

两汉《五行志》中的日食记录研究*

李 勇[†]

(中国科学院国家天文台 北京 100012)

摘要 研究内容如下: (1) 考察了朱文鑫先生“两汉日食考”中的142次日食数据, 比对西汉(东汉)时期《中国古代天象记录总集》, 所得公历日期与其同者计38次(61次), 占70%(85%), 所得结论与其同者42次(61次), 占78%(85%)。两汉《五行志》记日食计126次, 其中无食21次, 首都不见7次, 日出前9次, 日没后1次, 见食凡88次, 占70%, 见食地通常为首都。(2) 借助笔者建立的中国历史时期的日期转换平台考察两汉《五行志》日食的历日记录, 由此对两汉历谱精度进行了评估。西汉(东汉)行用历法中月、日的标准误差分别为0.31月(0.17月)和0.97日(0.74日)。(3) 同时亦研究了两汉日食位置记录的精度, 得出西汉(东汉)太阳位置记录的标准误差为 11.08° (6.63°), 扣除可能的错记则为 9.30° (3.59°)。指出若两汉的距星相同, 则东汉时期太阳位置的观测误差均值为 2.8° , 远好于西汉时期的 8.2° ; 若两者存在差异, 则它们多出在误差偏大的宿中。(4) 尝试通过有食分描述的日食记录确定 ΔT (ET-UT)取值, 同时得出“既”的食分范围为0.969~1.0, “几尽”为0.829~0.985, “不尽如钩”为0.861~0.926。

关键词 天文学史和哲学, 日食

中图分类号: P194 **文献标识码:** A

1 引言

中国古代天象记录丰富, 日食作为一种特殊的天象, 历代帝王极为重视, 由此保留下来的日食数据又成为现代天文研究的重要内容。比较著名的古代日食资料有: “仲康日食”、“诗经日食”及《春秋经》中的37次日食。但有时对文献中的天象记事, 也需仔细甄别, 考其真伪^[1]。《元史》“郭守敬传”称在其所定之稿中有《古今交食考》一卷。明末邢云路著72卷《古今律历考》, 其中第20~27卷即为“历代日食历”, 他自西汉高帝三年(公元前205年)至至正二十七年(公元1367年)用《授时历》详推诸食, 称“余自汉以来一一推历代日食, 为考其果食与否, 以备证验耳, 故但推其合朔在昼时, 则不复详其时差之分秒, 惟疑难者乃详推焉。”^[2]德国传教士汤若望(Johann Adam Schall von Bell, 1592—1666)在华编著了《古代交食考》。历史上天文学家通常还利用古代日食数据研究地球自转的长期变化^[3]。

2015-03-12收到原稿, 2015-04-21 收到修改稿

*国家自然科学基金项目(10973022, 11403062)资助

[†]yli@bao.ac.cn

朱文鑫先生在1934年出版的《历代日食考》^[4]中考察了历代日食计921个. 其中: 古代(书诗): 2; 春秋: 37; 战国及秦: 9; 两汉: 142; 魏晋: 83; 南北朝: 109; 唐: 103; 五代: 26; 宋: 152; 元: 61; 明: 145; 清: 52. 朱先生主要是采用Oppolzer的食典^[5]及陈垣朔闰表^[6]进行日期、合朔时间、食类和见食地点等考证研究.

历谱是年代学研究的重要内容. 因日食发生在朔日, 月相明确, 故通过日食记录亦可考察当时的历谱精度. 两汉时间跨度420余年, 朱文鑫列两汉日食142个; 《中国古代天象记录总集》^[7]列168个(有个别重复); 陈遵妫列147个, 他指出干支不符20次, 《日月食典》没有出现该日期的有3次、出现但相差1天的有19次^[8]. 3者的研究都给出了日食的公历日期.

两汉《五行志》系统地载有日食数据126个, 它应为当时的官方天文官所记, 数据较为准确, 本文以此为准, 试图从天文历法专业出发, 借助笔者前期建立的“中国历史时期的日期转换平台”^[9-10]来处理两汉日食记录中的历日数据, 用以确定其历法细节及公历日期. 此外还对相关问题进行研究: (1)考察两汉时期的历谱精度; (2)考察两汉日食位置记录的精度以及相应的距星问题; (3)通过有食分描述的日食记录研究地球自转长期变化.

2 两汉历法细节的确定

采用日食记录中的年、月、日(干支)及月相(朔、晦等)数据编排或评估历谱, 这与构建4要素俱全的西周金文历谱相仿, 只是此时的月相词语是朔和晦(朔前1日).

考虑到两汉时期的天文官将日食数据系统地记于《五行志》中, 别处仅有零星记录, 为保证本文所考两汉历谱的准确性, 本文均采用两汉《五行志》中的日食数据, 并以中华书局出版的《汉书》为准. 史载日食资料有详有略, 亦含不少星占事应的内容, 本文对该部分内容不作讨论.

“中国历史时期的日期转换平台”的实质即干支回推, 它由“月龄历谱法”^[11]和“直接求解法”^[12-13]积聚并拓展而成, 理论上可对一切干支材料定年, 结果的确定性与材料的限定条件有关. “月龄历谱”系具有月龄特征的历谱. 月龄相同的历日干支, 其干支差与它们间可能的年代间隔存在数理关系——“月龄历谱的数理结构”^[14]. 据此构建的求解历日材料的公历日期的方法称为“月龄历谱法”. 但它只针对已知历日干支的月龄这类特殊材料, 如甲骨文中已知月首干支的材料、铜器铭文中月龄基本明确的既望材料等. 由解算模型通过多材料、大工作量、程序化的操作, 可直接求解出设定年代范围内的所有可能历日, 再以材料的年代间隔与建正的匹配情况为条件对其作筛选, 这种求解历日材料的公历日期的方法称作“直接求解法”. 它只要求已知历日材料的年代间隔(相对年代), 即可求取绝对年代. 特别是, 同王或同年(祀)的材料组, 如王世相同且具王年数的铜器铭文材料、甲骨文中的周祭材料即其典型. 2007年笔者又对干支回推这一理论体系及其细节作了完整、系统的阐述和梳理, 举例给出了详细的解算过程, 包括与传统方法的比较等^[15], 本文不另赘述.

“中国历史时期的日期转换平台”能实现将中国历史时期的日期信息恢复或转换到公历系统, 亦能推定其时采用的历法细节. 它能最大限度地接受已知信息并加以处理, 较为彻底地解决中国历史时期的干支材料或材料组的定年(或历日确定)问题. 西汉(公

元前206年至公元23年)都城在长安, 今属陕西西安西北(108.92°E; 34.25°N). 东汉(公元25年至220年)都城在洛阳, 今河南洛阳东(112.43°E; 34.72°N). 用“中国历史时期的日期转换平台”评估两汉历法细节时设置: “年”取古史所定年及其次年; 阴历“月”取文献所给值; “日”即月龄取30日和1日(因发生日食, 并考虑到有时日食记为发生在本月晦的情况). 西汉日食数54; 东汉日食数72. 对古代历法的设定: 取置闰方式为年中和年终两种, 建正取子、丑……亥计12种, 由此将两汉日食的日期数据分别代入, 并逐一对所设的2种置闰方式和12种建正求解, 日期符合率的求解结果见表1.

表 1 由两汉日食记录求解历法细节的符合率
Table 1 The coincidence rate of the details of calendar in Western and Eastern Han dynasties derived from solar eclipse records

朝代	置闰方式	建正											
		子	丑	寅	卯	辰	巳	午	未	申	酉	戌	亥
西	年中	33%	22%	63%	2%	7%	0%	0%	0%	0%	7%	4%	20%
汉	年终	24%	26%	50%	19%	2%	7%	0%	0%	0%	7%	2%	22%
东	年中	22%	39%	51%	4%	13%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	26%
汉	年终	22%	36%	47%	15%	10%	6%	3%	3%	3%	3%	3%	22%

由表1可知, 西汉和东汉时期均以年中置闰和建寅为最佳, 记录的符合率分别为63%和51%, 可见东汉的历法并不好于西汉. 但由此可确定两汉时的历法细节—年中置闰和正月建寅.

3 两汉历谱及太阳位置记录的精度

此时采用“中国历史时期的日期转换平台”重构两汉历谱时, 除取历法细节为年中置闰、建寅外, 还需将有些材料的阴历月和阴历日条件适当放宽(允许其存在误差), 这样才保证西汉54个和东汉72个历日均有解. 否则若同表1的求解设定, 则西汉只有63%的材料有解, 东汉只有51%的材料有解. 然后可由这些历日数据构建历谱, 并确定其精度.

《汉书五行志》载有54次日食数据如下: 1高帝三年十月甲戌晦, 在斗二十度. 2十一月癸卯晦, 在虚三度. 3九年六月乙未晦, 既, 在张十三度. 4惠帝七年正月辛丑朔, 在危十三度. 5五月丁卯, 先晦一日, 几尽在七星初. 6高后二年六月丙戌晦. 7七年正月己丑晦, 既, 在营室九度, 为宫室中. 8文帝二年十一月癸卯晦, 在婺女一度. 9三年十月丁酉晦, 在斗二十二度. 10十一月丁卯晦, 在虚八度. 11后四年四月丙辰晦, 在东井十三度. 12七年正月辛未朔. 13景帝三年二月壬午晦, 在胃二度. 14七年十一月庚寅晦, 在虚九度. 15中元年十二月甲寅晦. 16中二年九月甲戌晦. 17三年九月戊戌晦, 几尽, 在尾九度. 18六年七月辛亥晦, 在轸七度. 19后元年七月乙巳, 先晦一日, 在翼十七度. 20武帝建元二年二月丙戌朔, 在奎十四度. 21三年九月丙子晦, 在尾二度. 22五年正月己巳朔. 23元光元年二月丙辰晦. 24七月癸未, 先晦一日, 在翼八度. 25元朔二年二月乙巳晦, 在胃三度. 26六年十一月癸丑晦. 27元狩元年五月乙巳晦, 在柳六度. 28元鼎五年四月丁丑晦, 在东井二十三度. 29元封四年六月己酉朔. 30太始元年正月乙巳晦. 31四年十月甲寅晦,

在斗十九度. 32征和四年八月辛酉晦, 不尽如钩, 在亢二度, 晡时食从西北, 日下晡时复. 33昭帝始元三年十一月壬辰朔, 在斗九度. 34元凤元年七月己亥晦, 几尽, 在张(轸)十二度. 35宣帝地节元年十二月癸亥晦, 在营室十五度. 36五凤元年十二月乙酉朔, 在婺女十度. 37四年四月辛丑朔, 在毕十九度. 38元帝永光二年三月壬戌朔, 在娄八度. 39四年六月戊寅晦, 在张七度. 40建昭五年六月壬申晦, 不尽如钩因入. 41成帝建始三年十二月戊申朔……日食婺女九度……日以戊申食, 时加未. 42河平元年四月己亥晦, 不尽如钩, 在东井六度, 日蚤食时, 从西南起. 43三年八月乙卯晦, 在房. 44四年三月癸丑朔, 在昴. 45阳朔元年二月丁未晦, 在胃. 46永始元年九月丁巳晦. 47二年二月乙酉晦. 48三年正月己卯晦. 49四年七月辛未晦. 50元延元年正月己亥朔. 51哀帝元寿元年正月辛丑朔, 不尽如钩, 在营室十度. 52二年三月壬辰晦. 53平帝元始元年五月丁巳朔, 在东井. 54二年九月戊申晦, 既.

表2列有与这54次日食数据相应的公历历日、黄经、见食情况和误差等. 为节省篇幅, 各条中“日有食之”均略去. 朱氏指朱文鑫著《历代日食考》中数据, 总集指北京天文台编《中国古代天象记录总集》数据.

表 2 《汉书五行志》所载日食记录及精度
Table 2 The accuracies of solar eclipse records in *Wuxingzhi of Hanshu*

序	古黄经/(°)	公历日期			见食情况	误差		
		朱氏	总集	本文		黄经/(°)	月份/月	日期/日
1	269.30	205-12-20BC	同朱氏	同朱氏	0.58; 11:01	-2.9	0.0	1
2	295.69	204-01-18BC	同朱氏	同朱氏	无食	0.1	0.0	0
3	138.00	198-08-07BC	同朱氏	同朱氏	0.93; 9:16	-7.9	0.0	1
4	315.74	188-01-22BC	188-02-21BC	同总集	无食	14.2	0.0	1
5	116.86	188-07-17BC	同朱氏	同朱氏	0.96; 15:43	-6.5	0.0	2
6		186-05-28BC	186-07-26BC	同总集	无食		-1.0	1
7	332.25	181-03-04BC	同朱氏	同朱氏	0.99; 12:25	8.8	0.0	1
8	282.39	178-01-02BC	同朱氏	同朱氏	0.31; 15:23	-3.1	0.0	1
9	271.65	178-12-22BC	同朱氏	同朱氏	0.39; 14:28	-3.7	0.0	1
10	300.99	177-01-21BC	177BC	同朱氏	无食	-2.7	0.0	1
11	78.10	160-07-08BC	160-06-09BC	同总集	无食	-3.8	0.0	1
12		157-05-07BC	157-02-09BC	同总集	无食		0.0	1
13	20.94	154-04-05BC	同朱氏	同朱氏	西安不见	-9.2	0.0	1
14	302.35	150-01-22BC	同朱氏	同朱氏	0.70; 10:58	-2.5	0.0	1
15		150-12-12BC	149-02-10BC	同总集	无食		0.0	1
16		148-11-20BC	148-10-22BC	同总集	无食		-1.0	1
17	235.12	147-11-10BC	同朱氏	同朱氏	0.75; 11:19	-9.6	0.0	1
18	167.87	144-09-08BC	同朱氏	同朱氏	0.60; 6:36	-5.5	0.0	1

表 2 续
Table 2 Continued

序	古黄经/(°)	公历日期			见食情况	黄经/(°)	误差	
		朱氏	总集	本文			月份/月	日期/日
19	160.64	143-08-28BC	同朱氏	同朱氏	0.61; 15:59	−9.3	0.0	2
20	6.52	139-06-17BC	139-03-21BC	同总集	无食	−9.0	0.0	1
21	228.35	138-11-01BC	同朱氏	同朱氏	0.52; 8:51	−12.1	0.0	1
22		136-04-15BC	136-02-16BC	同总集	无食		0.0	1
23		134-02-24BC	134-03-25BC	同总集	无食		−0.5	1
24	151.89	134-08-19BC	同朱氏	同朱氏	0.66; 13:42	−9.6	−1.0	2
25	20.38	127-04-06BC	同朱氏	同朱氏	0.51; 14:51	−7.3	0.0	1
26		123-01-23BC	123BC	同朱氏	0.63; 14:33		1.0	1
27	106.69	122-07-09BC	同朱氏	同朱氏	0.93; 8:31	−4.0	0.0	1
28	88.62	112-06-18BC	同朱氏	同朱氏	0.80; 10:34	−5.4	0.0	1
29		107-09-19BC	107-06-24BC	同总集	无食		−1.0	1
30		96-02-23BC	96BC	同朱氏	0.90; 9:14		0.0	0
31	269.86	93-12-12BC	同朱氏	同朱氏	0.86; 15:24	−10.8	0.0	1
32	185.17	89-09-29BC	同朱氏	同朱氏	0.92; 15:57	−1.2	0.0	1
33	260.13	84-12-03BC	同朱氏	同朱氏	0.67; 11:44	−10.4	0.0	0
34	138.64	80-09-20BC	同朱氏	同朱氏	0.75; 13:33	36.2 (1.0)	0.0	1
35	339.73	68-02-13BC	同朱氏	同朱氏	0.07; 17:42	−16.8	0.0	1
36	292.95	56-01-03BC	同朱氏	同朱氏	无食	−11.2	0.0	0
37	58.60	54-05-09BC	同朱氏	同朱氏	0.81; 14:10	−13.5	0.0	0
38	13.52	42-03-28BC	同朱氏	同朱氏	0.49; (6:43)	−8.7	0.0	0
39	134.27	40-07-31BC	同朱氏	同朱氏	0.48; 14:14	−9.3	0.0	1
40		34-04-28BC	34-08-23BC	同总集	无食		0.0	0
41	292.33	29-01-05BC	同朱氏	同朱氏	0.66; 15:27	−9.1	0.0	0
42	73.03	28-06-19BC	同朱氏	同朱氏	0.91; 10:05	11.8	0.0	1
43	214.75	26-10-23BC	同朱氏	同朱氏	0.80; 15:24	−9.4	0.0	1
44	31.24	25-04-18BC	同朱氏	同朱氏	0.53; 14:52	−9.9	0.0	0
45	18.85	24-04-07BC	同朱氏	同朱氏	0.12; 15:07	−10.0	0.0	1
46		16-11-01BC	同朱氏	同朱氏	0.09; 16:16		0.0	1
47		15-03-29BC	同朱氏	同朱氏	0.86; 8:40		0.0	1
48		14-03-18BC	同朱氏	同朱氏	0.42; 16:31		0.0	1

表 2 续
Table 2 Continued

序	古黄经/(°)	公历日期			见食情况	误差	
		朱氏	总集	本文		黄经/(°)	月份/月 日期/日
49		13-08-31BC	同朱氏	同朱氏	0.23; 6:22	0.0	1
50		12-01-26BC	同朱氏	同朱氏	0.09; 8:56	0.0	0
51	335.71	2-02-05BC	同朱氏	同朱氏	0.85; 8:32	-20.8	0.0 0
52		1-06-20BC	1BC	1-05-21BC	无食	0.0	0
53	67.50	AD1-06-10	同朱氏	同朱氏	0.74; 11:12	-6.2	0.0 0
54		AD2-11-23	AD2-11-22	同朱氏	0.90; 8:47	-2.9	0.0 1
标准误差					11.08(9.30)	0.31	0.97

上文日食记录及表2中相应“黄经”数据中括号内文字或数字为本文所改定。“见食情况”所列为首都所见食分和食甚时刻(北京时间),该栏括号内数值为日出前或日没后。“误差”中“月”、“日”均指换算至古历所得结果,各列均指现代计算值-古代记录值,计算时取闰x月为x.5月。日食位置的“古黄经”值由记录中的二十八宿位置经计算而得(详见下文),其所涉日食数据:日期以本文核定的为准、见食情况采用张培瑜先生《三千五百年历日天象》^[16],表3同此。

《汉书五行志》称:凡汉著纪十二世,二百一十二年,日食五十三(实为54),朔十四,晦三十六(实为37),先晦一日三。本文查明西汉54次日食中:无食15次,西安不能见到该食者1次,日出前1次。见食37次,占69%。《总集》确定的历日与朱氏同者计38次,占70%,本文确定的历日与朱氏同者计42次,占78%。我们研究表明:西汉太阳位置记录的标准误差为11.08°,扣除可能的错记(表2序34,“軫十二度”误为“张十二度”)为9.30°。同时据日食数据可推得:西汉行用历谱中月、日的标准误差分别为0.31月和0.97日。

《后汉书五行志》载72次日食数据如下(括号内文字为本文拟定):1光武帝建武二年正月甲子朔,在危八度。2三年五月乙卯晦,在柳十四度。3六年九月丙寅晦,史官不见,郡以闻。在尾八度。4七年三月癸亥晦,在毕五度。5十六年三月辛丑晦,在昴七度。6十七年二月乙未晦,在胃九度。7二十二年五月乙未晦,在柳七度。8二十五年三月戊申晦,在毕十五度。9二十九年二月丁巳朔,在东壁五度。10三十一年五月癸酉晦,在柳五度。11中元元年十一月甲子晦,在斗二十度。12明帝永平三年八月壬申晦,在氐二度。13八年十月壬寅晦,既,在斗十一度。14十三年十月甲辰晦,在尾十七度。15十六年五月戊午晦,在柳十五度。16十八年十一月甲辰晦,在斗二十一度。17章帝建初五年二月庚辰朔,在东壁八度。18六年六月辛未晦,在翼六度。19章和元年八月乙未晦,史官不见,佗官以闻,日在氐四度。20和帝永元二年二月壬午,史官不见,涿郡以闻,日在奎八度。21四年六月戊戌朔,在七星二度。22七年四月辛亥朔,在觜觿。23十二年秋七月辛亥朔,在翼八度。24十五年四月甲子晦,在东井二十二度。25安帝永初元年三月二日癸酉,在胃二度。26五年正月庚辰朔,在虚八度。27七年四月丙申晦,在东井一度。28元初元年十月戊子朔,在尾十度。29二年九月壬午晦,在心四度。30三年三月二日辛亥,在娄五度,史官不见,辽东

以闻. 31四年二月乙巳朔, 在奎九度, 史官不见, 七郡以闻. 32五年八月丙申朔, 在翼十八度, 史官不见, 张掖以闻. 33六年十二月戊午朔, 几尽, 地如昏状, 在须女十一度. 34永宁元年七月乙酉朔, 在张十五度, 史官不见, 酒泉以闻. 35延光三年九月庚申晦, 在氏十五度. 36四年三月戊午朔, 在胃十二度, 陇西、酒泉、朔方各以状上, 史官不觉. 37顺帝永建二年七月甲戌朔, 在翼九度. 38阳嘉四年闰月丁亥朔, 在角五度, 史官不见, 零陵以闻. 39永和三年十二月戊戌朔, 在须女十一度. 史官不见, 会稽以闻. 40五年五月己丑晦, 在东井三十三度. 41六年九月辛亥晦, 在尾十一度. 42桓帝建和元年正月辛亥朔, 在营室三度, 史官不见, 郡国以闻. 43三年四月丁卯晦, 在东井二十三度. 44元嘉二年七月二日庚辰, 在翼四度, 史官不见, 广陵以闻. 45永兴二年九月丁卯朔, 在角五度. 46永寿三年闰月庚辰晦, 在七星二度, 史官不见, 郡国以闻. 47延熹元年五月甲戌晦, 在柳七度. 48八年正月丙申晦, 在营室十三度. 49九年正月辛卯朔, 在营室三度, 史官不见, 郡国以闻. 50永康元年五月壬子晦, 在舆鬼一度. 51灵帝建宁元年五月丁未朔. 52冬十月甲辰晦. 53二年十月戊戌晦. 54三年三月丙寅晦. 55四年三月辛酉朔. 56熹平二年十二月癸酉晦, 在虚(室)二度. 57六年十月癸丑朔. 58光和元年二月辛亥朔. 59十月丙子晦, 在箕四度. 60二年四月甲戌朔. 61四年九月庚寅朔, 在角六度. 62中平三年五月壬辰晦. 63六年四月丙午朔. 64献帝初平四年正月甲寅朔, 在营室四度. 65兴平元年六月乙巳晦. 66建安五年九月庚午朔. 67六年二月丁卯朔. 68十三年十月癸未朔, 在尾(氏)十二度. 69十五年二月乙巳朔. 70十七年六月庚寅晦. 71二十一年五月己亥朔. 72二十四年二月壬子晦.

表3列有与这72次日食数据相应的公历历日、黄经、见食情况和误差等, 各条的“日有蚀之”或“日有食之”均仿前略去.

表 3 《后汉书五行志》所载日食记录及精度
Table 3 The accuracies of solar eclipse records in *Wuxingzhi of Houhanshu*

序	古黄经/(°)	公历日期			见食情况	误差		
		朱氏	总集	本文		黄经/(°)	月份/月	日期/日
1	313.76	AD26-02-06	同朱氏	同朱氏	0.70; 17:04	2.5	0.0	0
2	116.63	AD27-07-22	同朱氏	同朱氏	0.49; 8:15	-0.2	0.0	1
3	236.57	AD30-11-14	同朱氏	同朱氏	0.65; (7:06)	-5.8	0.0	1
4	45.96	AD31-05-10	同朱氏	同朱氏	0.70; 9:10	0.7	0.0	1
5	39.03	AD40-04-30	同朱氏	同朱氏	0.12; (5:42)	-1.1	0.0	1
6	28.61	AD41-04-19	同朱氏	同朱氏	0.78; 13:46	-1.4	0.0	1
7	109.99	AD46-07-22	同朱氏	同朱氏	0.18; 8:55	6.8	0.0	1
8	56.04	AD47-05-20	AD49-05-20	同总集	0.75; 18:17	0.9	0.0	1
9	346.99	AD53-03-09	同朱氏	同朱氏	0.70; 9:00	0.5	0.0	0
10	108.14	AD55-07-13	同朱氏	同朱氏	0.27; 8:33	-0.2	0.0	1
11	272.90	AD56-12-25	同朱氏	同朱氏	0.63; 12:49	0.5	0.0	1
12	200.40	AD60-10-13	同朱氏	同朱氏	0.69; 14:58	-1.3	0.0	1
13	264.15	AD65-12-16	同朱氏	同朱氏	0.93; 10:06	-0.2	0.0	1

表 3 续
Table 3 Continued

序	古黄经/(°)	公历日期			见食情况	误差		
		朱氏	总集	本文		黄经/(°)	月份/月	日期/日
14	246.00	AD70-09-23	AD70-12-22	AD70-11-22	无食	-6.7	-1.0	2
15	118.25	AD73-07-23	同朱氏	同朱氏	0.84; 18:31	0.0	0.0	1
16	274.15	AD75-12-26	同朱氏	同朱氏	0.21; 12:32	-0.3	0.0	1
17	350.32	AD80-03-10	同朱氏	同朱氏	0.27; 16:45	-1.4	0.0	0
18	152.88	AD81-08-23	同朱氏	同朱氏	0.26; 7:40	-4.6	0.0	1
19	202.70	AD84-12-16	AD87-10-15	同总集	0.86; 17:32	-2.1	0.0	1
20	3.77	AD90-03-20	同朱氏	同朱氏	0.11; 6:40	-5.5	0.0	1
21	122.69	AD92-07-23	同朱氏	同朱氏	0.66; 10:52	-4.1	0.0	0
22		AD95-05-22	同朱氏	同朱氏	0.92; 9:44		0.0	0
23	155.12	AD100-08-23	同朱氏	同朱氏	0.47; 7:50	-6.4	0.0	0
24	90.59	AD103-06-22	同朱氏	同朱氏	0.77; 11:50	-2.4	0.0	1
25	22.62	AD107-04-11	同朱氏	同朱氏	0.43; 7:26	-3.1	0.0	-1
26	304.96	AD111-01-27	同朱氏	同朱氏	0.79; 15:42	1.7	0.0	0
27	70.04	AD113-06-01	同朱氏	同朱氏	0.93; 19:17	-1.2	0.0	1
28	239.71	AD114-11-15	同朱氏	同朱氏	0.55; 14:54	-7.2	0.0	0
29	225.51	AD115-11-05	AD115-11-14	AD115-11-04	0.26; 15:03	-4.5	0.0	0
30	12.73	AD116-03-31	AD116-04-01	同总集	洛阳不见	-2.1	0.0	-1
31	5.12	AD117-03-21	同朱氏	同朱氏	洛阳不见	-5.4	0.0	0
32	165.22	AD118-09-03	同朱氏	同朱氏	0.55; 18:29	-6.0	0.0	0
33	296.35	AD120-01-18	同朱氏	同朱氏	0.99; 14:08	1.0	0.0	0
34	144.35	AD120-07-13	AD120-08-12	同总集	无食	-6.3	0.0	0
35	214.10	AD124-10-25	同朱氏	同朱氏	0.93; 8:38	-2.4	0.0	1
36	32.73	AD125-04-21	同朱氏	同朱氏	0.33; 17:21	-3.0	0.0	0
37	156.48	AD127-08-25	同朱氏	同朱氏	0.95; 17:18	-6.4	0.0	0
38	179.02	AD135-09-25	同朱氏	同朱氏	洛阳不见	1.8	0.0	0
39	296.62	AD139-01-18	同朱氏	同朱氏	洛阳不见	1.2	0.0	0
40	101.95	AD140-07-02	同朱氏	同朱氏	0.55; 7:37	-3.1	0.0	1
41	241.07	AD141-11-16	同朱氏	同朱氏	0.67; (17:26)	-7.2	0.0	1
42	330.86	AD147-02-18	同朱氏	同朱氏	洛阳不见	-2.0	0.0	0
43	92.22	AD149-06-23	同朱氏	同朱氏	0.59; 6:36	-2.2	0.0	1
44	151.89	AD152-10-15	AD152-08-19	同总集	无食	-6.7	0.0	0

表 3 续
Table 3 Continued

序	古黄经/(°)	公历日期		见食情况	黄经/(°)	误差		
		朱氏	总集			月份/月	日期/日	
45	179.28	AD154-09-25	同朱氏	同朱氏	0.73; 8:10	1.9	−0.5	0
46	123.59	AD157-07-24	同朱氏	同朱氏	洛阳不见	−3.8	0.0	1
47	111.54	AD158-07-13	同朱氏	同朱氏	0.77; 17:49	−2.5	0.0	1
48	340.97	AD165-02-28	同朱氏	同朱氏	0.41; 16:57	−1.6	0.0	1
49	331.13	AD166-02-18	同朱氏	同朱氏	0.27; (7:18)	−1.8	0.0	0
50	101.14	AD167-07-04	同朱氏	同朱氏	0.15; 16:43	−0.9	0.0	1
51		AD168-06-23	同朱氏	同朱氏	0.01; 6:01		0.0	0
52		AD168-12-17	同朱氏	同朱氏	0.70; 15:40		0.0	1
53		AD169-12-06	同朱氏	同朱氏	0.08; 16:26		0.0	1
54		AD170-05-03	同朱氏	同朱氏	无食		0.0	0
55		AD171-04-23	同朱氏	同朱氏	0.21; (5:50)		0.5	0
56	299.92	AD174-02-19	AD174-02-18	同总集	0.33; 16:19	29.4 (−1.0)	0.5	0
57		AD177-12-08	AD177-11-09	同总集	无食		0.0	1
58		AD178-06-04	AD178-03-07	同总集	无食		0.0	0
59	249.86	AD178-11-27	同朱氏	同朱氏	0.38; 10:03	−4.7	0.0	1
60		AD179-05-24	同朱氏	同朱氏	0.90; 13:01		0.5	0
61	180.64	AD181-09-26	同朱氏	同朱氏	0.88; 17:12	2.1	0.0	0
62		AD186-07-04	同朱氏	同朱氏	0.27; 15:48		0.0	1
63		AD189-05-03	同朱氏	同朱氏	0.70; 14:19		0.0	0
64	332.49	AD193-02-19	同朱氏	同朱氏	0.56; 17:15	−1.8	0.0	0
65		AD194-08-04	同朱氏	同朱氏	0.91; (5:38)		0.0	1
66		AD200-09-26	同朱氏	同朱氏	0.58; (6:22)		0.0	0
67		无	AD201-03-22	同总集	0.12; 6:48		0.5	0
68	242.98	AD208-10-27	同朱氏	同朱氏	0.74; 9:50	−28.7 (2.0)	0.0	0
69		AD210-03-13	同朱氏	同朱氏	0.47; (6:47)		0.0	0
70		AD212-08-14	同朱氏	同朱氏	0.82; 15:41		0.0	1
71		AD216-06-03	同朱氏	同朱氏	0.81; (5:15)		0.0	0
72		AD219-04-02	同朱氏	同朱氏	0.52; 16:52		0.0	1
标准误差					6.63(3.59)	0.17	0.74	

说明同表2. 《后汉书五行志》称: 凡汉中兴十二世, 百九十六年, 日蚀七十二: 朔三十二, 晦三十七, 月二日三. 本文所得东汉72次日食记录中: 无食6次, 洛阳不可见6次,

日出前8次, 日没后1次. 见食51次, 占71%. 《总集》确定的历日与朱氏同者计61次, 占85%, 本文确定的历日与朱氏同者亦61次, 占85%. 我们研究表明: 记录中似有两次太阳所处宿名有误, 可能是传抄所致. 东汉太阳位置记录的标准误差为 6.63° , 扣除可能的错记(表3序56和序68, 它们分别将“室二度”误为“虚二度”和“氐十二度”误为“尾十二度”)则为 3.59° . 同样据东汉日食数据可得: 东汉行用的历谱中, 月、日的标准误差分别为0.17月和0.74日. 由此可见, 东汉太阳位置记录精度明显好于西汉时期!

4 二十八宿距星

根据陈遵妫先生所列1950.0的二十八宿距星赤经、赤纬值^[17], 可推出相应黄经值(表4). 再据球面天文^[18], 有:

$$l = 50.2564'' + 0.0222''T; \quad m = 46.0851'' + 0.0279''T,$$

其中 l 为黄经岁差, m 为赤经岁差, T 为从1900.0起算的回归世纪数, 设历史时期某年 x , 则: $T = (x - 1900.0)/100$. 由此可计算出古代某年二十八宿的理论值. 最后, 比较古代日食记录中的太阳位置与其理论值的差即可求出古代太阳位置的记录精度.

若求历史时期 x 年的二十八宿位置, 则在表4给定值的基础上再加上相应的黄经或赤经岁差和 L 、 M . 其中 L 、 M 表示 x 年至1950.0的岁差和, 实际是求1950.0年至 x 年岁差的积分:

$$M = 46.0851'' \times (x - 1950) + 0.5 \times 0.0279'' \times [(x - 1900)^2 - (1950 - 1900)^2] \div 100;$$

同理: $L = 50.2564'' \times (x - 1950) + 0.5 \times 0.0222'' \times [(x - 1900)^2 - (1950 - 1900)^2] \div 100$, 表2和表3中古代记录的黄经值就是通过这种方式求得.

表4具体给出了两汉时期二十八宿的观测误差, 若两汉时期的距星完全相同, 则东汉时期观测误差的均值为 2.8° , 远好于西汉时期的 8.2° , 但实际上可能东汉时期的距星与陈遵妫先生所提供的相近, 而西汉时期应有所差异. 从表4可见, 东汉时期最大误差为尾宿 6.7° 和张宿 6.3° , 而西汉时期误差超过 10° 的有尾宿 10.9° 、危宿 14.2° 、室宿 15.5° 和毕宿 13.5° . 若两汉距星存在差异, 则它们多出在误差偏大的宿中.

5 地球自转长期变化

目前国际上普遍采用英国学者Stephenson提供的历史时期的地球自转钟差 ΔT (ET-UT)序列, 他的典型工作发表于1984年^[3], 他采用的计时和不计时交食资料有Babylon (700—50BC), China (AD400—1300), Europe (AD800—1600), Arab (AD800—1200), 合计约339次^[19]. 尽管中国古代交食记录丰富, 仅日食约有千次, 但由于“纪之甚简”—缺少时间和地点等关键信息的原因, 使得包括著名的37次《春秋经》日食在内的材料均未被Stephenson采用.

表 4 二十八宿距星坐标(1950.0)及两汉时期的观测误差
Table 4 The locations of *Juxing* in Chinese 28-constellation in 1950.0 and their
observing errors in both Han dynasties

宿名	赤经/(°)	赤纬/(°)	黄经/(°)	观测 次数	误差(西汉)		观测 次数	误差(东汉)	
					均值/(°)	绝对值 均值/(°)		均值/(°)	绝对值 均值/(°)
角	200.625	-0.733	199.329	0			3	1.9	1.9
亢	210.125	-10.000	211.528	1	-1.2	1.2	0		
氏	222.375	-15.833	224.705	0			4	-1.0	2.0
房	238.950	-25.833	242.207	1	-9.4	9.4	0		
心	244.550	-25.333	247.089	0			1	-4.5	4.5
尾	252.025	-38.000	255.385	2	-10.9	10.9	4	-6.7	6.7
箕	270.650	-30.500	270.564	0			1	-4.7	4.7
斗	280.675	-27.000	279.522	4	-7.0	7.0	3	0.0	0.3
牛	304.900	-15.000	303.664	0			0		
女	311.175	-9.667	310.962	3	-7.8	7.8	2	1.1	1.1
虚	322.200	-5.833	322.652	3	-1.7	1.8	1	1.7	1.7
危	330.750	-0.500	332.624	1	14.2	14.2	1	2.5	2.5
室	345.750	15.000	352.983	3	-9.6	15.5	5	-1.6	1.6
壁	2.675	14.833	8.436	0			2	-0.5	1.0
奎	13.750	23.067	21.745	1	-9.0	9.0	2	-5.5	5.5
娄	28.000	20.600	33.311	1	-8.7	8.7	1	-2.1	2.1
胃	40.175	27.500	46.278	3	-8.8	8.8	3	-2.5	2.5
昂	55.475	23.833	58.685	1	-9.9	9.9	1	-1.1	1.1
毕	66.350	19.200	67.717	1	-13.5	13.5	2	0.8	0.8
觜	83.000	9.833	82.909	0			0		
参	84.500	-1.933	83.920	0			0		
井	94.975	22.500	94.596	4	-0.9	6.8	4	-2.2	2.2
鬼	127.125	18.333	124.957	0			1	-0.9	0.9
柳	128.725	5.933	129.565	1	-4.0	4.0	5	0.8	1.9
星	141.275	-8.400	146.557	1	-6.5	6.5	2	-4.0	4.0
张	147.275	-14.667	155.019	2	-8.6	8.6	1	-6.3	6.3
翼	164.325	-17.967	172.957	2	-9.5	9.5	5	-6.0	6.0
轸	183.325	-17.300	190.058	2	-2.3	3.3	0		
平均					-6.0	8.2		-1.8	2.8

目前看来,有精确计时满足 ΔT 求解的材料并不多见,故研究工作需开拓思路,在增加可利用材料上下功夫.尽可能多地将具有实时记录的可回推天象用于该项研究,例如笔者曾提出“古代历法也是实时记录的载体”,并将《授时历》给出的交食和定朔数据用于地球自转研究^[20].另外诸如记录日出入分的材料亦可用于此研究^[21].由于中国的古天象记录丰富,实际上研究的余地还较大,基于此考虑,本文仅根据两汉日食记录中的“既”、“几尽”和“不尽如钩”等食分描述,尝试做类似工作,甚至可判断出这些描述语所表示的食分范围.具体方法如下:(1)根据Stephenson提供的 ΔT 序列^[22-23],可内插出日食发生时的 ΔT 值,并将其设为 ΔT_0 ;(2)令 $\Delta T = \Delta T_0 + \Delta t$, $\Delta t \in [-2000, 2000]$ s,表示 ΔT 在 ΔT_0 基础上修正了 Δt ,取 Δt 变化步长=400 s,(3)计算对于不同 Δt 取值时日食的食分;(4)比较食分描述的中文含义与其计算结果来确定最佳的食分范围及相应的 ΔT 取值.

图1给出了两汉时期带有“既”、“几尽”和“不尽如钩”食分描述的日食记录,其食分大小随 Δt 变化的关系图.图(a)中含4次食“既”记录,W3指表2中序3记录,E13指表3中序13记录,其他编号所表示的日食记录仿此可查.当 $\Delta t = -1400$ s时,日食食分变化

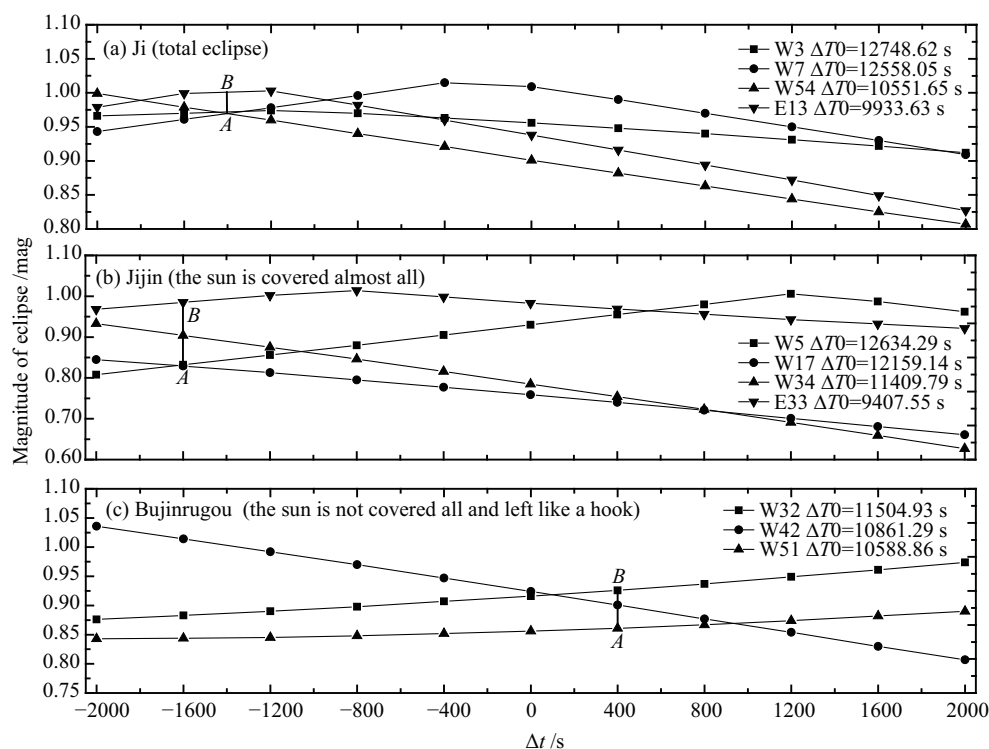


图1 两汉日食记录的食分计算值与 Δt 取值的关系

Fig. 1 The relations between magnitude of eclipse and Δt values as calculated by the solar eclipse records in both Han dynasties

幅度最小,从A到B相应的食分为0.969~1.0,如此应与“食既”描述相合.此外无论 Δt 再减小或增加,其食分范围都会扩大.故 $\Delta t = -1400$ s时可视为最佳值,此时“食既”所表示的食分在0.969以上, $\Delta T = \Delta T_0 - 1400$ s,4次日食的 ΔT_0 标于图1右侧,由此本文

所得 ΔT 值修正了Stephenson所给的该4次日食时间的 ΔT_0 结果. 同理图1(b)中有4次“几尽”记录, 可得当 $\Delta t = -1600$ s时相应的食分范围(0.829~0.985)最小, 也较合理, 仿前用A、B两点即表示该食分范围. 图1(c)中计有3次“不尽如钩”材料, 且当 $\Delta t = 400$ s时, 其A、B间所表示的食分范围最小为0.861~0.926.

至此本文在确定 Δt (或 ΔT)时, 也得出“既”的食分范围为0.969~1.0, “几尽”为0.829~0.985, “不尽如钩”为0.861~0.926. 当然后续研究若处理其他朝代的相应史料时还可将其食分范围进一步明确和限定. 图2最终给出了两汉时期的 ΔT 结果, 其中方块是Stephenson提供的 ΔT 序列(11个点均由内插得到), 圆点是本文给定的 ΔT 值. 本文提供了一个新的研究思路, 即采用含日食食分描述的数据而不是计时数据同样有可能得到 ΔT 值.

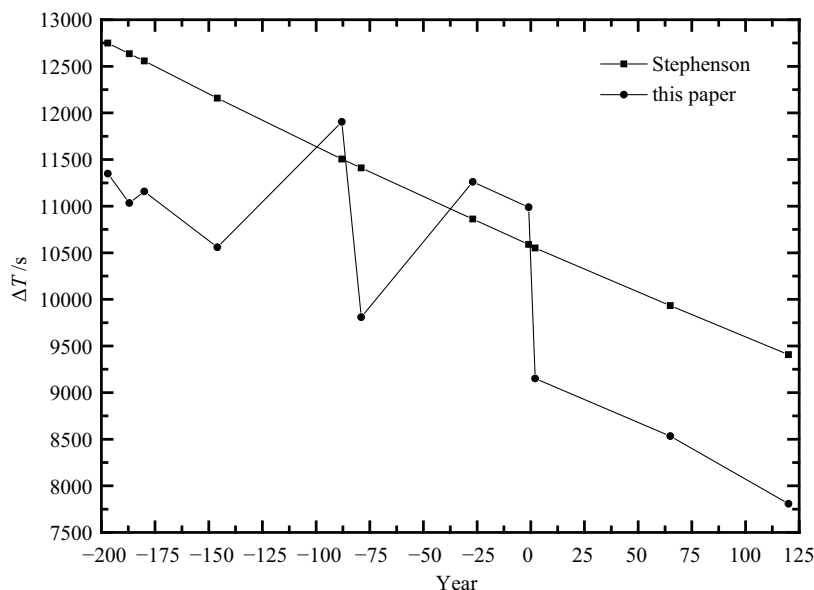


图2 两汉日食的食分记录对 ΔT 取值的改正

Fig. 2 The corrections of ΔT values as derived from the records with magnitude of the solar eclipses in both Han dynasties

6 结论

两汉《五行志》记日食126次, 经研究其中无食21次, 首都不见7次, 日出前9次, 日没后1次, 见食凡88次, 占70%, 说明日食记录的观测地为首都基本可信.

本文通过两汉日食记录中的历日信息来考察其时的历谱精度时, 首先获得两汉时期的历法细节, 即年中置闰和建寅, 其次在此基础上放宽误差条件求解各日食记录相应的古代历谱和公历日期. 计算结果表明西汉历谱中月份误差为0.31月, 日误差为0.97日; 而东汉历谱的月误差为0.17月, 日误差为0.74日, 说明其时置闰和月朔的精度确有提高, 但两汉时期定朔的计算并不精确, 仍有近1日误差, 失朔(日食未发生在朔日)较为普遍.

东汉时太阳位置观测精度达 2.8° , 远好于西汉的 8.2° . 由于中国古代二十八宿的距

星并不统一, 两汉时期的距星是否相同, 现并不明确, 若两汉距星存在差异, 则它们多出现在误差偏大的宿中. 显然, 日食的位置误差还与二十八宿距星的选取有关, 精细的研究工作不能不考虑到距星的修正问题.

本文借助日食计算建立精细的食分随 ΔT 变化的关系, 同时通过史料中有食分描述的日食记录, 从而有助于精确求解 ΔT 值以及界定该食分描述的准确含义. 本工作表明结果的可靠性还与数据量有关, 当然食分对 ΔT 变化敏感的日食用该法较为有效.

总之, 最大程度地利用中国天象史料是摆在学者们面前的任务. 实际上, 除了经典的考究中心食资料的见食地点和计时日食来确定 ΔT 外, 开发利用其它信息亦可在这一方面有所贡献, 本文的尝试就是一例.

参 考 文 献

- [1] 张健, 张培瑜. 天文学报, 2012, 53: 126
- [2] 邢云路. 古今律历考. 见: 文渊阁四库全书(第787册). 台北: 台湾商务印书馆, 1986: 210-319
- [3] Stephenson F R, Morrison L V. RSPTA, 1984, 313: 47
- [4] 朱文鑫. 历代日食考. 北京: 商务印书馆, 1934: 27-42
- [5] Oppolzer Th V. Canon of eclipse. New York: Springer Wien, 1887
- [6] 陈垣. 二十史朔闰表. 北京: 中华书局, 1962
- [7] 北京天文台. 中国古代天象记录总集. 南京: 江苏科学技术出版社, 1988: 128-143
- [8] 陈遵妫. 中国天文学史(第3册). 上海: 上海人民出版社, 1984: 870
- [9] 李勇. 中国科学G辑, 2007, 37: 552
- [10] Li Y. ScChG, 2008, 51: 105
- [11] 李勇. 天文学报, 2001, 42: 215
- [12] 李勇. 中国科学A辑, 2002, 32: 380
- [13] Li Y. ScChA, 2002, 45: 946
- [14] 李勇. 自然科学史研究, 2001, 20: 320
- [15] 李勇. 天文学报, 2007, 48: 256
- [16] 张培瑜. 三千五百年历日天象. 第2版. 郑州: 大象出版社, 1997: 959-1052
- [17] 陈遵妫. 中国天文学史(第2册). 上海: 上海人民出版社, 1982: 325
- [18] 苗永宽. 球面天文学. 北京: 科学出版社, 1983: 154
- [19] Stephenson F R, Morrison L V. RSPTA, 1995, 351: 165
- [20] Li Y, Zhang C Z. EM&P, 1997, 76: 11
- [21] Li Y. ChJAA, 2006, 6: 629
- [22] Morrison L V, Stephenson F R. JHA, 2004, 35: 327
- [23] Morrison L V, Stephenson F R. JHA, 2005, 36: 339

Research on the Solar Eclipse Records in the *Wuxingzhi* of Both Han Dynasties

LI Yong

(National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100012)

ABSTRACT In this paper, we investigate the paper *Lianghan Rishi Kao* (inspect the solar-eclipse records in Both Han dynasties) written by Zhu Wenxin when compared the solar-eclipse records with those in the book *Zhongguo Gudai Tianxiang Jilu Zong ji* (collection of Chinese ancient astronomical records), and find 38 (61) records with the same dates in Western (Eastern) Han dynasty, equal to 70% (85%) of total. Our results have 42 (61) with the same dates in Western (Eastern) Han dynasty as just 78% (85%) of the total. There are totally 126 solar-eclipse records in the *Wuxingzhi* of both Han Dynasties. We confirm that there are 21 no occurred, 7 invisible in the capital then, 9 occurred before sunrise, 1 after sunset, and the left 88 are seen, occupying 70% as usually occurred in the capital area. With the help of our transformation platform as from Chinese ancient 60-day-cycle style dates to Gregorian calendar dates, we check the date records of solar eclipses in the *Wuxingzhi* of both Han dynasties, and then review the accuracy of the calendar. The standard errors of month and day are respectively 0.31 month (0.17 month) and 0.97 day (0.74 day) in the Western (Eastern) Han dynasty. At the same time, the standard errors of solar location of the records are determined, they are 11.08° (6.63°) in Western (Eastern) Han dynasty, and after excluding the possible misrecords the accuracy changes to 9.30° (3.59°). If the *Juxing* (key star of this constellation) was the same in both Han dynasties, the average value of observation error of solar location in Eastern Han dynasty is 2.8° , far better than 8.2° in Western Han dynasty. Otherwise, they most likely appear in some constellations with larger deviation. We try to determine the ΔT (ET-UT) value of solar-eclipse records with the magnitude descriptions, and at the same time, it is concluded that the magnitude of *Ji* (total eclipse) is 0.969-1.0, *Jijin* (the sun is covered almost all) is 0.829-0.985, and *Bujinrugou* (the sun is not covered all and left like a hook) is 0.861-0.926, respectively.

Key words history and philosophy of astronomy, eclipses