

汉代日食记录的可靠性分析

——兼用日食对汉代历法的精度进行校验

邢 钢 石云里

(中国科学技术大学 科技史与科技考古系,安徽 合肥 230026)

摘 要 通过细致的文献分析和研究,参考前人的已有工作并结合当代日食计算程序,逐条对两汉时期保留的日食记录的可靠性进行了系统的分析讨论,指出了前后《汉书》、前后《汉纪》、《通志》、《世史正纲》、《全上古三代秦汉三国六朝文》以及地方志等诸多文献中一些记录的错误情况,分析了一些错误的原因并予以修正。在此基础上指出,汉代在日食的观测和记录方面取得了非常大的进步。最后采用汉代历法家的思路,利用可靠日食记录对《三统历》、《四分历》的合朔推算精度进行了分析,发现《三统历》确实存在着明显的后天问题,并且在东汉初期变得非常严重,《四分历》虽然通过历元的调整暂时缓解了这个问题,但是由于该历法所取得朔望月长度并没有实质进步,所以,它并没有从根本上解决问题。

关键词 汉代日食 《三统历》 《四分历》 历法精度

中图分类号 N092: P1-092

文献标识码 A **文章编号** 1673-1441(2005)02-0107-15

我国古代保存下来丰富的日食记录,这些日食记录是非常珍贵的历史资料,对于历史学、天文学(比如对地球自转加速度的计算)等研究领域都具有重要的意义。汉代日食记录同时具有年代较早和记录较为完整的优点,是不可多得的宝贵史料。朱文鑫^[1]、陈遵妫^[2]等都对汉代日食记录做过整理分析工作,《中国古代天象记录总集》^[3](以下简称《总集》)一书更是对日食记录进行了十分完整的收录。最近,徐振韬等人在英译中国古代天象记录时也收入了汉代日食记录^[4],刘次沅又建立了包括汉代日食在内的计算机可读的古代日食记录表^[5]。在上述这些工作中,都包含有对汉代日食记录可靠性的一些分析判断,还有学者对汉初日食记录做过专门研究^[6]。不过,目前尚未见到对汉代日食记录可靠性进行系统分析的研究著作发表,许多记录仍有必要进一步讨论。笔者通过全面细致的文献考证,对汉代日食记录的可靠性进行了逐条分析,指出并修正了一些文献中日食记录的错误,进而对汉代日食记录的整体情况做了简要探讨,解释了汉代对日食记录和观测

收稿日期:2004-12-14; 修回日期:2005-04-09

作者简介:邢钢,1978年生,河北山海关人,中国科学技术大学科技史与科技考古系博士研究生。石云里,1964年生,安徽宿松人,科学史博士,中国科学技术大学科技史与科技考古系教授。

基金项目:国家自然科学基金项目(项目编号:10173012);中国科学技术大学研究生创新基金项目(项目编号:KD2004061)

的进步情况。最后,结合笔者最近编写的《三统历》和《四分历》计算机模拟程序 LiuXin 1.0^[7]、BianXin2.0^①,应用前面对日食记录的分析结果,对《三统历》和《四分历》推算合朔时刻的精度概况进行了探讨,同时也指出东汉贾逵论历中有关日食讨论的两处明显错误。兹将研究结果详述如下,以就教于高贤。

1 日食记录的可靠性分析

如果将《古今注》中提到的日食记录予以分别计数,则《总集》中一共收录了汉代日食记录 188 条(包括《总集》日食记录部分最末“不确定类”所收的 7 条记录)。其中,汉初(公元前 206 ~ 前 105 年)45 条,《三统历》(即《太初历》)行用时期(公元前 104 ~ 公元 83 年)75 条,《四分历》行用时间段(公元 84 ~ 220 年)68 条。在对这些日食记录进行讨论时,可以将它们大体分为三类,即正确的记录(115 条),略有舛误但可以分析出错误原因并予以修正的记录(40 条),以及分析后可以判断为错误的记录(33 条)。其中最需要详加讨论的就是第二类日食记录,我们将选择其中一些情况较为复杂的记录进行详细探讨;对于所有其他有必要说明的各类记录,则分别列成简表予以分析。下述日食记录后面所附的页码,如无特殊说明,均指该条记录收录在《总集》中的页码。

1.1 “汉王二年十月晦”(128 页)、“汉孝文帝元年十一月晦”(129 页)、“汉景帝六年十一月晦”(130 页)

这 3 条记录都是出自《世史正纲》^[8],《总集》在对它们进行收录时注明了年份可能存误。这 3 条记录的年份确实是出现了差误,而且事实上它们的错误原因是一致的,即《世史正纲》中的纪年方式与汉初的实际情况是不相符的。汉初使用的是《颛顼历》,每年以十月为岁首,若该年有闰月则在年末加上一个后九月^[9],但在《世史正纲》中记述这段历史时则直接采用了后世的月份排列情况——每年从正月排到十二月,所以在《世史正纲》中往往就将发生在后一年年初的事情记在了前面一年的年末。例如,将发生在汉王“三”年年初的十月晦日食,记在了汉王“二”年的年末。这 3 条记录中都出现了年份提早一年的差误。其正确时间依次应该为:汉高祖“三年”十月甲戌晦(公元前 205 年 12 月 20 日)、汉孝文帝“二年”十一月癸卯晦(公元前 178 年 1 月 2 日)、汉景帝“七年”十一月庚寅晦(公元前 150 年 1 月 22 日)。此外《世史正纲》中还有多条在年份信息上出现了同类错误的日食记录,例如汉王二年十一月晦(《总集》128 页)、汉孝文帝二年十月晦、十一月晦以及汉景帝四年十月晦的日食(后面这三条《总集》未收),等等([8], 170、184、190 页)。从记录上来讲,这几次日食的年份也都应该推后一年,如汉孝文帝二年十月晦的这次日食,实际上是发生在文帝三年十月晦(公元前 178 年 12 月 22 日)。不过,其余几次在做了这种改正之后也无实际发生的日食与之对应。

1.2 “汉元帝建昭五年六月壬申晦”(133 页)

张培瑜等判断该日食记录非“其前一年(建昭四年)十月丁丑合朔(历作九月晦)日

① LiuXin1.0 参照薄树人等对《三统历》术文的解读,已经成功恢复出了《三统历》的全部推算功能,BianXin2.0 也已经恢复出了《四分历》的各项推算功能。它们都能够用以辅助对汉代历法的分析研究,而且用汉简历谱等汉代历日和天象资料对两个程序进行检测,很好地证实了它们的可靠性。

食”莫属,而且记录“时间相差十个月”^[10]。徐振韬等也做出了同样的判断^[4]。建昭五年(公元前34年)没有在中国境内可见的日食,所记日食其实是发生在建昭四年九月丁丑晦(公元前35年11月1日)。这次日食如果是在西安观测,食分达到了0.844,并且是带食而没,这正与《汉书·五行志》中对这次日食的描述“不尽,如钩,因人”^[11]完全一致,也即可以进一步确认张培瑜和徐振韬等得到的结论是正确的。

1.3 “汉成帝建始二年二月己酉晦”(133页)、“汉成帝建始三年正月己卯晦”(133页)、“汉成帝建始四年七月辛未晦”(134页)

这3条记录都是出自《通志》,它们及前后邻近相关日食记录的原文如下(限于篇幅,有所节略,着重号为笔者所加):

“……成帝建始三年……;河平元年……;三年……;四年……;阳朔元年……;建始元年秋九月丁巳晦,日有食之;二年春二月己酉晦,日有食之;三年春正月己卯晦,日有食之;四年秋七月辛未晦,日有食之;元延元年……”^[12]

《通志》中的日食记录是按照时间顺序进行记录的,成帝时期的年号应该依次是:建始、河平、阳朔、鸿嘉、永始、元延、绥和。至此可知,其实这3条记录错误的原因只是《通志》中的一字之误,即将永始元年日食记录中的“永”字误为“建”字,又进而关联到后面二年、三年、四年的日食记录,致使连续4条日食记录年份皆误,《总集》此处收录的是后面3条,而第一条未予收录。如将“建”字改回“永”字,便可发现这几条“永始”年间的日食记录正与《汉书》等记载的日食记录完全一致,用现代日食计算程序^①也进一步验证了它们的可靠性。所以,这3条日食记录的正确时间依次应该为:汉成帝“永始”二年二月乙酉晦(公元前15年3月29日),且《通志》中将“乙”误为“己”;汉成帝“永始”三年正月己卯晦(公元前14年3月18日);汉成帝“永始”四年七月辛未晦(公元前13年8月31日)。

1.4 “汉成帝鸿嘉三年四月乙亥朔”(134页)

这条记录是出自《前汉纪》,在笔者所引版本中作“己亥”,其前后相关文字如下:

“[鸿嘉]三年,……时数有灾异,谷永、杜钦等皆陈咎在于后宫,上然其言,于是省减掖庭后宫椒房用度,皇后上疏自陈,以为上诚太迫急,上于是采言事者之意以报之曰:‘建始元年正月,白气出营室者,后宫也;……至其九月流星出于文昌,贯紫微宫,临钩陈,此又彰显前灾,著其在内也;……夏四月己亥朔,日有食之,于东井;东井,京师地也,己,土也,亥,水也;明阴气盛,咎在内也。……’”^[13]

可见该日食记录事实上是出自成帝应答的话语中,而当时成帝所说的这段话,其实只是在针对天灾咎于后宫的观点追忆往事。所以此处所说的“夏四月己亥朔”日食并不是发生在汉成帝鸿嘉三年(公元前18年,该年无中国境内可见的日食发生),也并非建始元年。通过分析其历日信息以及该阶段可见日食的情况,即可知其所指的是汉成帝河平元年四月己亥晦(公元前28年6月19日)的日食,文中的日食“于东井”,也与《汉书·五行志》记录的河平元年日食“在东井六度”([11],3909页)一致,只是《前汉纪》还将晦日误作了朔日。

1.5 “汉成帝永始二年正月己亥朔”(134页)、“汉成帝元延元年七月”(259页,不确定类)

这两条记录都是出自《全上古三代秦汉三国六朝文》。其中前一条“正月己亥朔”日

① 我们使用的是 Peter Huber 根据 R. Stephenson 的算法编制的 SOLEC。

食记录是出自谷永的《灾异对》，其相关内容原文如下：

“建始元年以来，二十载间，群灾太（太当作大）异，交错锋起，多于《春秋》所书，八世著记，久不塞除。重以今年正月己亥朔，日有食之，三朝之会，四月丁酉，四方众星，白昼流陨，七月辛未，彗星横天，乘三难之际会……”（[14]，卷46，376页）

后一条记录则是取自汉成帝在元延元年七月所下的《孛星见求直言诏》的开头：

“乃者日食星陨，谪见于天，大异重仍……”（[14]，卷8，170页）

《灾异对》所述的是“建始元年以来，二十载间”的事情，而“汉成帝永始二年”是在“建始元年”后的第17年，其正月朔日不是“己亥”而是丁亥，而且该月并没有中国境内可见的日食发生，四月也没有“丁酉”日，因此说这次“正月己亥朔”日食在“汉成帝永始二年”显然有误。进一步分析可知，“建始元年”后第“二十载”应该是汉成帝“元延元年”，该年不仅“正月己亥朔”，而且朔日确实有日食发生，《灾异对》后面的“四月丁酉”、“七月辛未”也全都符合“元延元年”历谱。元延元年七月所下的《孛星见求直言诏》中所提到的“孛星”、“日食星陨”，正与《灾异对》中提到的“三难之际会”一一对应，说明其的确是在“七月辛未，彗星横天”之后所下的诏书。

由上可见，前一条记录所记的其实应是汉成帝“元延元年”正月己亥朔日食（公元前12年1月26日），而且后面一条所指的也同样是这次“正月”日食，而不是《总集》依据下诏时间推断出的“七月”日食。

1.6 “汉章帝元和元年九月乙未”（137页）

这条记录是出自《古今注》的注解^[15]，“乙未”是该月的第十二日，且元和元年（公元84年）并没有中国境内可见的日食发生，故其所记显然有误。这条记录所指的应该是其后最近发生的汉章帝“章和”元年“八月”乙未晦（公元87年10月15日）日食，此处不仅将年号“章和”误为“元和”，而且还将“八月”误为了“九月”。在《后汉书·五行六》中记有同一次日食，但日期年号有误，钱大昭将该条记录校补为“（元）[章]和元年八月乙未晦，日有食之”^[15]，十分有道理。

1.7 “汉和帝永元三年八月乙未晦”（138页）

该条记录也是出自《通志》，其前后相关文字如下：

“章帝建初五年……；六年……；元和元年秋八月乙未晦，日有食之；和帝永元三年秋八月乙未晦，日有食之，史官不见，他官以闻；二年……；四年……；七年……”^[12]

该条记录的时间显然有误。首先，汉和帝永元三年八月不是“乙未”晦，而是“壬寅”晦（公元91年10月1日）；其次，该年并没有在中国境内可见的日食发生；再次，前面已说明过，《通志》中的日食记录都是按照时间顺序记录的，而不会在先记录了“和帝永元三年”的日食之后再记录“二年”的日食。综上，可以判断这条记录确实有所差误，究其原因是由于《通志》中的这部分文字出现了错乱的情况。

《通志》中的汉章帝“元和元年秋八月乙未晦”日食，应该是“章和”元年八月乙未晦（公元87年10月15日）日食，而“和帝永元三年秋八月乙未晦”所指的也是同一次日食。除了“八月乙未晦”这个判据之外，《通志》中记录的“日有食之，史官不见，他官以闻”也提供了线索，因为《后汉书·五行六》对章和元日日食的记录中也注有“日有食之，史官不见，他官以闻。”^[15]“他”即同“他”，而同样的文字在同时期其它日食记录中并未见到。

1.8 “汉顺帝永建五年五月己丑晦”(259 页,不确定类)

该记录出自清康熙陕西《淳化县志》。汉顺帝永建五年(公元 130 年)五月晦日是丙辰,“己丑”是五月二日,且该年没有中国境内可见的日食发生。该记录所记应是汉顺帝“永和”五年五月己丑晦(公元 140 年 7 月 2 日)日食,在原记录中出现了一字之误,即将年号“永和”误为“永建”。《淳化县志》该记录中注明了这次日食“在东井”,也正与《后汉书》中所记“汉顺帝永和五年五月己丑晦”日食“在东井三十三度”([15],3939 页)完全一致。

1.9 “汉灵帝建宁二年十月庚子晦”(141 页)

该记录出自《古今图书集成》,且后面注有“按后汉书灵帝本纪云云,按五行志——作戊戌晦——右扶风以闻。”^[16]这次日食应是发生在该年十月“戊戌”晦(公元 169 年 12 月 6 日)。查《后汉书·五行六》中此条日食记录确系为十月“戊戌”晦([15],3941 页)。又《后汉书·孝灵帝纪》作“十月庚子晦”,钱大昕把日干支校勘为“戊戌”^[17],甚为有理。

1.10 “汉灵帝熹平三年十二月癸酉”(142 页)、“汉灵帝光和三年九月辛酉”(142 页)、“汉献帝建安十四年十月晦”(143 页)

这 3 条记录都是取自《后汉纪》,其年份皆有误差。第 2 条记录的汉灵帝光和三年九月“辛酉”是该月的二十六日,日干支显然有误,而且,这一年也并没有中国境内可见的日食发生。事实上,据周天游考证,在《后汉纪》中记述汉灵帝光和三年的这部分文字中,事件的时间多有误差^[18]。有 3 处应该是发生在汉灵帝光和四年的事情,都被误记在了光和三年。比如其中一处:

“闰月,司徒杨赐久病罢。

冬十月,太常陈耽为司徒。”([18],686 页)

《后汉书》中也记载了上述事情应该是在汉灵帝光和四年([17],346 页)。另外,光和三年并无闰月,而光和四年则存在闰九月,周天游的校注“范书作光和四年事,《通鉴考异》以为袁纪误”([18],686 页)不无道理。《后汉纪》中的这次汉灵帝光和三年九月辛酉日食,也同样是混淆了这两个年份,其实所指即汉灵帝光和“四年”的九月“庚寅”朔(公元 181 年 9 月 26 日)日食。

另两条记录也是出现了年份的差错。第 3 条所指应该是发生在汉献帝建安“十三年”的十月癸未朔(公元 208 年 10 月 27 日)日食,周天游也认为“恐系前文‘冬十月癸未,日有食之’之重出而致误”([18],843~844 页),且《后汉纪》中晦朔混淆。第 1 条记录则应为汉灵帝熹平“二年”十二月“甲戌”晦(公元 174 年 2 月 19 日)日食,且《后汉纪》所记干支也差一日([18],666 页)。

1.11 “汉灵帝熹平六年十月癸丑朔”(142 页)

这一年十月癸丑朔没有中国境内可见的日食发生,日食事实上是发生在其后一个月的十一月壬午朔(公元 177 年 12 月 8 日),而且这次日食在都城洛阳是不可见的,但是在北京等中国北部一些地区则可以观测到小食分的日食,这也就正与《后汉书·五行六》中对这次日食的记载“日有食之,赵相以闻”([15],3942 页)相一致。

1.12 日食记录可靠性分析简表

我们将其他略有舛误的日食记录及其修正情况汇总为表 1,对上面已经进行详细讨

论的则不再重复收录;把被证实是错误的日食记录汇总为表 2;此外的日食记录则全部是正确的,但其中的部分记录还有必要予以略加说明(表 3)。

表 1 其他需要修正的 22 条日食记录分析情况

序号	《总集》页码	日食日期以及《总集》注解	分析情况
1	130	汉景帝三年二月壬子晦(公元前 154 年) 注:疑系壬午之误	该年二月“壬午”晦(公元前 154 年 4 月 5 日)日食在都城西安不可见,在中国东部广大地区可观测到带食而出,《汉书·景帝纪》误为“壬子”
2	131	汉景帝后元年七月乙巳(公元前 143 年 8 月 28 日) 注:《汉书·景帝纪》作“乙巳晦”,《汉书·五行志》作“七月乙巳,先晦一日”	日食在该年七月乙巳(公元前 143 年 8 月 28 日),确系先晦一日,《汉书·景帝纪》误
3	131~132	汉武帝元朔二年三月乙亥晦(公元前 127 年 5 月 6 日)	日食在该年“二月乙巳晦”(公元前 127 年 4 月 6 日),《汉书·武帝纪》记录时间错了一个月
4	132	汉武帝太始元年正月乙巳晦(公元前 96 年) 注:该月无乙巳	该记录出自《汉书·五行志》,这次日食发生在汉武帝太始元年正月“丙午朔”(公元前 96 年 2 月 23 日),而“乙巳”为前一年闰十二月的晦日
5	132	汉武帝太始元年正月乙巳晦(公元前 96 年 2 月 22 日)	该记录出自《古今图书集成》,且后面注有“按汉书武帝本纪不载,按五行志云云。”([16], 4488 页),即同上
6	132	汉武帝太始四年十月甲寅晦(公元前 93 年 12 月 12 日) 注:甲寅为十一月初一	日食确系在该年“十一月朔日甲寅”(公元前 93 年 12 月 12 日)
7	132	汉昭帝元凤元年七月乙亥晦(公元前 80 年) 注:晦为己亥,疑系己亥之误	日食在该年七月“己亥”晦(公元前 80 年 9 月 20 日),《汉书·昭帝纪》误为“乙亥”
8	133	汉宣帝五凤四年四月辛丑晦(公元前 54 年 5 月 9 日) 注:辛丑为四月朔	日食是在该年四月辛丑“朔”(公元前 54 年 5 月 9 日),《汉书·宣帝纪》将“朔”误为“晦”
9	134	汉成帝永始元年九月乙巳晦(公元前 16 年) 注:乙巳系十八日,疑系丁巳之误	日食确系在该年九月“丁巳”晦(公元前 16 年 11 月 1 日),《前汉纪》误为“乙巳”
10	135	汉哀帝元寿二年三月壬辰晦(公元前 1 年 5 月 21 日)	日食是发生在该年“四月壬戌晦”(公元前 1 年 6 月 20 日),《汉书·五行志》记录时间错一个月
11	135	汉哀帝元寿二年四月壬辰晦(公元前 1 年) 注:四月壬戌晦,疑系三月之误	《总集》判断有误,日食是发生在该年四月“壬戌”晦(公元前 1 年 6 月 20 日),《汉书·哀帝纪》将“壬戌”误为“壬辰”,但月份是正确的
12	135	汉儒子英居摄元年十月丙辰朔(公元 6 年 11 月 10 日)	日食是在该年“七月丙辰晦”(公元 6 年 9 月 11 日),记录中的日干支无误,但月份及朔晦皆误
13	136	《古今注》曰:(汉光武帝建武)四年五月乙卯晦(公元 28 年 7 月 10 日)	该年五月无“乙卯晦”,也没有中国境内可见的日食发生,《古今注》所指即为汉光武帝建武“三年”五月乙卯晦(公元 27 年 7 月 22 日)日食
14	136	汉光武帝建武五年九月丙寅晦(公元 29 年 9 月 27 日) 注:该月壬寅晦,疑六年之误	日食是发生在汉光武帝建武“六年”九月丙寅晦(公元 30 年 11 月 14 日),《通志》记录有误,将六年的日食信息又重复记录在了五年的下面

续表 1

序号	《总集》页码	日食日期以及《总集》注解	分析情况
15	136	《古今注》曰:(汉光武帝建武)九年七月丁酉 注:九年七月无丁酉	日食是发生在该年七月“己卯”晦(公元 33 年 9 月 12 日),《古今注》误为“丁酉”
16	137	《古今注》曰:(汉明帝永平)六年六月庚辰晦(公元 63 年 8 月 13 日) 注:六年六月丙戌晦	日食是发生在汉明帝永平“七年”六月庚辰晦(公元 64 年 8 月 1 日),《古今注》将“七年”误为“六年”,但月份、日干支、晦朔等都对
17	137	《古今注》曰:(汉明帝永平八年)十二月	日食是发生在该年“十月”壬寅晦(公元 65 年 12 月 16 日),《古今注》误为“十二月”。
18	137	汉明帝永平十三年十月壬辰晦(公元 70 年) 注:十月癸酉晦,无壬辰	日食在该年“闰七月甲辰晦”(公元 70 年 9 月 23 日),《后汉书·显宗孝明帝纪》记录时间误差
19	137	汉明帝永平十三年十月甲辰晦(公元 70 年 12 月 22 日) 注:十月甲辰朔	其所记日食同上,且该年十月朔日亦为“甲辰”,《后汉书·五行六》误为“十月甲辰晦”
20	137	《古今注》曰:(汉明帝永平十三年)闰八月	所记日食同上,《古今注》记录时间亦有误差
21	138	汉安帝元初元年三月癸酉(公元 114 年 5 月 4 日) 注:癸酉系十二日,疑系永初元年之误	记录所记应是“永初”元年三月癸酉(公元 107 年 4 月 11 日)日食,《总集》所作判断无误
22	141~142	汉灵帝熹平二年十二月癸酉晦(公元 174 年 2 月 18 日) 注:该月甲戌晦,癸酉为先晦一日	日食是发生在该年十二月“甲戌”晦(公元 174 年 2 月 19 日),《后汉书·五行六》以及《后汉书·孝灵帝纪》都误差一日

表 2 经分析后判断为是错误的 33 条日食记录

序号	《总集》页码	错误日食记录的日期	序号	《总集》页码	错误日食记录的日期
1	128	汉王二年十一月晦	20	132	汉武帝元封四年六月己酉朔
2	128	汉高祖三年十一月癸卯晦	21	132	汉武帝天汉四年十月晦
3	129	汉惠帝七年正月辛丑朔	22	259(不确定类)	汉武帝四年丙辰晦
4	129	汉高后二年六月丙戌晦	23	133	汉元帝初元二年十月
5	129	汉孝文帝二年十二月望	24	135~136	《古今注》曰:(汉光武帝)建武元年正月庚午朔
6	129~130	汉孝文帝三年十一月丁卯晦	25	136	《古今注》曰:(汉光武帝建武)十一年六月癸丑
7	130	汉孝文帝后四年四月丙寅晦	26	136	《古今注》曰:(汉光武帝建武十一年)十二月辛亥
8	130	汉孝文帝后四年四月丙辰晦	27	136	《古今注》曰:(汉光武帝建武)二十六年二月戊子
9	130	汉孝文帝后七年正月辛未朔	28	138	《古今注》曰:(汉安帝永初)三年三月
10	130	汉景帝四年十月戊戌晦	29	139	汉安帝永宁元年七月乙酉朔
11	259(不确定类)	汉景帝中元元年十一月甲子晦	30	140	汉桓帝元嘉二年七月庚辰
12	130	汉景帝中元年十二月甲寅晦	31	141	汉灵帝建宁三年三月丙寅晦
13	130	汉景帝中二年九月甲戌	32	142	汉灵帝熹平四年正月朔
14	131	汉景帝中四年十月戊午	33	142	汉灵帝光和元年二月辛亥朔
15	131	汉景帝后三年十月			
16	131	汉武帝建元二年二月丙戌朔			
17	131	汉武帝建元五年正月己巳朔			
18	259(不确定类)	汉武帝建元六年九月丙寅晦			
19	131	汉武帝元光元年二月丙辰晦			

表 3 一些尚需说明的正确日食记录

序号	《总集》页码	日食日期以及《总集》注解	简要说明
1	259(不确定类)	汉高祖十年六月晦(公元前 197 年 7 月 26 日)	该记录出自清康熙浙江《江山县志》,但在《汉书》等正史中没有记录。据陈垣表该年六月晦日“己丑” ^[19] ,张培瑜表为“庚寅” ^[20] ,张表误
2	129	汉惠帝七年五月丁卯,先晦一日(公元前 188 年 7 月 17 日) 注:五月丁卯晦	据陈垣表该年五月晦日“丁卯” ^[20] ,张培瑜表为“戊辰” ^[20] ,64 页,即“丁卯”确实为先晦一日。原记录无误,陈表有误,而《总集》所作注解亦误
3	130	汉景帝三年二月壬午晦(公元前 154 年 4 月 5 日)	这次日食在西汉都城西安是不可见的,但在中国东部的广大地区可以观测到带食而出的天象
4	132	汉武帝元朔六年十一月癸丑晦(公元前 123 年) 注:该月无癸丑	据陈垣表汉武帝元朔五年无闰月,闰月在元朔六年后九月 ^[19] ,15 页,据张培瑜表闰月在元朔五年后九月,元朔六年十一月确系癸丑晦(公元前 123 年 1 月 23 日) ^[20] ,75 页)日食。陈表误,《总集》亦误
5	133	汉宣帝五凤元年十二月乙酉朔(公元前 56 年 1 月 3 日)	这次日食在西汉都城西安也是不可见的,在我国东部许多地方则可以观测到带食而出的天象
6	135	汉平帝元始元年五月丁巳朔(公元 1 年 6 月 9 日)	该日食记录的时间无误,但对应的公历日期应该是公元 1 年 6 月 10 日,《总集》将其误为 9 日
7	135	汉平帝元始二年九月戊申晦(公元 2 年 11 月 22 日)	该日食记录的时间亦无误,对应的公历日期应为公元 2 年 11 月 23 日,《总集》将其误为 22 日
8	138	汉和帝永元二年二月壬午(公元 90 年 3 月 20 日)	发生日食的该年二月壬午,是这个月的二日
9	139	汉安帝元初二年九月壬午晦(公元 115 年 11 月 14 日)	该日食记录的时间无误,对应的公历日期应该是公元 115 年 11 月 4 日,《总集》将其误为 14 日
10	139	汉安帝元初三年三月辛亥(公元 116 年 4 月 1 日) 注:《后汉书·五行六》作三月二日辛亥	该日食也是发生在二日,且在当时的都城洛阳是不可见的,但在中国东部的部分地区可以观测到带食而出,特别是在北方观测食分较大,《后汉书·五行六》中记录有“史官不见,辽东以闻”
11	139	汉安帝元初四年二月乙巳朔(公元 117 年 3 月 21 日) 注:《后汉书·五行六》作“二月乙(亥)[巳]朔”	这次日食在都城洛阳也是不可见,但是在杭州等中国东部的一些地区则是可见的,《后汉书·五行六》中记录这次日食“史官不见,七郡以闻”
12	259(不确定类)	汉顺帝阳嘉四年三月朔(公元 135 年 4 月 1 日)	这次日食是带食而没,该记录出自清康熙湖北《荆州府志》,在《后汉书》等正史中没有记录
13	140	汉顺帝阳嘉四年闰月丁亥朔(公元前 135 年 9 月 25 日) 注:是年闰八月,朔丁亥	该日食在都城洛阳也是不可见的,但是在长江中下游等一些地区则是可见的,在《后汉书·五行六》也记录了这次日食“史官不见,零陵以闻。”
14	140	汉顺帝永和三年十二月戊戌朔(公元 139 年 1 月 18 日)	该日食在洛阳也是不可见的,但在今天浙江等地可见到小食分日食,与《后汉书·五行六》中“史官不见,会稽(今浙江省绍兴附近)以闻”一致

2 对汉代日食记录的进一步讨论

前述《总集》中 188 条汉代日食记录,共记录下了汉代发生的 120 次不重复的日食,占了汉代中国境内可观测到日食的约三分之二,而且这些被记录下的日食中有近三分之一都是属于带食出没的情况,也不乏食分较小的偏食,更有几次日食记录不是在都城观测

所得的,证明了刘次沅对中国古代日食记录观测地点问题提出质疑的合理性^[21]。如果考虑到阴雨天气等对日食观测的影响,以及古代日食记录的佚失等情况,汉代对日食进行观测、记录的水平已经是较高了。如果对这些记录作进一步分析,我们会发现,汉代几百年中日食的观测和记录水平得到了极大的发展和提高。

我们依据汉代历法行用情况将汉代的日食记录分成三个阶段,并从以下两个方面来分析汉代日食观测、记录水平的进步性:(1)对可见日食的记录比例;(2)正史中日食记录的错误率。分析结果见表4。

表4 汉代日食观测、记录水平进步性分析

	汉初	《三统历》行用阶段	《四分历》行用阶段
可见日食记录比例	42%	65%	93%
正史中记录错误率	45%	2%	7%

从表4可以直观看出,汉初的日食观测记录水平显著低于后两个阶段,而在汉代后期对可见日食的记录比例则得到了极大提高。

让我们最为惊奇的是,在汉初阶段,正史中日食记录的错误率达到了45%,显著的高于后面两个阶段,这是之前所没有预料到的。张培瑜曾经对这段时间正史中的日食记录进行过分析,并对一些记录进行了修正^[6]。根据其研究结果,这些日食记录错误率不到13%。不过,如果对汉初这些日食的食带作进一步精细的考虑,则这些日食记录的可靠性仍有讨论的余地。其中有10条张培瑜进行了修正的日食记录,事实上就值得再作讨论(即本文表2的第3、4、8、9、12、13、16、17、19、20条记录)。张培瑜将这10条记录的日期都分别调整了几个月,以使其对应于某次可见的日食。但是,如果把这几次日食观测食带的情况考虑在内,则会发现这10条记录修正后对应的日食在中国境内都是不可见的。比如,“汉文帝后七年正月辛未朔”日食(即本文表2的第9条记录),张培瑜将其时间修正为约三个月后的该年“三月己亥晦”(公元前157年5月7日),可是修正后的这次日食也只有在南极洲附近的一片狭小区域内才能够观测到小食分偏食。所以,汉初正史中的日食记录确实存在着错误率很高的情况,与后面两个阶段形成了鲜明对比,其深层原因还有待进一步探讨。

在东汉《四分历》行用的时间段,正史中有十余条日食记录都注明是在地方上观测到的。其中有多条记录所记的日食是洛阳不可见而其它地区可见的日食,具体观测地点包括涿郡、辽东、张掖、酒泉、陇西、朔方、零陵、会稽、琼、广陵、右扶风、赵等等,覆盖了西北到酒泉、东北到辽东、东至会稽、南至琼岛之间的大部分地区,其涉及地域之广着实令人惊诧。由此也可见,东汉时期日食观测和申报制度是相当完备的。

在《四分历》行用阶段都城洛阳可见的全部49次日食中,只有一次未见到相关记录,即发生在公元146年8月25日(东汉质帝本初元年七月甲寅朔)的日食。若在洛阳观测,则该次日食食甚时刻是早上7时24分,其日食过程全部可见,而且食分达0.894。在东汉日食观测制度如此完备的情况下,这么大食分的日食不见于记录,原因不外有二:一是由于天气原因没有观测到;二是观测到了,但由于特殊原因没有留下记载。第一种原因的

可能性不大,因为这次日食在东汉的广大疆域上都可以观测到 0.5 分以上大食分食况,而中原地区的可见食分则达到 0.7 以上,即使洛阳等地天气状况不好,其它地区也完全可以向中央上报观测结果。所以,这次日食记录的缺失确实应该是另有原因的。我们发现,这次日食刚巧是发生在东汉质帝驾崩、桓帝即位之后不久:

“(东汉质帝本初元年)闰(六)月甲申,大将军梁冀潜行鸩杀,帝崩于玉堂前殿,年九岁。……闰(六)月庚寅,使冀持节,以王青盖车迎(桓)帝入南宫,其日即皇帝位,时年十五。太后犹临朝政。……秋七月乙卯,葬孝质皇帝于静陵。”^[22]

新皇帝刚刚即位就碰到如此大食分的日食,按古人的星占观念,这是大不吉利的现象,所以,这次不该遗漏的观测记录未能在正史中保留下来很可能与此有关。我们大胆推测:由于此次皇帝的废立明显是受人操纵的,背后的阴谋自不待言,整个政治形势一定非常敏感;对于实际掌握朝中大权并操纵着这一切的人来说,恰巧在此时发生了日食这类在当时看来是在向天下示警的天象,一是对巩固自己的地位不利,二是也可能会招致后人非议,因此,最好的方法当然是不事声张,不予记录。

3 日食与汉代历法精度的校验

汉代历法已经能够对月食进行推算,但是对日食则还不能进行推算和预报。虽然如此,当时已经在利用日食记录来对历法的精度进行校验,即通过分析日食是否发生在朔日来校验历法推算的合朔准确与否。贾逵论历时就使用过这种方法^[23,24],杜预《长历》中也应用春秋日食来校验《三统历》的合朔精度([23], 1485 页)。贾逵的具体论述如下:

“以太初历考汉元尽太初元年日(朔)[食]二十三事,其十七得朔,四得晦,二得二日;新历七得朔,十四得晦,二得(三)[二]日。以太初历考太初元年尽更始二年二十四事,十得晦;以新历十六得朔,七得二日,一得晦。以太初历考建武元年尽永元元年二十三事,五得朔,十八得晦;以新历十七得朔,三得晦,三得二日。……太初历不能下通于今,新历不能上得汉元。一家历法必在三百年之间。”^[23]

也就是说,贾逵时代的人通常会用日食是发生在某种历法推出的朔、晦或二日的情况来分析该历法的精度。在今天对汉代历法在日月运动计算上的精度进行分析研究时,这种方法很值得我们借鉴。下面我们就使用类似的方法来对《三统历》和《四分历》的计算水平进行一些分析,具体方法是:使用前面已经考证的可靠日食记录,用现代日食计算程序 SOLEC 提供的日食食甚时刻,与用 LiuXin1.0、BianXin2.0 计算出的对应合朔时刻进行对比,求出二者之差,供分析之用。

针对《三统历》(《太初历》)行用时间段,以及《四分历》在汉代后期的行用时间段,以时间为横坐标、上述差值为纵坐标进行作图(图 1、2),则可以细致地考察这两部历法在推算合朔时刻方面的精度概况。

对比《三统历》(《太初历》)行用时间段的 50 次日食记录,只有 14 次是发生在朔日,其余的 36 次则全部都是发生在晦日。而且,对照 SOLEC 提供的日食食甚时刻,《三统历》所推算的这 50 次日食对应的合朔时刻全部后天(如图 1),并且从总体趋势上来看,后天的情况随着时间的推移愈发严重,其中有 11 组差值数据都超过了一天(24 个小时),且这

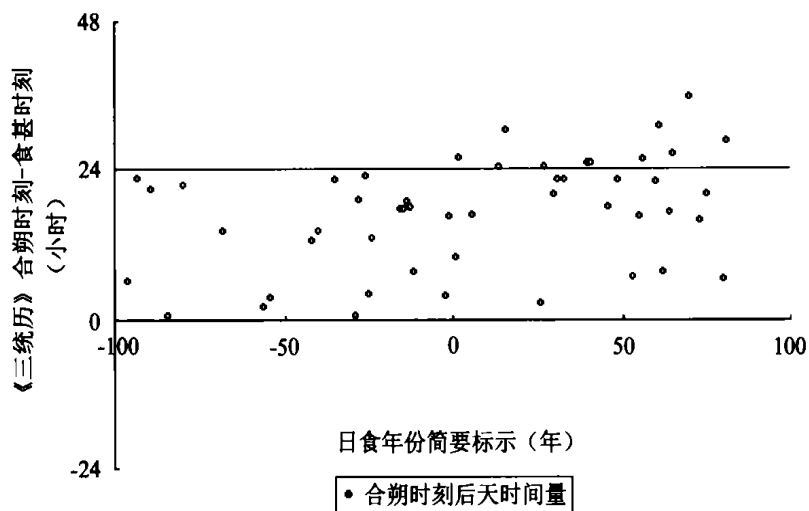


图1 《三统历》推算合朔时刻后天程度概况

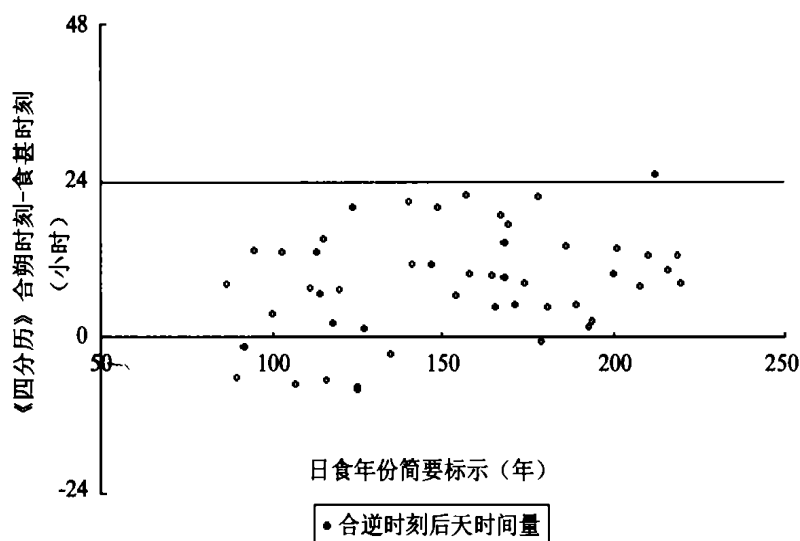


图2 《四分历》推算合朔时刻后天程度概况

11 组全部都是在公元元年以后,相差最多的一次(公元 70 年日食)已经达到了接近 36 个小时。

《四分历》所推算的合朔时刻整体上也明显存在着后天的情况,但是与《三统历》比较已得到了较大的改善。对比汉代后期《四分历》行用时间段内洛阳可见的 48 次日食记录,有 25 次是发生在朔日,20 次是发生在晦日,还有 3 次是发生在二日,但其逐渐后天的趋势也是非常显著(如图 2 所示),而发生在二日的 3 次日食则全部都是在其行用阶段的早期。《四分历》行用阶段的前期,历法合朔时刻先天(即合朔时刻 - 食甚时刻 < 0 ,差值数据为负)的情况还时有出现,而到了中后期的时候,这种情况则是难得一见,特别是也有一组差值数据(公元 212 年日食)超过了 24 个小时,可见历法后天程度同样较为严重。

虽然用较为有限的日食记录来对比历法的合朔时刻,带有一定的随机性,但因其具备了较长的时间跨度,并且依据了较为精确的食甚时刻,所以,对比结果已经能够显示出我

们所需要了解的各类主要信息。图中两部历法在推算合朔时刻整体情况上日益后天的趋势都非常明显,《三统历》的朔望月长度为 29.530864,《四分历》为 29.530851,二者在本质上并无显著差异,且都明显大于真实的朔望月长度。在改历前后的时间段,《四分历》之所以暂时改善了《三统历》后天方面的误差,其实只是因为二者历元选取上的不同,而并非在朔望月长度值的计算上有实质的进步。从上面两图还可以直观看到,《三统历》和《四分历》在推算具体合朔时刻时的误差都较大,并且误差的分布情况也是非常不均匀的。其根本原因是二者在计算中都是采用平朔,这是中国古代历法在早期采用平朔算法时无法避免的缺陷。

有趣的是,基于上述分析,我们再回过头来看一看贾逵所做的讨论,就会发现其中存在一些问题。

贾逵把从汉元到永元元年日食的讨论分成了三个阶段,并分别用《三统历》(《太初历》)和《四分历》(即贾逵所说的“新历”)进行了验算,其分析结论可以列表 5。我们也根据目前保留下来的可靠日食记录,利用 LiuXin1.0 和 BianXin2.0 算得相应的合朔日期,将两者进行了对比,其结果如表 6 所示。

表 5 贾逵论历中对日食记录的讨论情况

	汉元尽太初元年:23 事	太初元年尽更始二年:24 事	建武元年尽永元元年:23 事
《三统历》	17 得朔,4 得晦,2 得二日	10 得晦	5 得朔,18 得晦
《四分历》	7 得朔,14 得晦,2 得二日	16 得朔,1 得晦,7 得二日	17 得朔,3 得晦,3 得二日

表 6 对保留下的可靠日食记录的分析情况

	汉元尽太初元年:18 次	太初元年尽更始二年:28 次	建武元年尽永元元年:23 次
LiuXin1.0	13 在朔,5 在晦	10 在朔,18 在晦	4 在朔,19 在晦
BianXin2.0	8 在朔,10 在二日	20 在朔,8 在二日	18 在朔,3 在晦,2 在二日

当然,贾逵论历中各阶段日食的次数和具体数据,不可能同我们现在根据文献总结出的日食记录完全一致。尽管如此,从总体上来看,贾逵对日食所作的分析讨论与我们模拟分析的结果总体趋势应该是基本一致的,即:在这三个阶段中,就《三统历》而言,“朔日”所占的比例逐渐减少,而“晦日”所占的比例则逐渐增多;就《四分历》而言,“二日”所占的比例逐渐减少,而“朔日”所占的比例则逐渐增多。但是细考之下,我们就可以发现贾逵论历这部分文字中存在如下两处明显的差误:

一是“以太初历考太初元年尽更始二年二十四事,十得晦”。此处应该是《汉书》所记有所脱落或差误。因为,正如表 5 所示,贾逵在每个时段上进行分析时,日食得朔、得晦和二日的次数之和都应该与该时段上的日食总数相等。例如,在汉元尽太初元年这个时段内,以《三统历》计算,日食 17 得朔,4 得晦,2 得二日,三者之和与该时段日食总数 23 事相合。但是,这一次却只言“十得晦”而没有提及“朔”及“二日”的情况,而“十得晦”与“二十四事”显然是无法对应相等的。除此之外,“十得晦”本身也是存有疑问的,因为,根据我们的模拟分析,该时段的日食记录可以认定的有 28 次,用 LiuXin1.0 对比后发现 10 次在朔、18 次在晦,与“十得晦”出入很大。由此我们认为,这种出入很可能是《汉书》中文字脱误造成的。脱误前的文字存有多种可能,比如:本应为“十[得朔,十四]得晦”,

而文字有脱落,遂成“十得晦”,但究竟如何已难于深入考证。

二是“考汉元尽太初元年日(朔)[食]二十三事,……新历七得朔,十四得晦,二得(三)[二]日。”这与用 BianXin2.0 对保留下来的 18 次日食记录进行验算对比所得的结果(即 8 在朔,10 在二日)相去甚远。通过进一步分析便可发现,贾逵此处的推算显然是存有误差的。

前面已经讨论过,《四分历》的朔望月长度值与《三统历》比较并没有本质上的改善。在从“汉元”至“永元元年”不到 300 年的时间里,两个朔望月长度之间的微小差别并不会体现出来。但是由于两部历法选取历元的不同,在这段时间中,《三统历》后天较为明显,特别是越往后期则越发明显,而《四分历》则是略为先天,并且是越往前期则先天也越多。这些情况,从表 5 中其它几组没有疑义的数据及表 6 的分析结果,都已非常明显地体现出来。

然而在贾逵论历中这一段“考汉元尽太初元年”“新历”的情况则明显与上述基本特征不符。首先,与《三统历》在该时间段“十七得朔,四得晦,二得二日”相较,《四分历》此处比《三统历》更为后天,而不是较其先天。其次,与《四分历》自身在后两个阶段中的情况对比,此处也并非越发先天,而是反倒显著后天,完全无法连贯一致。所以,此处倘若不是贾逵的推算失误,则很可能是他为了说明“太初历不能下通于今,新历不能上得汉元。一家历法必在三百年之间”而有意对计算结果进行了修改,并且将原本较为先天的情况改得明显后天。倘若不然,如此之大的误差实在难以想象。而且,他对历法不准的理解,似乎也只是局限在了历法后天这一种情形。

4 结论

综上所述,从汉代日食记录的可靠性上来看,《史记》、前后《汉书》等正史里面的日食记录虽然在汉初阶段的错误率很高,但在后面两个阶段还是比较完整和可靠的,记录的日食相关信息也最为详尽。由此可见,汉代在日食的观测记录方面取得了重要进步。相比之下,由于文献传抄误差等原因,《后汉纪》、《通志》、《世史正纲》、《全上古三代秦汉三国六朝文》等收录的一些汉代日食记录则存在讹误。《古今注》中的日食记录则更是多有舛误,极有可能是后人推算而非当时观测所得。据朱文鑫推测:“若《古今注》所记日食,已不如《汉书》(其意包括《后汉书》)之精确。……恐已为后人推算附入而未计其合朔之时,与见食之地也。”([1], 28 页)所言不无道理。地方志中的记录虽然也各有对错,但是有两条正确的日食记录是正史中未见到记载的,如果它们确系源自当时观测所得,则实可谓弥足珍贵。

汉末以前,历法家们虽然没有掌握日食计算方法,但还是知道利用日食来校验历法。用类似的方法进行验算可以发现:《四分历》只是通过历元的调整暂时缓解了《三统历》推朔后天的情况;从长期情况来看,由于《四分历》在朔望月长度的确定上较之《三统历》其实并没有实质进步,所以,它也就没有从根本上解决推朔后天的问题。

致 谢 本文部分内容在安徽省科技史学会 2004 年学术年会上进行了报告,有幸得

到中国科技大学的张秉伦教授、李志超教授,安徽师范大学的裘士京教授、胡炳生教授、邢东升老师等多方指点,在此一并表示由衷的谢意!

参 考 文 献

- 1 朱文鑫. 两汉日食考[A]. 历代日食考[C]. 上海:商务印书馆,1934.
- 2 陈遵妫. 中国天文学史[M]. 第3册. 上海:上海人民出版社,1984.
- 3 北京天文台. 中国古代天象记录总集[M]. 南京:江苏科学技术出版社,1988.
- 4 Xu Zhentao. *East Asian Archaeoastronomy: Historical Records of Astronomical of China, Japan and Korea* [M]. Amsterdam: Gordon and Breach Science Publishers, 2000. 33.
- 5 Ciyuan Liu. The Regular Records of Solar Eclipse in Ancient China and a Computer Readable Table[J]. *Archive for History of Exact Sciences*, 2004.
- 6 张培瑜. 汉初历法讨论[A]. 中国天文学史文集[C]. 北京:科学出版社,1978. 82~94.
- 7 薄树人. 《太初历》和《三统历》[A]. 薄树人文集[C]. 合肥:中国科学技术大学出版社,2003. 329~368.
- 8 (明)丘濬. 世史正纲[A]. 四库全书存目丛书·史六[Z]. 济南:齐鲁书社,1996. 170, 183, 190.
- 9 中国天文学史整理研究小组. 中国天文学史[M]. 北京:科学出版社,1987. 75.
- 10 张培瑜, 韩延本. 八世纪前中国纪时日食观测和地球转速变化[J]. 天文学报, 1995, 36(3): 314~320.
- 11 汉书·五行志下之下[A]. 历代天文律历等志汇编[Z]. 第10册. 北京:中华书局,1976. 3908.
- 12 (宋)郑樵. 通志[M]. 卷74. 杭州:浙江古籍出版社,2000. 854.
- 13 (汉)荀悦. 前汉纪[A]. 影印文渊阁四库全书[Z]. 第303册. 上海:上海古籍出版社,1987. 437~438.
- 14 (清)严可均. 全上古三代秦汉三国六朝文·全汉文[C]. 北京:中华书局,1958.
- 15 续汉书·五行志六[A]. 历代天文律历等志汇编[Z]. 第10册. 北京:中华书局,1976. 3934.
- 16 (清)陈梦雷, 等. 古今图书集成[Z]. 北京:中华书局,1986. 4502.
- 17 (南北朝)范晔. 后汉书·孝灵帝纪[M]. 北京:中华书局,1973. 331.
- 18 周天游. 后汉纪校注[M]. 天津:天津古籍出版社,1987. 683~687.
- 19 陈垣. 二十史劄记[M]. 北京:中华书局,1999. 12.
- 20 张培瑜. 三千五百年历日天象[M]. 郑州:河南教育出版社,1990. 63.
- 21 刘次沅. 两汉以前的古代大食分日食记录[J]. 天体物理学报, 1985, 5(4): 284~290.
- 22 (南北朝)范晔. 后汉书·孝顺孝冲孝质帝纪[M]. 北京:中华书局,1973. 282, 287~288.
- 23 续汉书·律历志中[A]. 历代天文律历等志汇编[Z]. 第5册. 北京:中华书局,1976. 1482.
- 24 陈美东. 中国科学技术史·天文学卷[M]. 北京:科学出版社,2003. 180~181.

On the Solar Eclipse Records from the Han Dynasty and Their Application to the Analysis of the Precison of the Systems of Calendrical Astronomy of the Han Dynasty

XING Gang, SHI Yunli

(Dept. of Scientific History and Archaeometry, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China)

Abstract On the basis of previous works and computer-aided analysis, the reliability of the records of solar eclipses from the Western and the Eastern Han dynasties is examined textually and astronomically. Many mistakes are discovered in the records from such books as *Hanshu*, *Hou Hanshu*, *Qian Hanji*, *Hou Hanji*, *Tongzhi*, *Shishi Zhenggang* and *Quan Shanggu*

Sandai Qinhan Sanguo Liuchao Wen. More exactly, about three fifths of these records contain various kinds of mistakes. Most of the mistakes can be revised with certainty since the reasons for their erroneousness can be traced, while a few other mistakes are very difficult to be accounted for. As far as the recording period is concerned, it's obvious that the solar eclipse records in official histories such as *Shiji* and *Hanshu* have a higher percentage of errors in the earlier period of the Western Han dynasty, while the records during the remaining of the Western Han and all of the Eastern Han periods are of better integrality and reliability. In the period when *Sifenli* was promulgated in the Eastern Han dynasty, the observation sites of solar eclipses spread over nearly the entire territory of the dynasty. Therefore, the observation and documentation of solar eclipses in this period were very systematic. However, evidence also has been found that sometimes the normal documentation process of the solar eclipse in this period could be spoiled by certain socio-political events. This can be seen from the example of the absence of the record from the official history about solar eclipse on 25 August 146, when the child emperor Zhidi was just murdered and another child emperor Huandi was put into the throne and the court was actually under the control of a queen from behind the screen. In spite of the interference of socio-political affairs, the observation and documentation of solar eclipse still played a key role in the development of calendrical astronomy of the time. Records of solar eclipses were used by calendar-makers of the period in checking the precision of competing systems of calendrical astronomy in syzygy calculation. Following the approach of these astronomers, the precision of the two officially promulgated systems of calendrical astronomy, i. e. *Santongli* and *Sifenli*, in syzygy calculation is examined in this paper against the reliable eclipse records. It is discovered that the calculated results done with *Santongli* truly lagged behind the actual syzygies, and the case became worsened in the early Eastern Han dynasty. The problem did not receive a permanent solution with the promulgation of the *Sifenli* because the length of the lunar month did not get a substantial improvement.

Key words solar eclipse records of the Han Dynasty, *Santongli*, *Sifenli*, precision of calendars

责任编辑:屈宝坤