

邢云路对《授时历》日躔过宫推步的改进*

李 勇[†]

(中国科学院国家天文台 北京 100012)

摘要 考察明末邢云路所撰《古今律历考》中述及的日躔推步实例与先期恢复的《授时历》和《大统历》方法进行推步比对. 采用邢云路改进的《授时历》法推步万历己亥岁(1599 年)日躔交宫时间, 结果与邢氏的标准偏差为 5.93 刻 ($=85.39$ min), 同时交宫夜半黄道宿度的偏差 0.06 古度 ($=0.059^\circ$); 其中若扣除戌宫可能因数据错误产生的较大误差, 则标准偏差将降为 1.38 刻 ($=19.87$ min) 和 0.01 古度 ($=0.0099^\circ$). 其次, 采用《大统历》计算该年日躔交宫, 与邢云路计算的标准偏差为 1.09 刻 ($=15.70$ min), 交宫夜半黄道宿度的标准误差为 0.05 古度 ($=0.049^\circ$). 据此可认为: 基本恢复了邢氏的日躔推步方法; 邢云路并未对《授时历》的日躔推步方法作本质上的改进, 只是修改了其中的年长、周天分及宫界度. 研究表明, 邢氏所得《大统历》推交宫的结果与《授时历》偏差过大, 原因在于其修改了《授时历》的参数, 邢氏有厚《授时》薄《大统》之嫌.

关键词 天文学史和哲学, 历书, 太阳: 普通

中图分类号: P 135; **文献标识码:** A

1 邢云路与《古今律历考》

邢云路字士登, 明代天文学家, 明万历八年 (公元 1580 年) 进士, 曾在陕西、河南等地任职. 邢云路精通天文、地理、历法, 著有《古今律历考》、《戊申立春考证》等天文著作, 为后人留下宝贵资料, 《畿辅通志》和《畴人传》等均有其传^[1-2].

《古今律历考》凡 72 卷, 涉及经、史、历代律历等众多内容. 它详陈历代历法得失, 见解精辟独特. 邢云路在奏请改历遭受挫折以后, 不断从回顾历法发展过程的角度来阐发自己主张进行历法改革的重要性. 其中, 36~58 卷详细考察了元、明时期行用的《授时历》和《大统历》, 并试图对《授时历》进行改进. 他的改进工作细致而深刻, 自称乃 40 年苦心之作, 对此没有实际推步体验不易察觉. 这部分内容分 3 种: 历经描述、补述; 数据及算例. 其中给出算例的有: (1) 43 卷的《授时历》日躔推步; (2) 49 卷的《大统历》日食推步; (3) 50 卷的《授时历》月食推步; (4) 51~55 卷的《授时历》五星 (木、火、土、金、水星) 推步; (5) 58 卷的《授时历》4 余推步.

颇为遗憾的是, 后世对《古今律历考》褒贬不一, 值得推敲^[3]. 也许因其上疏称当时沿用的《大统历》所推四正 (冬至、立春、夏至、立秋) 时刻皆失天, 致使钦天监甚恶

2011-08-25 收到原稿, 2011-09-20 收到修改稿

* 国家自然科学基金项目 (10973022) 资助

[†] yli@bao.ac.cn

之。《畴人传》言云路“所著律术考欲侈卷帙之多,乃援经史以张其说,宣梅征君之不满之也,盖文章繁富本无当于实学,以之为欺世之具,而世人不必要欺一二,知者又终不受其欺,然则著作等,身而一无心得亦何益哉。”可见其亦受同时及后世学人之不恭。《古今律历考》曾一度引起了来华耶稣会士宋君荣(A. Gaubil, 1689~1759)及西方学者弗莱雷(N. Fréret, 1688~1749)的关注^[4]。

笔者受益最多的是《古今律历考》给出了《授时历》和《大统历》的计算细节和大量算例^[5],这对正史中的历经是极大补充。限于篇幅,本文仅讨论 43 卷的万历己亥岁(1599 年)日躔推步问题。

《古今律历考》常见有丛书集成版和四库全书版^[6-7],本文采用文渊阁四库全书版本进行研究。

2 基本数据及方法

日躔推步属中国古代历法的基本内容,邢云路对《授时历》的改进和发展主要体现在坚持对基本数据的适时测改:

(1) “七应”数据取《授时历》后期采用值。

“七应”是《授时历》最基本的实测数据,采用“七应”推步也是《授时历》弃上元积年法的重要举措,“七应”似起源于杨忠辅《统天历》所定义的“七差”。其中气应 $=55.0600\text{d}$,表示历元冬至(即 1280 年冬至)距甲子日的积日,即冬至干支。闰应 $=20.2050\text{d}$,为历元冬至距该月平朔的积日,即冬至月龄。转应 $=13.0205\text{d}$,为历元冬至距近点月首(近地点)的积日,即冬至的近点月月龄。交应 $=26.0388\text{d}$,为历元冬至距交点月首(降交点)的积日。周应 $=315.1075\text{d}$,表示历元冬至加时太阳的赤道宿度在箕 10.0° 。另有合应和历应用于步五星,不同的行星其值各异。

《大统历》所述《授时历》辛巳年的“七应”中有闰应、转应和交应与《授时历》经文不同,有人怀疑洪武年间为元统所改,其实不然,“七应”在至元三十一年(1294 年)又经过改定,本文称其为《授时历》后期采用值。这点《大统历》步气朔的经文已明示“《通轨》(即《大统历法通轨》)所述者,乃《授时》续定之数,而《历经》所存,则其未定之初藁也”。

而实际上,由于《大统历》取洪武十七年甲子(1384 年)为历元,距辛巳(1281 年)积 104 年。故《大统历》历经所给的《大统历》气应 $=55.0375\text{d}$ 、闰应 $=18.207018\text{d}$ 、转应 $=20.9690\text{d}$ 、交应 $=11.510508\text{d}$ 等值,它们均与《授时历》后期采用值等价,即可由《授时历》“七应”后期采用值直接求解出《大统历》的“七应”值。

例如, 1384 年的冬至干支,即为《大统历》历经所给的气应 $=\text{MOD}(\text{年长} \times \text{距算} + \text{《授时历》气应}, 60) = \text{MOD}(365.2425 \times (1384 - 1281) + 55.0600, 60) = 55.0375$ 。同理,该年冬至月龄(闰应) $=\text{MOD}(\text{年长} \times \text{距算} + 20.2050, 29.530593) = 18.207018$;该年冬至的近点月月龄(转应) $=\text{MOD}(\text{年长} \times \text{距算} + 13.0205, 27.5546) = 20.9690$;该年冬至距交点月首(降交点)的积日(交应) $=\text{MOD}(\text{年长} \times \text{距算} + 26.0388, 27.212224) = 11.510508$ 。这些都是《大统历》历经所提供的诸应值。由此可见,邢氏提出随时测改原则无疑是正确

的,但由上述数据可知,《大统历》并未对此作过观测及改进.

(2) 邢云路认为年长仍应依《授时历》法,取变化年长为算,即:年长 $=365.2425-0.000001\times$ 距算.例如,计算万历己亥岁(1599年)的年长 $=365.2425-0.000001\times(1599-1281)=365.242182$ 日.因《大统历》不用岁实消长,受到邢云路的批评.

(3) 邢云路取周天 $=365.2578^\circ$.《授时历》的周天 365.2575° ,邢云路将虚宿的赤道度增加了 0.0003° ,故周天改为 365.2578° .另外,本文所称度均为古度,1古度 $=365.2578\div360=1.014605^\circ$.

(4) 邢云路采用的周天二十八宿赤道、黄道宿度,二十八宿黄道宿度钤,及十二宫宫界度数据均与《授时历》有异,具体数据列于下文表中.

依《授时历》、《大统历》的时刻制度,在推发敛加时时,“各置所推定朔、弦、望及恒气之小余,以十二乘之,满万为时,命起子正.满五千,又进一时,命起子初.算外.得时不满者,以一千二百除之为刻,命起初刻.初、正时之刻,皆以初、一、二、三、四为序,于算外命之.”^[8]例如,推算1599年冬至辰刻:根据《授时历》计算法:1599年冬至时刻 $=\text{MOD}(\text{距算}\times\text{年长}+\text{气应},60)=42.0796$,大余(整数部分)42即为干支丙午,小数部分0.0796表示为日的小数.于是邢云路计算出为丑初2刻,而本文的计算则为丑初3.8刻.两者的差异在于,其一前人在计算时舍去所余的0.8刻,其二前人计数从初、一、二、三、四,于是现代所算出的丑初3.8刻,古代却记为丑初二刻.

《授时历》步日躔内容见《元史·历志》,其推步内容主要包括:(1)四正(指冬至、夏至、春分、秋分)赤道和黄道日度(及宿度);(2)每日晨前夜半和午中的赤道及黄道日度(及宿度);(3)太阳入十二次(宫)的时刻.

求解上述日躔及过宫时刻所涉及的内容还有:(1)经朔、弦、望入盈缩历及盈缩差的求解;(2)赤道坐标与黄道坐标的转换;(3)日度(相当于太阳的赤经或黄经)与其所入宿及宿度的换算.

古历步日躔中的盈缩差与现代天文中的太阳中心差及主章动项等相当^[9].《授时历》已将盈缩差的求解公式化,它以太阳入冬至点的积日数为自变量^[10].这样由《授时历》可知:太阳位置 $=$ 平位置(日行 1°)+盈缩差.其基本公式有:

冬至赤道日度 $=\text{MOD}(\text{距算}\times\text{年长}+\text{周应},\text{周天分})$.《授时历》定义:距算 $=$ 所求年-1281,周天分 $=365.2575^\circ$,故象限 $=1/4$ 周天分 $=91.314375^\circ$.

四正赤道日度 $=\text{MOD}(k\times\text{象限}+\text{冬至赤道日度},\text{周天分})$, $k=0,1,2,3$ 分别表示冬至、春分、夏至和秋分的赤道日度.

利用《授时历》提供的“黄赤道率”表可进行赤道日度和黄道日度的坐标变换.

四正黄道日度 $=\text{MOD}(k\times\text{定象限}+\text{冬至黄道日度},\text{周天分})$, $k=0,1,2,3$ 分别表示冬至、春分、夏至和秋分的黄道日度.

其中定象限 $=(\text{所求年冬至日躔黄赤道差}-\text{次年黄赤道差})\div4+\text{象限}$.

实际上,每日晨前夜半和午中的赤道和黄道日度的计算和太阳入十二次时刻也是在四正赤道和黄道日度的基础上进行,本文未列出,详见张培瑜等^[11]的工作,曲安京也曾对黄赤道坐标变换、相关宿度及太阳过宫计算有过详细阐述^[12].

3 四正夜半日度推步

邢氏所采用的二十八宿赤道度与《授时历》、《大统历》几乎全同, 仅虚 8.9578° 与两历的 8.9575° 稍异. 于是邢氏二十八宿合 365.2578° , 《授时历》、《大统历》则为 365.2575° . 由此相应的二十八宿赤道宿度、积度、钐度亦然, 具体数据见表 1.

表 1 二十八宿赤道、黄道宿度及黄道宿钐度

Table 1 The degrees of the 28 lunar mansions measured along the celestial equator and ecliptic

序	宿名	赤道宿度			黄道宿度				
		CX ($^\circ$)	CS ($^\circ$)	CX-CS ($^\circ$)	HX ($^\circ$)	HS ($^\circ$)	HX-HS ($^\circ$)	QX ($^\circ$)	QHX-QX ($^\circ$)
1	箕	10.4	10.4	0.0000	9.57	9.59	-0.02	9.57	0.0000
2	斗	25.2	25.2	0.0000	23.64	23.47	0.17	33.21	0.0000
3	牛	7.2	7.2	0.0000	6.98	6.9	0.08	40.19	0.0000
4	女	11.35	11.35	0.0000	11.36	11.12	0.24	51.55	0.0000
5	虚	8.9578	8.9575	0.0003	9.017	9.0075	0.01	60.5678	-0.0008
6	危	15.4	15.4	0.0000	16.13	15.95	0.18	76.6978	-0.0008
7	室	17.1	17.1	0.0000	18.45	18.32	0.13	95.1478	-0.0008
8	壁	8.6	8.6	0.0000	9.34	9.34	0.00	104.4878	-0.0008
9	奎	16.6	16.6	0.0000	17.73	17.87	-0.14	122.2178	-0.0008
10	娄	11.8	11.8	0.0000	12.32	12.36	-0.04	134.5378	-0.0008
11	胃	15.6	15.6	0.0000	15.52	15.81	-0.29	150.0578	-0.0008
12	昂	11.3	11.3	0.0000	10.95	11.08	-0.13	161.0078	-0.0008
13	毕	17.4	17.4	0.0000	16.34	16.5	-0.16	177.3478	-0.0008
14	觜	0.05	0.05	0.0000	0.05	0.05	0.00	177.3978	-0.0008
15	参	11.1	11.1	0.0000	10.24	10.28	-0.04	187.6578	-0.0208
16	井	33.3	33.3	0.0000	31.21	31.03	0.18	218.8678	-0.0208
17	鬼	2.2	2.2	0.0000	2.14	2.11	0.03	221.0078	-0.0208
18	柳	13.3	13.3	0.0000	13.25	13	0.25	234.2578	-0.0208
19	星	6.3	6.3	0.0000	6.29	6.31	-0.02	240.5478	-0.0208
20	张	17.25	17.25	0.0000	18.00	17.79	0.21	258.5478	-0.0208
21	翼	18.75	18.75	0.0000	20.23	20.09	0.14	278.7978	-0.0408
22	轸	17.3	17.3	0.0000	18.67	18.75	-0.08	297.4478	-0.0208
23	角	12.1	12.1	0.0000	12.74	12.87	-0.13	310.1878	-0.0208
24	亢	9.2	9.2	0.0000	9.44	9.56	-0.12	319.6278	-0.0208
25	氐	16.3	16.3	0.0000	16.20	16.62	-0.42	335.8278	-0.0208
26	房	5.6	5.6	0.0000	5.42	5.26	0.16	341.2478	-0.0208
27	心	6.5	6.5	0.0000	6.20	6.27	-0.07	347.4478	-0.0208
28	尾	19.1	19.1	0.0000	17.81	17.95	-0.14	365.2578	-0.0208

表 1 中 CX (HX) 和 CS (HS) 分别表示邢云路和《授时历》的赤道 (黄道) 宿度值, QX 为邢云路的黄道宿钐度值, QHX 是 HX 的前宿至本宿的积度和.

邢氏所给的各宿黄道宿度值亦不唯一, P482~P283 有“各黄道本度”值, 它是由赤道宿度经黄赤道率计算而得, 表 1 采用的 HX 是 P483 所给数据, 另 P486~P487 又列各宿黄道钐度 QX. 实际上各宿就有了 3 组黄道宿度值数据.

就赤道宿度而言,邢云路的数值与《授时历》所记相差甚微,如前述,但反映到黄道宿度上则两者相差较大,且其所给黄道宿度数据(HX)和黄道宿钤度数据(QX)亦有矛盾,最大存在 0.04° 的差异(具体差值见表1中的QH_X~QX列),而根据定义黄道钤度应是其前各宿度和(含本宿),由此可见邢氏给出的黄道宿度与钤度其自洽性亦存问题,具体差异列于表1.值得注意的是钤度产生的误差具累积效应,可使影响放大.具体而言,邢云路记壁宿的黄道宿度为 9.84° (P483),但在别处又记 9.3357° (P482),本文据钤度等于宿度和,将此值改为 9.34° .除壁宿外,表1中黄道宿度与“各黄道本度”值有异的还有:虚(9.0113°)、参(10.2420°)和井(31.2343°)三宿.此外,由QH_X-QX值可知,黄道钤度与黄道宿度不自洽的有虚、参和翼三宿,其造成的差异分别为 0.0008° 、 0.02° 和 0.02° .丛书集成初编的版本中数据亦然.

前文已述四正黄道日度的计算,若求四正晨前夜半日度,则置四正气日及分秒,冬夏二至,盈缩之端,以为定.以盈缩差命为日分,盈减缩加之,即为四正定气日及分.置日下分,以其日行度乘之,如日周而一;所得,以减四正加时黄道日度,各得四正定气晨前夜半日度及分秒,即:

$$\text{四正夜半黄道日度} = \text{四正黄道日度} - \text{四正定气日下分} \times \text{四正日日行度} \div \text{日周}.$$

表2 邢云路计算 1599 年四正晨前夜半黄道日度

Table 2 The ecliptic locations of equinoxes and solstices at the middle-night in 1599 calculated by Xing Yunlu

四正	授时历法			大统历法				
	邢算(入箕宿) ($^\circ$)	本文算 ($^\circ$)	差值 ($^\circ$)	邢算甲 ($^\circ$)	邢算乙 ($^\circ$)	本文算 ($^\circ$)	差值甲 ($^\circ$)	差值乙 ($^\circ$)
冬	4.554333634	4.5557	0.0014	箕 4.632265	箕 4.6322	箕 4.6323	0.0000	0.0001
春	94.96039366	94.9609	0.0005	壁 1.68547305	壁 3.6839	壁 1.6848	-0.0007	-1.9991
夏	186.5929727	186.5931	0.0001	参 9.312897	参 9.3289	参 9.3117	-0.0012	-0.0172
秋	278.1576916	278.1575	-0.0002	轸 0.2631845	翼 18.3552	轸 0.2614	-0.0018	2.1362
次冬	4.287760847	4.2868	-0.0010	箕 4.363551		箕 4.3636	0.0000	
次春				壁 1.4290715		壁 1.4285	-0.0006	

由于邢氏给出了两组用《大统历》计算的结果,表2分别用“邢算甲”和“邢算乙”表示,差值表本文算-邢算值.对《授时历》而言最大差值为 0.0014° ,对《大统历》则为 0.0018° (考虑到差值乙过大,本文认为这组数据似存在问题,可能属窜入数据).由此可以认为,就四正晨前夜半黄道日度而言,本文的计算与邢氏一致.

4 日躔交宫推步

邢云路在《古今律历考》卷43给出了其用改进的《授时历》推步万历己亥岁(1599)日躔历的实例.同时,还给出了《大统历》的推步结果.这里邢氏所说的《授时历》已经过他的改进,与本文相关部分包括对回归年长(仍取《授时历》值)、周天分、二十八宿黄赤道宿度及十二宫界度数据的修改.

邢氏计算入宫时刻时采用其自己计算出的十二宫宿度,其值与《授时历》所载的十

二宫度有异. 作为比较本文的计算亦取邢氏“改良”的《授时历》法, 包括相应的修改数据 (见 [7]P486-495).

表 3 用邢云路改良《授时历》法计算 1599 年日躔交宫辰刻
Table 3 The times when the sun transited zodiacal signs in 1599 calculated by Shoushi Li as improved by Xing Yunlu

宫次	入宫界 (°)	邢云路算		本文算		差值	
		入宫辰刻	夜半黄道 (°)	入宫辰刻	夜半黄道 (°)	宿度 (°)	刻
丑 星纪	斗 3.7985	甲寅巳初二刻	斗 3.37954868	甲寅巳初 2.4 刻	斗 3.3809	0.0014	0.40
子 玄枵	女 2.0891	壬午寅正三刻	女 1.881101	壬午寅正 3.4 刻	女 1.8821	0.0010	0.40
亥 取需	危 12.8010	壬子未初三刻	危 12.21788786	壬子未初 3.2 刻	危 12.2183	0.0004	0.20
戌 降娄	奎 1.7731	乙酉寅初二刻	奎 1.62837758	乙酉辰正 0.2 刻	奎 1.4395	-0.1889	19.19
酉 大梁	胃 3.6970	丁巳戌初一刻	胃 2.91010554	丁巳戌初 2.1 刻	胃 2.9034	-0.0067	1.10
申 实沈	毕 6.8047	戊子辰正二刻	毕 6.46146372	戊子辰正 3.6 刻	毕 6.4502	-0.0113	1.60
未 鹑首	井 8.3575	丁巳戌正三刻	井 7.53172934	丁巳亥初 1.1 刻	井 7.5118	-0.0199	2.43
午 鹑火	柳 3.9094	丁亥亥初三刻	柳 3.02395214	丁亥亥初 3.9 刻	柳 3.0237	-0.0003	0.90
巳 鹑尾	张 15.4348	己未申正初刻	张 14.77253146	己未申正 0.6 刻	张 14.7719	-0.0006	0.60
辰 寿星	轸 10.0599	壬辰申初一刻	轸 9.41244979	壬辰申初 3.8 刻	轸 9.3926	-0.0198	2.80
卯 大火	氏 1.1314	甲子丑初初刻	氏 1.08683731	甲子丑初 0.0 刻	氏 1.0885	0.0017	0.00
寅 析木	尾 2.9791	壬辰酉初二刻	尾 2.21447253	壬辰酉初 2.3 刻	尾 2.2172	0.0027	0.30

注：邢云路在计算冬至后加时黄道日度时采用初度下非《大统》4°下的黄赤道度率为算, 本文计算亦然. 差值栏所列为本文计算值 - 邢云路计算值.

表 3 给出了邢云路采用其改良的《授时历》法计算 1599 年的日躔交宫时刻以及本文依其法的计算结果. 其中本文采用邢云路改进的《授时历》法计算该年的日躔交宫时间的标准偏差为 5.93 刻 (=85.39 min), 同时交宫夜半黄道宿度的标准误差为 0.06 古度 (=0.059°). 若扣除戌宫可能因数据错误产生的偶然误差, 则日躔交宫的标准误差将降为 1.38 刻 (=19.87 min), 且交宫夜半黄道宿度的标准误差为 0.01 古度 (=0.0099°). 计算时取 1 时辰 =8.33 刻.

实际上, 我们的大多数结果与邢氏略异, 仅戌宫差异较大达 19.19 刻. 考虑到入宫时刻对入宫宿度的取值极为敏感, 由于太阳日行约 1°, 故宫界度若差 0.01° 则时刻差达 1 刻. 邢云路记戌宫入奎 1.7731°, 其与本文据其提供的四正后黄道十二次积度与四正距后二十八宿黄道积度数值可推得入戌宫度似为 1.7290°, 再参考《授时历》所给的 1.7363°, 故本文认为邢氏所给的入奎 1.7731° 应有误, 当然亦有可能是邢氏的时刻记录有误或算错.

如上讨论可认为本文基本恢复了邢氏的《授时历》算法.

在《古今律历考》43 卷的最后, 邢云路还给出了采用当时历法《大统历》推步 1599 年日躔的结果. 现将邢氏所算结果列于表 4, 其计算中年长、周天分以及二十八宿黄赤道宿度及十二宫界度数据均采用原《大统历》数值. 《授时历》宫界度见《元史·历志三》(见 [8]P3392), 与《明史·历志五》的《大统历》宫界度同 (见 [8]P3706~P3707).

表 4 用《大统历》法计算 1599 年日躔交宫辰刻

Table 4 The times when the sun transited zodiacal signs in 1599 calculated by
Datong Li

宫 次	入宫界 (°)	邢云路算			差值	
		入宫辰刻	结论 (°)	夜半黄道 (°)	宿度	刻
丑 星纪 斗	3.7685	己未未初二刻	缺	斗 3.17036	-0.0002	0.90
子 玄枵 女	2.0638	丁亥寅初初刻	缺	女 1.926917	-0.0002	0.80
亥 取譬 危	12.6491	辛亥戌正三刻	先天 9 时	危 11.63591	0.1273	0.90
戌 降娄 奎	1.7363	甲申巳正初刻	先天 9 时	奎 1.21204	0.1110	-0.33
酉 大梁 胃	3.7456	丁巳寅初一刻	先天 8 时	胃 3.605057	0.0158	-0.70
申 实沈 毕	6.8805	戊子寅初二刻	先天 2 时	毕 6.73816505	0.0265	-2.63
未 鹑首 井	8.3494	丁巳酉正二刻	先天 1 时	井 7.609983	-0.0023	0.70
午 鹑火 柳	3.8680	丁亥未初一刻	先天 4 时	柳 3.329628	-0.0014	0.50
巳 鹑尾 张	15.2606	戊午亥正三刻	先天 9 时	张 14.320472	-0.0017	0.90
辰 寿星 轸	10.0797	辛卯酉正三刻	先天 11 时	轸 9.289665	-0.0020	0.80
卯 大火 氏	1.1452	癸亥午正一刻	先天 7 时	氏 0.6186995	-0.0065	1.00
寅 析木 尾	3.0115	壬辰未初一刻	先天 2 时	尾 2.4507695	-0.0157	0.20

表 4 中丑宫、子宫邢云路给出的是次年 (1600 年) 值, 而表 3 中所给均为 1599 年值, 邢氏未对该 2 宫计算精度作判定, 本文的计算数据亦采用 1600 年值. 结论栏给出邢氏所得的《大统历》推步的误差, 其结果是与表 3 的邢云路算入宫辰刻比较而得. 差值栏所列为本文计算值 - 邢云路计算值.

邢氏认为《大统历》入宫辰刻较其改良的《授时历》有 1~11 个时辰的误差, 其中标准误差均先天不小于 7.47 时辰 (=14.94 h), 正如邢氏所述“大统先天有至八九时甚至十一时者, 乃大统自谓余遵授时, 是遵何术也? 大统并授时且不知用, 安望其随时测改耶.” 具体差异情况见表 4“结论”栏.

为与邢氏计算结果相比较, 本文亦用《大统历》推步该年日躔交宫时间, 两者的标准误差为 1.09 刻 (=15.70 min), 交宫夜半黄道宿度的标准误差为 0.05 古度 (=0.049°), 故可认为邢氏数据确为用《大统历》方法算得.

5 几点讨论

5.1 《授时历》和《大统历》之失

邢氏认为《授时历》因“元顺帝亡, 并其历官、历术俱没入沙漠中. 我朝存其余法而失其本源 (卷十九末).” 明朝修订的《大统历》实际上是“遭元统改易溷乱其术, 遂使至今畴人布算多所舛错.” 现《授时历》和《大统历》的历经均已载入正史, 但邢氏当时却苦于未见, 明世子亦称未见《大统》. 有时历经所述推步方法未尽其详, 有了邢云路的比校工作, 还有助于后世研究. 从本质上讲明朝修订的《大统历》与《授时历》相差甚微. 这也与史实及我们先前的研究相符.

邢云路指出《授时历》参数应随时测改、调整值得肯定. 邢氏在卷一 (P4) 言“元承用金历, 至至元郭守敬乃测验周至改作始精, 作《授时历》, 然非谓《授时》之法遂一

成不易可岁岁无改也。观守敬之言, 曰以至元十八年岁次辛巳为立元, 上考往古下验将来。周岁消长皆距立元为算, 其诸应等数随时推测不用为元。曰诸应不用为元者, 正欲后人随时改革也。”这也合《授时历》本意, 郭守敬在至元三十一年(《授时历》颁行仅十四年)即作诸应的修改。

邢氏批评《大统历》不如《授时历》精确, 邢氏认为《大统历》日躔交宫先天“有至八九时甚至十一时者”, 标准偏差为 58.04 刻(表 5)。若同样计算 1599 年的日躔过宫时刻, 采用我们先期恢复的《授时历》和《大统历》的日躔推步法可得则两历的标准偏差仅为 1.54 刻, 两历宿度的标准偏差为 0.01° , 远低于邢氏结果。本文认为造成这一差异的原因, 主要是因为他修改了《授时历》的十二宫宫界度所致。

表 5 用邢云路改良《授时历》法计算 1599 年日躔交宫辰刻与《大统历》的标准偏差

Table 5 The standard error of the times when the sun transited zodiacal signs in 1599 between *Shoushi Li* as improved by *Xing Yunlu* and *Datong Li*

邢氏修正	宫界度、周天分 年长	宫界度 周天分	宫界度 年长	周天分 年长	宫界度 周天分	周天分 年长	年长
偏差(刻)	58.04	58.00	50.36	9.31	50.33	9.25	1.47
偏差(时辰)	6.97	6.96	6.04	1.12	6.04	1.11	0.18

表 5 给出了由于邢云路采用与《大统历》不同的宫界度、周在分和年长分别造成的交宫辰刻的标准偏差, 可见由于宫界度变化造成的偏差达 50 刻以上, 而周天分和年长造成的差异分别不大于 9.5 刻和 1.5 刻, 三者的不同组合所造成的误差略有损益。表 5 中的邢云路计算结果及《大统历》结果均采用本文恢复的相应算法进行计算比较。此外, 万历二十三年(1595 年)明世子曾上《进历书奏疏》称“臣尝取《大统》与《授时》二历较之, 考古则气差三日, 推今则时差九刻。”^[13]其所得《大统历》的偏差亦远小于邢氏的结论, 可见邢氏似乎刻意夸大了《大统历》的误差。

邢云路在卷六十五专论“辩授时历之失”和“辩大统历之失”, 陈美东曾有归纳(见[13]P620)。但邢氏厚《授时》薄《大统》的做法有些不妥, 其实两历本无大异。邢氏指出历法参数“七应”、十二宫界度等应随时测改, 《大统历》不应沿袭《授时》数据, 这些无疑是正确的, 其实这也合《授时历》本意。

而对历算方法本身邢氏并未作太多改良, 仅提出复用《授时历》的回归年长度消长之法。另外, 还有一些他所指出的问题实际《大统历》已作更正: 如月食的食甚时刻即为定望时刻, 从而去除了《授时历》的时差改正; 以及邢氏提出“今钦天监以《授时》大都之历法, 布洪武南京之刻漏, 冬夏二至, 各差三刻”。实际上, 《大统历》的“冬夏二至后晨昏分立成”已明示: 此通轨所载南京应天府晷刻也(见[8]3650-3666)。

如上所述, 邢云路的确对《授时历》的日躔推步进行了改进, 并有所发展。诚然, 今天所见的《授时》、《大统》术文并未详细给出每个推步的细节, 而邢云路的《古今律历考》在此方面作了有效的弥补。这也深刻体现了邢氏对历法的发展和贡献。

5.2 计算的细节

邢氏在用《授时历》计算 1599 年冬至黄道日度时, 因冬至赤道日度为 310.1467° , 入箕宿 5.0392° , 换算成黄道日度时, 因积度取 4, 故度率应取 4 日值 1.0849, 但邢氏认为取

初日值 1.0865 计算. 于是计算出的冬至黄道日度 $=4+(5.0392-4.3445)\div 1.0865=4.6394$, 即为入箕宿 4.6394° , 若仍取原值则为入箕宿 4.6403° , 相差 0.02° .

5.3 其他问题

邢云路在用《大统历》给出 1599~1600 年四正夜半黄道日度后, 随后又多列出一些与其不相同的结果, 不知如何算得. 此外, 邢氏还给出了 1599 年《大统历》计算四正昏明五更中星的结果, 但邢氏计算结果与本文的复算存在差异. 似乎邢氏并未完全按历经所规定的方法进行计算, 因为五更中星的位置应由初更中星累加“更差度”而得. 据《授时历》和《大统历》术文: 距中度 = 距中分 $\times 366.2575 \div 10000.0 = (5000 - \text{晨分}) \times 366.2575 \div 10000.0$, 故更差度 $= 2.0 \times (183.12875 - \text{距中度}) \div 5.0$. 因此更差度应是只与晨分有关的定量. 而据邢云路给定的四正日逐更中星, 若由其差反求出更差度后可发现却并不固定. 对于这些四正夜半黄道日度及昏明五更中星等来源不明的数据, 笔者认为有可能是窜入, 亦有待进一步查明其算法.

无独有偶, 明代顾锡畴的《天文图》中列有完整的 24 气昏晓及五更中星位置, 陈美东已有详细研究, 显见其每一节气的五更中星的间距亦不相等^[14]. 由此可见, 同时代学者邢云路和顾锡畴所得的逐更中星位置均与《大统历》计算不合, 原因待查.

参 考 文 献

- [1] 李鸿章, 黄彭年. 邢云路传. 刻本. 清光绪 10-12 年: 1884-1886
- [2] 阮元. 畴人传. 北京: 商务印书馆, 1935: 1013-1023
- [3] 王淼. 自然辩证法通讯, 2005, 27: 92
- [4] 韩琦. 中国科学技术的西传及其影响. 石家庄: 河北人民出版社, 1999: 68-77
- [5] 李勇. 天文学报, 2011, 52: 43
- [6] 邢云路. 古今律历考. 上海: 商务印书馆, 1936: 1-1205
- [7] 邢云路. 古今律历考. 台北: 台湾商务印书馆, 1983: 1-754
- [8] 中华书局. 历代天文律历等志汇编. 北京: 中华书局, 1976: 3702
- [9] Li Y, Zhang C Z. A&A, 1998, 332: 1142
- [10] 李勇, 张培瑜. 天文学进展, 1996, 14: 66
- [11] 张培瑜, 陈美东, 薄树人, 等. 中国古代历法. 北京: 中国科学技术出版社, 2008: 655-659
- [12] 曲安京. 中国数理天文学. 北京: 科学出版社, 2008: 195-232
- [13] 陈美东. 中国科学技术史: 天文学卷. 北京: 科学出版社, 2003: 611
- [14] 陈美东. 中国古星图. 沈阳: 辽宁教育出版社, 1996: 169-178

The Calculation of Shoushi Li When the Sun Transited Zodiacal Signs Improved by *Xing Yunlu*

LI Yong

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

ABSTRACT The book *Gujin Lülíkao* was written by *Xing Yunlu*, an ancient astronomer in the latter *Ming* dynasty. In this paper, base on our previous recovery for both calendars of *Shoushi Li* and *Datong Li*, we investigate the *Xing's* practical calculations for the times and locations when the sun transited zodiacal signs, then check and compare his results

with our calculations after accepted *Xing*'s parameters and the methods. First, when using the improving *Shoushi* methods claimed by *Xing*, we obtain, in the year of *Wanli Jihai* (1599), the standard error of the time between our calculations and *Xing*'s results when the sun transit each of the zodiacs is 5.93 *Ke* (=85.39 min), but when ignore the biggest error derived by Zodiacs *Xu*, the error will decrease to 1.38 *Ke* (=19.87 min), and at the same time the standard deviation of solar longitude at middle-night just before transit is 0.06 *Du* (=0.059°). The second, when employing our recovering methods of *Datong Li* and comparing with *Xing*'s calculation, we ascertain that in the same year the standard error of the time when the sun transit each of the zodiacs is 1.09 *Ke* (=15.70 min), and the standard error of solar longitude at middle-night just before transit is 0.005 *Du* (=0.049°). So we are sure we have recovered the work declared by *Xing*. And in fact *Xing* do not improve the method of *Shoushi Li* but provide the new values of the tropical year-length, the data of *Zhoutian Fen* (the degrees of the whole ecliptic or celestial equator), and the range of each zodiac. At the same time, the bigger deviations between both calendars derived by *Xing* just caused by his new parameters, and this probably leads to *Xing* approving *Shoushi Li* and despising *Datong Li*.

Key words history and philosophy of astronomy, ephemerides, sun: general