需将月食的发生时间和天空中的位置也考虑在内。可见,《麟德历》相比《皇极历》术文更简洁,看似是对观测结果进行了归纳。并且,若以天顶为方向基准,《麟德历》正确地指出不同时刻季节的亏角变化会受黄道升降所影响。

《钦天历》将黄道,甚至白道的斜正对起角方位的影响做出了描述和分析,其术文如下:

亏食所起

日食起亏自西,月食起亏自东。其食分少者,月行阳道,则日食偏南,月食偏北;阴道,则日食偏北,月食偏南:此常数也。立春后,立夏前,食分多,则日食偏南,月食偏北;立秋后,立冬前,食分多,则日食偏北,月食偏南:此黄道斜正也。阳道交前,阴道交后,食分多,则日食偏南,月食偏北;阳道交后,阴道交前,食分多,则日食偏北,月食偏南:此九道斜正也。黄道比常数所偏差少,九道比黄道所偏又四分之一:皆据午而言之。若午前午后,一理偏南,一理偏北,及消息所食分数多少,以定初、甚、末之方,即各得所求也。([19],2423-2424页)

这里讨论了三种影响日月食亏起方位的因素:其一是食分大小、月亮在黄道内外的“常数”;其二是一年四季中不同的“黄道斜正”;其三是距黄白交点位置所造成的“九道斜正”。

具体而言,若交食发生于正午(此时被掩天体圆面的北点和高点重合)^②,常数情形指:日食起亏自西,月食起亏自东,若小食分时,月亮在黄道南则日食起亏方位是西偏南,月食为东偏北;月亮在黄道北时日食为西北,月食为东南。黄道斜正表现为:大食分时,立春后、立夏前,正午日食起亏方位与正方位相比偏南,月食偏北;立秋后、立冬前,日食偏北,月食偏南。黄道斜正所引起的方向偏差在春秋分时最大,为24度。最后,九道斜正是交食发生时距黄白交点前后所造成的偏差,月亮过升交点前或过降交点后发生的日食偏南,月食偏北;过升交点后或降交点前日食偏北,月食偏南。它所造成的效应是黄道最大偏差的四分之一,即6度。

术文还指出,以上讨论的三种影响(亦被称为“理”)中,常数造成的方向偏差要大于黄道斜正的偏差,后者又要大于九道斜正的偏差。若要讨论正午以外情形,或是一理偏南

① 术文曰:月在内道:蚀东方三辰,亏自月下邪南上,月从西而渐北,自东而渐南。蚀南方三辰,亏自左下,甚于正南,复于右下。蚀西方三辰。亏自南而渐东,月从北而渐西,起于月上,邪南而下。……凡蚀十二分已上,皆随黄道所在起复,于正傍逆顺上下每过其分。又道有升降,每各不同,各随时取正。([19],2026-2027页)《麟德历》这部分的相关术文与《皇极历》一样,存在意义不清甚至是矛盾的地方,尚需进一步校勘。

② 《钦天历》的这句“皆据午而言之”被后代律历志的注释者们反复引用注于起角术的末尾。然而,绝大多数历法家在造术时(若单纯以圆面北点为基准时)并无这样的要求,如朱载堉在其历法中明言:“不必据午地论”^[17,18]。

一理偏北时,则应以三种理及食分大小为变量进行“消息”,即按比例增减这些方位影响因素,从而可以计算出初亏、食甚和复圆方位与以天顶为基准的正方位间的实际偏差量。

我们认为,《钦天历》“亏食所起”术体现出其背后有一套完善的日月轨道模型,其认识已脱离了实测的层面。事实上,《新五代史·司天考》记载《钦天历》造历者王朴的奏书中就有他对赤道、黄道和白道的细致描述:

赤道者,天之紘带也。其势圜而平,……黄道者,日轨也。其半在赤道内,半在赤道外,去极二十四度。当与赤道近,则其势斜;当与赤道远,则其势直。……九道者,月轨也。其半在黄道内,半在黄道外,去极远六度。出黄道,谓之正交;入黄道,谓之中交。若正交在秋分之宿,中交在春分之宿,则比黄道益斜。……今以黄道一周,分为八节;一节之中,分为九道;尽七十二道,而使日月无所隐其斜正之势焉。([19], 2408 页)

可见,王朴对天赤道、黄道和白道的形态和关系,以及白道在黄道上的滑动等的认识与我们今天所理解的天球上的日月轨道基本一致。正因如此,他说:“考黄道之斜正,辨天势之升降,而交食详焉”([19], 2407 页)。此外,对于日月食成因他也有较为正确的理解:“无食神首尾之文”,“日月之相掩,与暗虚之所射,其理有异”([19], 2409 页),《钦天历》进而对日食和月食的食限算法做出了区分,并在后者的计算上有了非常大的进步([5], 486-487 页)。因此,北宋刘羲叟评价《钦天历》是《大衍历》之后又一部“能自为一家”的优秀历法([19], 2439 页)。

综上所述,从《皇极历》类三历中可看到起角术的演变有如下特征:其一,所描述的方位是以天顶为基准的观测者方位,除东南西北外还有左右上下等描述,并区分了午前、正午、午后三种情形。其二,造术依据似有从《皇极历》的单纯实测记录到《麟德历》的对实测结果的归纳,再到《钦天历》的理论模型的转变。尽管刘焯对于方位的描述异常细致,但也诚如王朴所言“《皇极》旧术,则迂迴而难用”([19], 2408 页),即很难透彻理解它并加以使用。其三,除食分大小和月亮在黄道内外这两因素以外,历法家还逐渐认识到一年之中黄道斜正的变化对亏起方位的影响,如从《皇极历》的“随其所处,每用不同”到《麟德历》较笼统提出的“各据黄道升降”,最后则是《钦天历》对“黄道斜正”的定性定量的叙述。这也是此三历与其它历法在起角方位问题上的根本不同之处。

4 结 论

曹魏《景初历》中最早引入交食亏复方位判定方法,其术文按月在内、外道和交食发生在太阳过黄白交点的前后,即所谓“先会后交”和“先交后会”,来区分出四种情形,分别给出不同的日食亏起方位。然而,通过分析同时期历法的术文并结合天文软件模拟交食亏起方位,我们认为其中“先会后交”时所描述的日从东边、月从西边的亏起方位实际上与真实天象不符。为了解释其原因,推测杨伟在“考天路”造此术时可能借助了一种粗糙的交食模型作图,即将黄白夹角画得过大,从而导致了对于亏起方位的错误认识。《景初历》判别交食亏复方位的方法除了被《正光历》、《兴合历》两历沿用以外,此后历法都不再将交会先后视为影响亏复方位的因素。

隋代《大业历》除描述交食亏起方位外,还增加了复圆方位,自唐初《戊寅元历》开始日食和月食进行分别描述。唐代《大衍历》在此基础上还补充了食甚方位。这之后历法中的交食亏复方位方法主要以《大衍历》中的判定方法为主流,认为影响亏复方位的主要因素是食分大小,以及月在内、外道情形。然而,这些历法在具体术文表述和用词上会稍有不同,如“日在阳历/阴历”、“食在既前/既后”等。但若将其与《大衍历》术文对比,同时联系各历法前后算法术文,可看出它们的本意仍为月在黄道南或黄道北,其方法也均与《大衍历》中的等价。

与主流《大衍历》亏复方位判定方法相比,《皇极历》、《麟德历》、《钦天历》三历对亏复方位的描述有其独特之处,意识到并且也最终归纳出了一年四季黄道与赤道的斜正变化所引起的交食方位与正方位的偏差变化。由于这三历本身具有承袭和改进的关系,从其亏复方位方法上能看出历法家们所持的制历指导思想经历了从实际观测到理论模型,以及从详细记录到抽象理论的演变过程。特别地,《钦天历》采用的模型正确地描述了赤道、黄道与白道的位置关系,还据此对如何能定量计算出方向偏差给出了一般性的指导,这在其他历法中亦是未曾有过的。亏复方位算法的演变体现了中国传统历法的多样性和丰富性。

虽然对交食亏复方位的把握相比于交食其他算法要简单,但是古人在开始时还是在认识上犯了一点错误,然而经过后续历法家不断努力改良之后,终于在《大衍历》中得到完善。从中也可以看出中国古代传统历法的一丝发展脉络,以及古人对于天文现象背后原理由模糊到逐渐清晰的探索过程和不懈追求的科学精神。

致 谢 感谢匿名专家和邹大海研究员的宝贵审稿意见。感谢中国科学院国家授时中心刘次沅研究员和马莉萍研究员帮助提供现代天文学中交食方位角的相关资料。同时对陕西高校青年创新团队“丝绸之路科技文明交流研究创新团队”的支持表示衷心感谢。

参 考 文 献

- [1] 萧子显. 南齐书[M]. 北京: 中华书局, 2017: 227.
- [2] 中华书局, 编. 历代天文律历等志汇编(六)[M]. 北京: 中华书局, 1976.
- [3] 中国天文学史整理研究小组, 编著. 中国天文学史[M]. 北京: 科学出版社, 1981: 129.
- [4] 宁晓玉. 明清之际确定日月食方位的几种方法[J]. 自然科学史研究, 2004, 23(1): 25-37.
- [5] 曲安京. 中国数理天文学[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 524-528.
- [6] 関孝和. 天文数学雑著[A]. 平山諦, 等. 関孝和全集[M]. 大阪: 大阪教育図書株式会社, 1974: 21.
- [7] 建部贤弘, 著. 徐泽林, 张稳, 译注. 《授時曆解議(數解與術解)》译注与研究[M]. 北京: 中国社会科学出版社, 2024: 350-352.
- [8] 陈美东. 历代律历志校证[M]. 北京: 中华书局, 2008: 37-38.
- [9] 陈美东. 古历新探[M]. 沈阳: 辽宁教育出版社, 1995: 492-493.
- [10] 刘次沅, 马莉萍. 中国历史日食典[M]. 北京: 世界图书出版公司, 2005: 7.
- [11] 唐汉良, 余宗宽. 日月食及其计算概要[M]. 南京: 江苏人民出版社, 1959: 100.
- [12] 刘洪涛. 古代历法计算法[M]. 天津: 南开大学出版社, 2003: 326.
- [13] 王应伟. 中国古历通解[M]. 沈阳: 辽宁教育出版社, 1998: 28-29.

- [14] 关增建. 中国古代角度概念与角度计量的建立[J]. 上海交通大学学报(哲学社会科学版), 2015, 23(3): 52-59, 75.
- [15] 陈美东. 中国古代的月食食限及食分计算法[J]. 自然科学史研究, 1991, 10(4): 297-314.
- [16] 唐泉. 中国古代的日食食分算法[J]. 自然科学史研究, 2005, 24(1): 29-44.
- [17] 朱载堉. 黄钟历法[M]. 文渊阁四库全书本.
- [18] 朱载堉. 圣寿万年历(附律历融通)[M]. 文渊阁四库全书本.
- [19] 中华书局, 编. 历代天文律历等志汇编(七)[M]. 北京: 中华书局, 1976.
- [20] 中华书局, 编. 历代天文律历等志汇编(八)[M]. 北京: 中华书局, 1976.
- [21] 中华书局, 编. 历代天文律历等志汇编(九)[M]. 北京: 中华书局, 1976.
- [22] 中华书局, 编. 历代天文律历等志汇编(十)[M]. 北京: 中华书局, 1976.
- [23] 曲安京, 唐泉. 中国古代日食食限与食分算法[J]. 中国科技史杂志, 2008, 29(4): 347-357.

Study on the Direction of the Occultation of Eclipses in Chinese Traditional Calendars

XIN Jiadai^{1,2}, LÜ Peng³

(1. Institute for Advanced Study in History of Science, Northwest University, Xi'an 710127, China;

2. Shaanxi Provincial Key Laboratory of Cultural Heritage and Digital Humanities, Xi'an 710127, China;

3. School of History and Culture of Science, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China)

Abstract Finding the beginning or end direction of an occultation is important in the descriptions of eclipses in Chinese calendar-making systems, and it is used as one standard to verify the quality of a calendar. However, there are still some deficiencies in our understanding and textual editing of this. Through an examination of the original texts and analysis of the principle of the rules, we summarize the evolution of the rules pertaining of the beginning or end direction of occultation in calendric systems. The *Jingchu li* (景初历, *Jingchu Calendar*) of the Cao Wei period first introduced the rule that gives the direction of the occultation in the cases of “the moon on the inner and outer paths” and the sequence of *jiao* (交, sun passing the node) and *hui* (会, occultation), but is wrong, perhaps due of the rough calculations of the paths of the sun and the moon that lie behind it; the calendars of the Sui and Tang dynasties and later no longer considered *jiao* and *hui*, developing a rule on the base of the *Daye li* (大业历, *Daye Calendar*) and the *Wuyinyuan li* (戊寅元历, *Wuyinyuan Calendar*), which is perfected in the *Dayan li* (大衍历, *Dayan Calendar*); later rules up to the Ming's *Datong li* (大统历, *Datong Calendar*) and *Huihui lifa* (回回历法, *Muslim Calendar*) are basically no different from that of the *Dayan li*. On the other hand, the rule in the *Huangji li* (皇极历, *Huangji Calendar*) is probably based on observation, while that in the later *Qintian li* (钦天历, *Qintian Calendar*) involving the consideration of the ecliptic's change, is on an elaborate model theory of the paths of the sun and the moon.

Keywords *Jingchu li* (景初历, *Jingchu Calendar*); *Dayan li* (大衍历, *Dayan Calendar*); *Qintian li* (钦天历, *Qintian Calendar*); eclipse; direction of the occultation