第 46 卷 第 4 期 天 文 学 报 Vol.46 No.4
2005 年 10 月 ACTA ASTRONOMICA SINICA Oct., 2005

中国古历经朔数据的恢复及应用*

李 勇

(中国科学院国家天文台 北京 100012)
(yli@bao.ac.cn)

摘要 中国元代的《授时历议》保存了 44 部古历的推朔参数及比验资料. 借助古代朔望计算方法: 1) 恢复了诸历行用初年的天正经朔数值; 2) 修正了史载的错误数据. 3) 根据 Meeus 方法计算出经朔的理论值, 并由此确定古历经朔的推步精度; 4) 尝试应用这些数据考察地球自转长期变化, 得出日长变化为 1.8 ms/cy.

关键词 地球自转, 《授时历议》, 历书
中图分类号: P 1-092, 182.2, 125.11 ; **文献标识码**: A

1 引言

《授时历》由郭守敬 (AD 1231-1316) 等编纂, 载于《元史 · 历志》 [1]. 历成于 1280 年, 元世祖忽必烈钦定其名. 它集中国传统诸历大成, 是古代行用时间最长 (AD 1281-1644) 、精度极高、最负盛名一部名历. 《授时历》的最大特点在于: 推步基于实测, 废积年日法. 正如《授时历议》所述: "《授时历》以至元辛巳 (AD 1281) 为元, 所用之数, 一本诸天, 秒而分, 分而刻, 刻而日, 皆以百为率, 比之他历积年日法, 推演附会, 出于人为者, 为得自然." 元至元二十年 (AD 1283), 李谦奉诏著《授时历议》 [2]. 这是对《授时历》所作的详细鉴定及论证报告, 其中既给出了与其他历法的推步比验结果, 同时还保存了较为丰富的实测天象史料. 现代学者在注重对历术本身的解读和研究的同时 [3−5], 已逐步认识到在《授时历议》中古天象记录的重要价值和发掘潜力 [6,7].

一般而论, 《中国古代天象记录总集》辑集了中国古代绝大多数的实时天象资料 [8], 但由于这些资料当初本不是为现代应用而预先观测、留存的, 故大多存在 "纪之甚简" 的先天不足, 难以被有效利用. 为此, 还需要开发新的资料源. 实际上, 根据古代治历方法, 历法本身也应是古代实时观测资料的载体和资料源, 这不仅因为其推步常数通常源于实测, 更为重要的是, 某些不存于史的实测资料还可通过其加以还原、解读. 故从某种意义上讲, 中国古代的 100 余部历法还应被视为数目可观的间接史料源, 存在的困难仅仅在于, 这些资料往往在使用前需补充预处理或数据的还原工作.

作为尝试, 本文考察了《授时历议》中的推朔比验资料, 恢复了 44 部历法所推步的该历行用初年冬至月朔, 指出这些数据的获取还有助于解读历史时期的地球自转参数.

2004-11-16 收到原稿, 2005-04-23 收到修改稿
* 数学天元基金 (A0324673) 资助

2　朔与天正经朔

朔有平朔和定朔之分，平朔又称经朔．《授时历议》言“日平行一度，月平行十三度十九分度之七，一昼夜之间，月先日十二度有奇，历二十九日五十三刻，复追及日，与之同度，是谓经朔．经朔云者，谓合朔大量不出此也．日有盈缩，月有迟疾，以盈缩迟疾之数损益之，始为定朔．”

在古代，定朔最终取代平朔是有一个过程的，其间也难免纷争．对此《历议》又云：“古人立法，简而未密，初用平朔，一大一小，故日食有在朔二，月食有在望前后者．汉张衡以月行迟疾，分为九道；宋何承天以日行盈缩，推定小余；故月有三大二小．隋刘孝孙、刘焯欲遵用其法，时议排抵，以为迂怪，卒不能行．唐傅仁均始采用之，至贞观十九年九月后，四月频大，复用平朔．讫麟德元年，始用李淳风《甲子元历》，定朔之法遂行．”

朔是古历推步的基础，是“步气朔”的重要内容．“天正经朔”系古天文术语，指冬至所在月的平朔．通常情况下朔望均由历法推步所得．但在历法的编制时，特别是该历行用初年的天正经朔可等价于实测数据，因为它们必源于实测，造历者正是通过这类数据来求解或设定历法的相关参数．随着历法的完成，这些数值也就被保存在历法中．故一般而言，历法行用初年附近的数据应该是精度最高的．

李勇、张培瑜曾详细研究了中国古历中的朔望推步方法，并将其归纳为“积年法”和“《授时历》法”两种，方便了本文的工作，在此不加赘述 [9]．就“积年法”而言，据所求年距上元的积年 N，回归年和朔望月的长度 A 、 B (日) 即可推步天正经朔：

$$\text{所求年天正经朔干支} = \text{冬至干支} - \text{冬至月龄} = \mathrm{MOD}(N \times A, 60) - \mathrm{MOD}(N \times A, B)$$

其中 MOD 表求余函数．该结果取整后即为干支序号 (取甲子 =0)，小数部分表合朔时刻．若结果小于零，加 60 即可．此外，实际计算时，各相关数据应保证足够的有效数字位数．在元《授时历》前，中国古代历法主要是采用与上式或类似的原理以获得经朔数值．

对于《授时历》，则 1280 年的天正经朔 = 气应 − 闰应．

本文恢复历法行用初年的天正经朔并取代定朔进行研究，究其缘由，一方面是因为它标志着历法的实际推步起点，其数值应更接近于实测，体现了当时的实测精度和水平，从而更能反映历法的观测基础．另一方面经朔的推步方法较为统一、方便，这样既简化了复杂问题，又提高了结果的可靠性．原因在于：1) 不同历法所采用的具体方法基本一致，其结果由公式中所采用的 N 、 A 、 B 参数决定，这样所恢复的实时平朔值误差较小．2) 因为古历中定朔的推步是较为复杂的，不同历法均有差异．故所得结果中既含有平朔的误差，还引入了推步日、月运动不均匀性所带来的误差，这具体反映在古历的日躔表和月离表中．张培瑜曾详细研究过《大衍历》、《宣明历》及《授时历》的相关改正问题 [10−12]，笔者也讨论过《授时历》的日月运动 [13,14]．此外，定朔注历直到唐代的历法才开始，而平朔则是每部历法不可或缺的．

3 推朔参数及校雠

《授时历议》称：“前代演积之法，不过为合验天耳．今以旧历颇疏，乃命厘正，法之不密，在所必更，奚暇踵故习哉．遂取汉以来诸历积年日法及行用年数，具列于后，仍附演积数法，以释或者之疑．”表 1 则将其列出，含用于推步经朔所需的回归年长度及朔望月长度，均精确到小数点后第 9 位．据此，即可方便地获取由某历推步的某年经朔数值．

表 1 《授时历议》载诸 44 部古历推步经朔的参数

Table 1 The parameters of 44 ancient calendars recorded in Shoushi Liyi for the calculation of mean new moon

序 No	历名 Calendar	造历者及行用年代 Maker and executing years	积年 Jinian	日法 Rifa	误差 (刻) Error (ke)	回归年长 (日) Year (d)	朔望月长 (日) Month (d)
1	三统历	西汉太初元年丁丑邓平造，行一百八十八年，至东汉元和乙酉	144511	81	后天七十八刻	365.250162443	29.530864198
2	四分历	东汉元和二年乙酉编真造，行一百二十一年，至建安丙戌	10561	4	后天七刻	365.250000000	29.530851064
3	乾象历	建安十一年丙戌刘洪造，行三十一年，魏景初丁巳	8452	1457	后天七刻	365.246179966	29.530542210
4	景初历	魏景初元年丁巳杨伟造，行二百六年，至宋元嘉癸未	5089	4559	先天五十刻	365.246880087	29.530598816
5	元嘉历	宋元嘉二十年癸未何承天造，行二十年，至大明七年癸卯	6541	752	先天五十刻	365.246710526	29.530585106
6	大明历	宋大明七年癸卯宋祖冲之造，行五十八年，至魏正光辛丑	52757	3939	后天二十九刻	365.242814819	29.530591521
7	正光历	后魏正光二年辛丑李业兴造，行一十九年，至兴和庚申	168509	74952	先天十三刻	365.243729373	29.530592913
8	兴和历	兴和二年庚申李业兴造，行一十年，至齐天保庚午	204737 [294737]	208530	先天九十九刻	365.244187426	29.530604709
9	天保历	北齐天保元年庚午宋景业造，行一十七 [六] 年，至周天和丙戌	111257	23660	后天一日八十七刻	365.244590025	29.530599552
10	天和历	后周天和元年丙戌甄鸾造，行一十三年，至大象己亥	876507	23460	先天四十刻	365.244288150	29.530710642
11	大象历	大象元年己亥马显造，行五年，至隋开皇甲辰	42255	12992	后天十刻	365.243765394	29.530627485
12	开皇历	隋开皇四年甲辰张宾造，行二十四年，至大业戊辰	4129697	102960	后天七刻	365.243424631	29.530612357
13	大业历	大业四年戊辰张胄玄造，行一十一年，至唐武德己卯	1428317	1144	后天七刻	365.243034709	29.530594406

表 1　(续)

Table 1　(continued)

序 No	历名 Calendar	造历者及行用年代 Maker and executing years	积年 Jinian	日法 Rifa	误差 (刻) Error (ke)	回归年长 (日) Year (d)	朔望月长 (日) Month (d)
14	戊寅历	唐武德二年己卯道士傅仁均造，行四十六年，至麟德乙丑	165003	13006	后天四十七刻	365.244611158	29.530601261
15	麟德历	麟德二年乙丑李淳风造，行六十三年，至开元戊辰	270497	1340	后天一十二刻	365.244776119	29.530597015
16	大衍历	开元十六年戊辰僧一行造，行三十四年，至宝应壬寅	96962297	3040	先天一十三刻	365.244407895	29.530592105
17	五纪历	宝应元年壬寅郭献之造，行二十三年，至贞元乙丑	270497	1340	后天二十四刻	365.244776119	29.530597015
18	贞元历	贞元元年乙丑徐承嗣造，行三十七年，至长庆壬寅	403397	1095	先天十五刻	365.244748858	29.530593607
19	宣明历	长庆二年壬寅徐昂造，行七十一年，至景福癸丑	7070597	8400	先天四刻	365.244642857	29.530595238
20	崇玄历	景福二年癸丑边冈造，行十四年，后六十三年，至周显德丙辰	53947697	13500	先天四刻	365.244518519	29.530592593
21	钦天历	五代周显德三年丙辰王朴造，行五 [四] 年，至宋建隆庚申	72698777	7200	先天二刻	365.244500000	29.530594444
22	应天历	宋建隆元年庚申王处讷造，行二十一年，至太平兴国辛巳	4825877	10002	后天二刻	365.244451110	29.530593881
23	乾元历	太平兴国六年辛巳吴昭素造，行二十年，至咸平辛丑	30544277	2940	合	365.244897959	29.530612245
24	仪天历	咸平四年辛丑史序造，行二十三年，至天圣甲子	716777	10100	合	365.244554455	29.530594059
25	崇天历	天圣二年甲子宋行古造，行四十年，至治平甲辰	97556597	10590	后天五十四刻	365.244570349	29.530594901
26	明天历	治平元年甲辰周琮造，行一十年，至熙宁甲寅	711977	39000	合	365.243589744	29.530589744
27	奉元历	熙宁七年甲寅卫朴造，行十八年，至元泛壬申	83185277	23700	后天七刻	365.243586498	29.530590717
28	观天历	元泛七年壬申皇居卿造，行一十一年，至崇宁癸未	5944997	12030	先天六刻	365.243557772	29.530590191
29	占天历	崇宁二年癸未姚舜辅造，行三年，至丙戌	25501937	28080	后天四刻	365.243589744	29.530591168
30	纪元历	崇宁五年丙戌姚舜辅造，行二十一年，至金天会丁未	28613467 [28613641]	7290	合	365.243621399	29.530589849
31	大明历	金天会五年丁未杨级造，行五十三年，至大定庚子	383768657	5230	合	365.243594646	29.530592734
32	重修大明历	大定二十年庚子赵知微重修，行一百一年，至元朝至元辛巳	88639757	5230	后天一十九刻	365.243594646	29.530592734
33	统元历	后宋绍兴五年乙卯陈得一造，行三十二年，至乾道丁亥	94251737	6930	合	365.243578644	29.530591631

表 1 (续)

Table 1 (continued)

序 No	历名 Calendar	造历者及行用年代 Maker and executing years	积年 Jinian	日法 Rifa	误差 (刻) Error (ke)	回归年长 (日) Year (d)	朔望月长 (日) Month (d)
34	乾道历	乾道三年丁亥刘孝荣造, 行九年, 至淳熙丙申	91645937	30000	后天一刻	365.243600000	29.530592000
35	淳熙历	淳熙三年丙申刘孝荣造, 行一十五年, 至绍熙辛亥	52422077	5640	合	365.243617021	29.530595745
36	会元历	绍熙二年辛亥刘孝荣造, 行八年, 至庆元己未	25494857	38700	后天一十刻	365.243720930	29.530594315
37	统天历	庆元五年己未杨忠辅造, 行八年, 至开禧丁卯	3917	12000	先天六刻	365.242500000	29.530666667
38	开禧历	开禧三年丁卯鲍浣之造, 行四十四年, 至淳泛辛亥	7848257	16900	后天七刻	365.243076923	29.530591716
39	淳泛历	淳泛十年庚戌李德卿造, [辛亥] 行一 [二] 年, 至壬子 [癸丑]	120267677	3530	合	365.242776204	29.530594901
40	会天历	宝泛元年癸丑谭玉造, 行十八年, 至咸淳辛未	11356157	9740	后天一刻	365.242915811	29.530595483
41	成天历	咸淳七年辛未陈鼎造, 行四 [十] 年, 至至元辛巳	71758157	7420	后天一刻	365.242722372	29.530592992
42	皇极历	大业间刘焯造, 阻难不行, 至唐武德二年己卯	1009517	1242	先天四十三刻	365.244543778	29.530595813
43	乙未历	大定二十年庚子耶律履造, 不曾行用, 至辛巳	40453126	20690	后天一十九刻	365.243117000	29.530594490
44	授时历	元至元十八年辛巳为元. 积年、日法不用. 实测到至元十八年辛巳岁. 气应, 五十五日六百分. 闰应, 二十日一千八百五十分. 经朔, 三十四日八千七百五十分.				365.242500000	29.530593000

注：序 1-43 指汉代以来采用积年日法推步的历法，其中皇极历、乙未历未实际行用. “积年” 指演纪上元至元至元十八年 (AD 1281) 的年数. “日法” 通常指推步时将 1 日所划分的部分. “误差” 栏指历法推朔的误差. 其中, “刻” 为古代时间计量单位, 1 日 =100 刻, “先天” 指推步天象早于实际天象, “后天” 则反之. 方括号内所列为笔者校正前文的结果.

研究资料故然重要，但资料的正确性也同样不容忽视，因为它直接影响研究结果的可靠性. 上文的推步原理实际还揭示了数据间的内在相关性，这一点还可用于数据资料的正确性检验及校雠. 显然校准资料的工作不可能完全寄希望于史学家完成，特别是其中的数据部分，这类工作通常具有较强的专业性.

显见，对不同历法，其 N 、 A 、 B 诸值尽管不尽相同，但当它们推步同一个经朔 (或望) 时，其结果的差异理应是有限的 (例如小于 1 日), 特别是年代相近的历法. 依据

此思想及朔望推步方法即可进行数据的校雠工作. 具体做法为：首先，当计算表 1 诸历行用初年和末年的天正经朔时，若发现相邻历法在推步同一年经朔差异较大时 (例如大于 1 日), 则可判定术文中的积年 N 数值有误. 严格说来 N 、 A 、 B 的 3 个值出错的可能性均有，就编历者而言， A 、 B 指回归年长和朔望月长，其意义明确，且由观测所得，不可更改. 而积年 N 只是由历家设定的一个重要推步参数，其依据就是最大程度地保证推步结果与实测结果的一致. 其次，对有误的 N 数据，笔者专门设计了反推程序，试图重新获得正确值，以使其推步经朔 (包括冬至) 的误差在允许的范围内.

诚然，就表 1 数据而言，均经过检验，且修正值用方括号注出. 其中有些错误易于改正，但实际计算时还需注意以下几点：

1) 因《元嘉历》的上元取庚辰正月甲子朔旦雨水节，故天正朔 = 雨水朔 $-2\times$B; 冬至气 = 雨水气 $-2\times A/12$.

2) 《兴和历》的积年 204737 有误. 原因在于术文二十万四千七百三十七在传抄时，二十后脱九字. 现据《开元占经》、《魏书 · 律历志》改为 294737.

3) 《纪元历》积年 28613467 有误, 且与史实不符. 据《宋史 · 律历志》： “演纪上元上章执徐之岁，距元符三年 (AD 1100) 庚辰，岁积二千八百六十一万三千四百六十算；至崇宁五年 (AD 1106) 丙戌，岁积二千八百六十一万三千四百六十六算. ” 由此，可得《纪元历》上元至 AD 1281 年的积年则为 28613641($=28613466+1281-1106$). 但由于在计算气朔时，历经术文均称 “其大余命己卯，算外”, 故其结果须加上己卯的干支序号 15 即可.

4) 《统天历》的积年 3917 虽无误，但在实际计算时，根据历经术文，需加上气差 237811 和闰差 21704 改正，故该历实际采用的公式如下：

$$\text{所求年天正经朔干支} = \text{MOD}(N\times A - \text{气差} \,/\, \text{日法},\ 60) - \text{MOD}(N\times A - \text{气差} \,/\, \text{日法} - \text{闰差} \,/\, \text{日法},\ B).$$

4　经朔的恢复

表 2 列出了本文据诸历历数 (表 1) 及计算公式恢复的 44 部历法在行用初年的天正经朔值及相应的误差，这实际上还体现了历法的观测误差 (或精度).

表 2 中的各项误差都是通过与现代计算结果的比较获得的, 其中经朔 ET 值据 Meeus 提供的方法计算，包括长期项但忽略了周期项 [15]. 此外表中还一并给出回归年长和朔望月长的误差. 某年 Y 的年长、月长标准值可由《中国天文年历》提供的下列公式直接计算：

$$\text{回归年长}\ A = 365^{\mathrm{d}}.24218968 - 0^{\mathrm{d}}.0000000616(Y-2000)$$

$$\text{朔望月长}\ B = 29^{\mathrm{d}}.53058885 + 0^{\mathrm{d}}.0000000022(Y-2000)$$

表 2 44 部历法的回归年长、朔望月长及行用初年天正经朔的误差

Table 2 The errors of 44 ancient calendars which cover the lengths of tropical year and lunar month and the time of mean new moon (this lunar month should include winter solstice) in their initial executing years

序	历名	初年	经朔	公历日期	经朔	经朔误差 (min)			
No	Calendar	1^{st}year	UT	Date	ET	ΔT(s)	Error (min)	ΔA(min)	ΔB(min)
1	三统历	−103	0.0308	−104.12.25	59.8633	11443.58	−431.926	11.294	0.403
2	四分历	85	18.4997	84.12.16	18.4702	9311.70	−197.675	11.077	0.384
3	乾象历	206	36.2228	205.11.29	36.2239	8055.49	−132.674	5.587	−0.061
4	景初历	237	35.8797	236.12.15	35.9682	7748.26	−1.698	6.598	0.020
5	元嘉历	443	39.8239	442.12.17	39.8974	5858.00	8.213	6.372	0.000
6	大明历	463	13.8739	462.12.7	13.9518	5688.49	17.368	0.764	0.009
7	正光历	521	7.3377	520.11.26	7.3811	5210.94	−24.353	2.086	0.011
8	兴和历	540	47.0213	539.11.27	47.0686	5059.04	−16.205	2.747	0.027
9	天保历	550	48.8067	549.12.5	48.8611	4979.99	−4.664	3.328	0.020
10	天和历	566	16.122	565.12.9	15.9169	4854.80	−376.257	2.895	0.180
11	大象历	579	30.7206	578.12.15	30.3411	4754.25	−625.718	2.143	0.060
12	开皇历	584	31.9027	583.11.20	31.7068	4715.86	−360.694	1.653	0.038
13	大业历	608	42.2983	607.11.25	42.2906	4533.73	−86.650	1.093	0.012
14	戊寅历	619	38.4189	618.11.23	38.4501	4451.44	−29.263	3.364	0.022
15	麟德历	665	41.3159	664.11.24	41.3531	4115.48	−15.023	3.606	0.016
16	大衍历	728	35.1502	727.12.18	35.2096	3676.64	24.259	3.081	0.009
17	五纪历	762	18.0323	761.12.2	18.0554	3450.03	−24.237	3.615	0.016
18	贞元历	785	34.2372	784.12.17	34.2723	3300.80	−4.469	3.577	0.011
19	宣明历	822	29.7125	821.11.28	29.7499	3067.61	2.729	3.428	0.013
20	崇玄历	893	37.5755	892.11.23	37.604	2643.92	−3.025	3.255	0.009
21	钦天历	956	31.4287	955.12.17	31.461	2294.14	8.276	3.234	0.011
22	应天历	960	38.4244	959.12.3	38.4597	2272.76	12.953	3.164	0.011
23	乾元历	981	36.3829	980.12.10	36.412	2162.16	5.868	3.810	0.037
24	仪天历	1001	10.4294	1000.11.29	10.4667	2059.36	19.389	3.317	0.011
25	崇天历	1024	26.6493	1023.12.15	26.6837	1944.21	17.133	3.342	0.012
26	明天历	1064	34.7877	1063.11.23	34.7932	1751.76	−21.276	1.933	0.004
27	奉元历	1074	36.561	1073.12.2	36.5859	1705.20	7.436	1.929	0.006
28	观天历	1092	21.8754	1091.12.13	21.9066	1622.95	17.879	1.890	0.005
29	占天历	1103	18.0401	1102.12.12	18.0663	1573.68	11.500	1.937	0.006
30	纪元历	1106	30.6686	1105.12.8	30.698	1560.37	16.330	1.982	0.004
31	大明历	1127	59.0715	1126.11.16	59.1198	1468.77	45.072	1.946	0.008
32	重修大明历	1180	51.147	1179.12.1	51.1845	1249.76	33.171	1.950	0.008
33	统元历	1135	42.6079	1134.11.18	42.6479	1434.60	33.690	1.923	0.007
34	乾道历	1167	36.7306	1166.11.24	36.7601	1301.87	20.782	1.957	0.007
35	淳熙历	1176	44.1609	1175.12.15	44.1857	1265.68	14.617	1.982	0.013
36	会元历	1191	47.3308	1190.11.29	47.3442	1206.49	−0.812	2.133	0.010
37	统天历	1199	30.8589	1198.11.30	30.8723	1175.49	−0.295	0.376	0.115
38	开禧历	1207	14.387	1206.12.2	14.4003	1144.88	0.071	1.207	0.007
39	淳泛历	1251	59.0193	1250.11.26	59.0393	983.66	12.406	0.778	0.011
40	会天历	1253	17.3022	1252.12.3	17.304	976.62	−13.685	0.979	0.012

表 2　(续)

Table 2　(continued)

序 No	历名 Calendar	初年 1^{st}year	经朔 UT	公历日期 Date	经朔 ET	ΔT(s)	经朔误差 (min) Error (min)	ΔA(min)	ΔB(min)
41	成天历	1271	2.6162	1270.12.14	2.6248	914.34	−2.855	0.702	0.008
42	皇极历	600	58.7369	599.11.23	58.7626	4594.04	−39.559	3.266	0.014
43	乙未历	1180	51.0343	1179.12.1	51.1845	1249.76	195.459	1.263	0.011
44	授时历	1281	34.8848	1280.11.23	34.8869	880.62	−11.653	0.383	0.008
							−103 − 1281 年平均误差	−43.183	2.931	0.035
							−103 − 200 年平均误差	−314.801	11.186	0.394
							200 − 600 年平均误差	−151.668	3.417	0.030
							600 − 1281 年平均误差	7.694	2.263	0.014

注：“初年” 指该历的行用初年. “经朔 UT” 指 “初年” 的年前冬至月平朔, 其整数部分表示日干支 (范围为 0—59), 小数部分为日的小数 (已由当时的首都地方时化为东经 120° 时间系统). “公历日期” 指 “天正经朔” 所对应的公历日期. “经朔 ET” 指经朔的历书时值 (已化为东经 120° 时间系统). “ΔT” 为现代所采用的当时 ET-UT 的参考值. “经朔误差”=(经朔 ET− 经朔 UT)−ΔT/86400. “ΔA” 、 “ΔB” 分别表示历法所采用的回归年长 A 和朔望月长 B 与标准值的偏差.

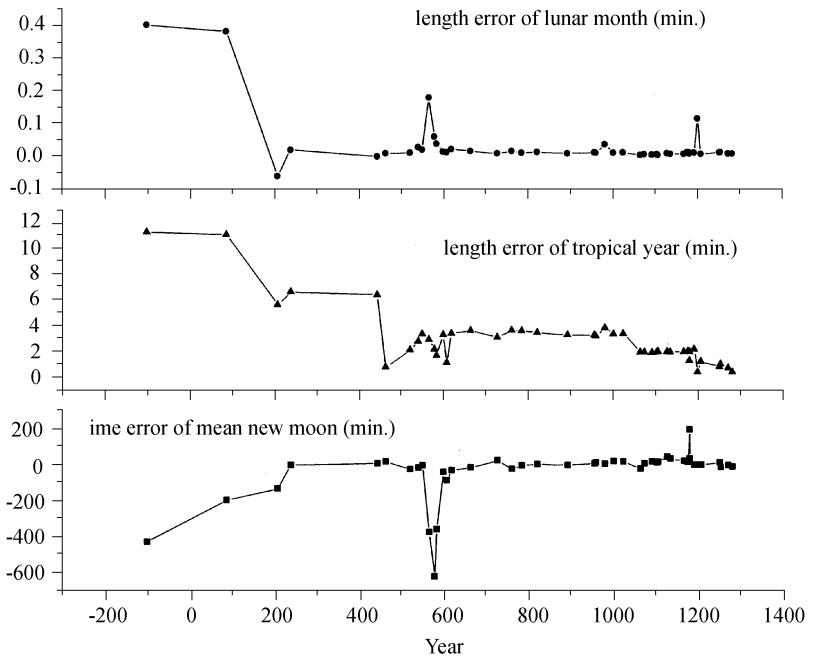

图 1　44 部历法的回归年长、朔望月长及行用初年天正经朔的误差

Fig. 1　The errors of 44 ancient calendars which cover the lengths of tropical year and lunar month and the time of mean new moon (this lunar month should include winter solstice) in their initial executing years

显然，诸历行用初年的天正经朔误差既反映了历法自身的误差，同时还代表了观测误差. 其推步初年天正经朔的平均误差为 −43.18 min, 而采用的年长和月长误差则分别是 2.93 min 和 0.04 min. 本文得出的冬至月经朔精度除与观测有关外，还与年长、月长的精度等因素有关. 图 1 还直观给出了诸历的误差情况，似乎经朔误差的大小还与年长、月长的误差同步. 同时，图示还表明古代测定年长的误差大于月长.

就本文所涉这 44 部历法而言，大多数经朔可采用上文所给的统一公式计算，已查明的极少数例外已作修正. 尽管如此，或许仍有遗漏，但一般经过改正后，这部分历法的精度不会降低.

值得一提，《授时历议》所给定的《大象历》的积年为 42255, 这一数值与《隋书 · 律历志中》称 “上元丙寅至大象元年己亥, 积四万一千五百五十四算上” 不一致, 原因何在？今取积年为 41555 和 42555 分别考虑由该历计算其行用初年 (AD 579) 和末年 (AD 584) 的天正经朔情况： 1) 积年若取 41555, 得初、末年天正经朔分别为 14.5479 和 45.4468, 误差为 15.74 天和 −13.79 天； 2) 积年若取 42555, 则经朔分别为 29.3486 和 0.2475, 误差是 0.94 天和 31.40 天. 误差如此之大，表明这两个数值均不可取. 笔者以为元代的历家或许已经觉察到《大象历》积年的问题，他们才在《授时历议》中对该积年作了修改，致使初、末年的误差降至 −0.4 天，当然这样的改动并不十分圆满.

5 考察地球自转长期变化

对地球自转长期变化的研究始于 1920 年 [16], 中国最迟在 1979 年就已展开 [17]. 目前深入研究所面临的主要困难仍在于可用历史资料的缺乏. 中国的情况也基本如此，例如， Stephenson 等人只采用了中国晚于 AD 400 的交食资料，而不得不放弃《春秋经》所载的 37 次 BC 720—BC 481 间的日食及后代的月掩星等资料 [18,19], 原因就在于这些资料的时间和地点参数通常 “纪之甚简”.

毫无疑问，目前摆在研究者面前的关键问题是： 1) 如何充分而有效地利用现有资料： 2) 如何开发新资料源. 后者显得尤为重要. 实际上，资料的搜集也不必限于交食、掩星等. 任何历史时期的计时可回推天象资料均可利用. 作为尝试，通过本文所恢复的诸历法的行用初年天正经朔值，亦可考察地球自转长期变化，用以验证或检验现有结果.

我们的具体做法是： 1) 首先从表 2 中选取 “经朔误差” 小于 1 小时的数据，这样就有 8 部精度不高的历法经朔值被排除，它们分别是三统历、四分历、乾象历、天和历、大象历、开皇历、大业历及没有行用的乙未历. 2) 对余下的 36 部历法，通过恢复的天正经朔 UT 数据及计算所得的经朔 ET 值，亦可独立获取 ΔT 数据，因为 ΔT =ET−UT, 所用数据表 2 中均有载.

于是，图 2 给出了 ΔT 与年代 (世纪数 t) 的关系，且用这 36 个数据点所作的最佳抛物线拟合结果为：

$$\Delta T = 32.576t^2 - 1007.611t + 9171.697$$

其中二次项系数 $C = 32.576$, 由此得出的日长变化为 1.8 ms/cy. 当然拟合还存在一定的

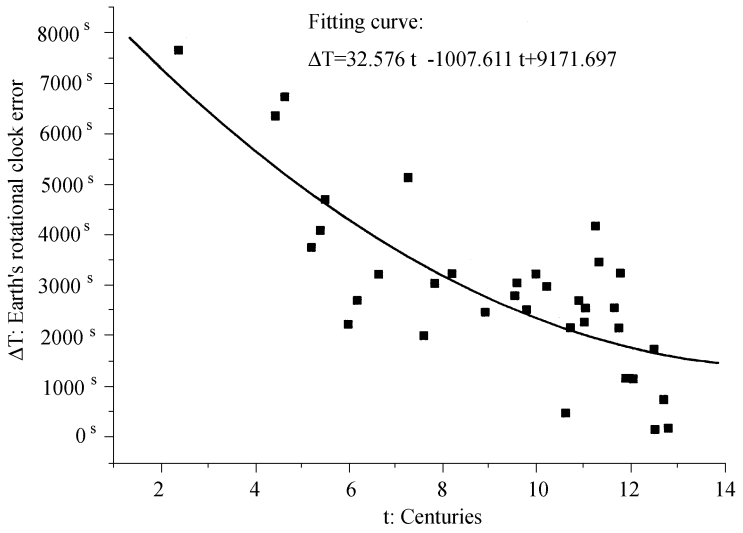

图 2　用 36 部历法的经朔推定地球自转长期变化

Fig. 2　Long-term variation of Earth's rotation derived from 36 ancient calendars and their results of mean new moon

误差，表明经朔的观测精度还不够高.

有趣的是，我们的结果与 Stephenson 等所得的相近. 他采用 BC 700 以来的历史资料，得出二次项系数 $C = 31$, 相应的日长变化为 1.7 ms/cy[20]. 就目前情况看，要想获取历史时期较为完整的 ΔT 分布，包括细节，还有很长的路要走，其核心仍为对相关史料的发掘.

致谢　对审稿者提出的建议深表感谢！

参 考 文 献

1　中华书局编辑部. 历代天文律历等志汇编. 北京：中华书局出版社. 1976: 3371
2　中华书局编辑部. 历代天文律历等志汇编. 北京：中华书局出版社. 1976: 3299
3　钱宝琮. 天文学报, 1956, 2: 193
4　王应伟. 中国古历通解. 沈阳：辽宁教育出版社. 1998: 739
5　Needham J. Science & Civilisation in China, Cambridge: Cambridge University Press, 1959, Vol. 3: 171
6　李勇，张培瑜. 南京大学学报 (自然科学), 1996(3): 387
7　李勇，吴守贤. 自然科学史研究, 1999(3): 234
8　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
9　李勇，张培瑜. 天文学进展, 1996(1): 66
10　张培瑜，卢央，刘桂霞. 大衍历关于日月运动的研究. 中国天文学史文集 (第四集). 北京：科学出版社, 1986: 77
11　张培瑜，王桂芬，陈月英，等. 紫金山天文台台刊, 1992, 11(2): 121
12　张培瑜. 授时历定朔日躔及历书推步. 中国天文学史文集 (第六集). 北京：科学出版社, 1994: 30
13　Li Y, Zhang C Z. A&A, 332, 1998: 1142

14 Li Y, Zhang C Z. A&A, 333, 1998: L13
15 Meeus J. Astronomical Algorithms, 2nd ed. Richmond: Willmann-Bell, 1998: 349
16 Fotheringham J K, A M, Litt D. MNRAS, 1920, 81: 104
17 李致森，韩延本，林柏森. 北京天文台台刊， 1979(3): 41
18 Stephenson F R, Morrison L V. Phil Trans R Soc London, Ser A, 1984, 313: 47
19 Stephenson F R, Morrison L V. Phil Trans R Soc London, Ser A, 1995, 351: 165
20 Stephenson F R. Astronomy & Geography, 2003, 44: 2.22

Recovery and Application for the Mean New Moon Data Derived from Chinese Ancient Calendars

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

Abstract Shoushi Liyi, an ancient treatise for reviewing Shoushi calendar in Yuan dynasty of China, recorded the parameters and comparing results for new moon calculation of 44 ancient Chinese calendars. By investigating their computing methods of these calendars, it has 1) recovered the values of mean new moon in their initial executing years and in this lunar month the winter solstice should be included; 2) modified the errors existed in ancient records; 3) derived the theoretical values of mean new moon from the Meeus method in order to obtain the accuracy of calendar's calculation for mean new moon; 4) attempted to apply these data to study the secular variation of Earth's rotation and educed the change rate of LOD (length of day) is 1.8 ms/cy.

Key words Earth's rotation Shoushi Liyi (an ancient treatise for reviewing Shoushi calendar), ephemeris