

科技史文集

第 10 辑

KEJISHI WENJI

天文学史专辑(3)

- 《诗经》中的天文学知识
- 论我国古代年、月长度的测定(上)
- 卜辞中的“立中”与商代的圭表测景
- 关于民间小历
- 从星位岁差论证几部古典著作的星象年代及成书年代
- 古代日食观测模拟实验报告
- 北宋的恒星观测及《宋皇祐星表》(上)
- 论几种量天尺兼论量天景尺的复原
- 清代兽耳八卦篆铭刻漏壶
- 《黄帝内经》中的天文历法问题
- 论天狗、枉矢的实质及其他
——兼与有关同志商榷这些天象是否极光的问题
- 我国古代航海天文资料辑录

上海科学技术出版社

55.042
144
110

科技史文集

第10辑

天文学史专辑(3)

中国天文学史整理研究小组编

上海科学技术出版社

科技史文集(十)

天文学史专辑(3)

中国天文学史整理研究小组编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 上海新华印刷厂印刷

开本787×1092 1/16 印张12.75 字数99,000

1983年4月第1版 1983年4月第1次印刷

印数: 1—4,800

统一书号: 13119·1014 定价: (科技)1.35元

出版说明

《科技史文集》是供发表科技史研究成果、整理介绍有关文物史料、开展学术讨论和反映国内外对科技史研究动态的园地。

本文集是一种不定期连续出版的丛刊，根据内容分单学科的专辑和多学科的综合性文集两类，统一按出版顺序依次编号。多学科的综合性文集由中国科学院自然科学史研究所主编，各专辑则分别由各有关单位或有关编辑机构主编。本文集收编本国作者的工作成果和著述，系由中国天文学史整理研究小组编辑并由薄树人同志主编。

欢迎从事和关心科技史研究工作的同志积极提供意见、建议和稿件，以使这项工作能更好地为加速实现我国科学技术现代化作出贡献！

上海科学技术出版社

目 录

《诗经》中的天文学知识·····	刘金沂 王胜利(1)
论我国古代年、月长度的测定(上)·····	陈美东(9)
卜辞中的“立中”与商代的圭表测景·····	萧良琮(27)
关于民间小历·····	王立兴(45)
从星位岁差论证几部古典著作的星象年代及成书年代·····	赵庄愚(69)
古代日食观测模拟实验报告·····	薄树人(93)
北宋的恒星观测及《宋皇祐星表》(上)·····	潘 甬 王德昌(98)
论几种量天尺兼论量天景尺的复原·····	王立兴(122)
清代兽耳八卦篆铭刻漏壶·····	李 迪 白尚恕(130)
《黄帝内经》中的天文历法问题·····	卢 央(137)
论天狗、枉矢的实质及其他	
——兼与有关同志商榷这些天象是否极光的问题·····	庄天山(151)
我国古代航海天文资料辑录·····	《航海天文》调研小组(170)
编后记·····	(188)
英文摘要·····	(190)

《诗经》中的天文学知识

刘金沂 王胜利

《诗经》是我国最早的一部诗歌集，它汇集了上起西周初年(公元前 1100 年左右)，下至春秋前期(公元前 600 年左右)的三百另五篇诗歌作品。这些作品中，有大量的劳动人民创造的民歌，有奴隶主贵族为祭祀祖先神灵而作的祭祀歌，还有乐师们为奴隶主贵族所作的颂歌。这些作品不仅生动地表现了当时社会各个阶级、阶层人们的思想感情，同时也真实地记录了当时社会的许多实况。多年来，学术界一直把《诗经》作为一部珍贵的史料，加以广泛地研究。现在，我们仅就《诗经》中有关天文历法方面的记载作一探讨，这对于我们了解西周初年到春秋前期这一历史时期我国天文学的发展水平，可能是有益处的。

一、恒星、行星、银河

在诗经的一些作品中，有不少涉及恒星的诗句。《召南·小星》云：“嘒彼小星，三五在东……嘒彼小星，维参与昴……”。《唐风·绸缪》云：“绸缪束薪，三星在天……绸缪束刍，三星在隅……绸缪束楚，三星在户……”。《小雅·巷伯》云：“哆兮侈兮，成是南箕”。《小雅·大东》云：“跂彼织女，终日七襄。虽则七襄，不成报章。皖彼牵牛，不以服箱……有捄天毕，载施之行……维南有箕，不可以簸扬；维北有斗，不可以挹酒浆。维南有箕，载翕长舌；维北有斗，西柄之揭”。《小雅·渐渐之石》云：“月离于毕，俾滂沱矣”。《邶风·定之方中》云：“定(室宿、壁宿)之方中，作于楚宫”。《豳风·七月》云：“七月流火(大火，即心宿二)，九月授衣”。

从上面的诗句可以看出当时人们把恒星与生产、生活的事物联系在一起。首先，人们将许多星名用假想的线连接起来组成的图形，与生产、生活有关事物比较，以图形相似的事物作为恒星的命名。例如，古人把带柄的勺子叫做斗，“北斗”七星用线依此连接起来，就好象一只大勺子。再加上它的位置在北部天空，所以人们就把这七颗星取名“北斗”。又如，“箕宿”四星可以用线连接成一边宽、一边窄的四边形，很象一只农民用来簸扬谷物的簸箕，这四颗就由此而得到了“箕”的名称。“毕宿”八星也是因为象一把古时用来捕猎小兽的带柄的毕网而得名。“参宿”的取名是因为它有等间距一字排列的三颗星，在古代，“参”即“叁”，两字通用。组成“昴宿”的是一个包含几百颗恒星的“疏散星团”，人眼可以看到的有六、七颗星聚在一堆，看上去就象一个头发蓬松的人头，所以《史记·天官书》云：“昴曰髦头”。这就是“昴宿”名称的由来。“室宿”二星和“壁宿”二星可以用线连成一个长方形，好象一块锄头刀片。所以古代最初把这四颗星合称“定”。“定”是古代的一种锄头。

当然，除了根据组合假想的形象命名之外，古人也还有别的形式。例如，心宿二在古代称为“大火”或“火”。这是因为它是颗又亮又红的星。而且在公元前二千多年的时代，每当黄昏时见到它在东方地平线升起的时候，正是春耕大忙时节到了。远古时候春耕之前要放火烧荒，后来虽然不烧荒了，但仍然要举行祭祀火的仪式，以求一年的丰收。正因为这些原

因,心宿二在远古被称为“大火”或“火”。

从上面可以看出恒星的命名最初都是人们在生产和生活的实践中所赋予的。所以它们在民歌中能够得心应手地应用这些恒星的形象表达自己的思想感情。随着阶级社会的发展,为统治阶级服务的星占家们,把“帝王将相”的名称安到了恒星的头上,甚至已被命名的恒星,也被星占家们用新的名称取而代之。如“牵牛”三星,后来被改名为“河鼓”。《史记·天官书》曰:“河鼓大星,大将;左右,左右将”。《尔雅》指出:“河鼓谓之牵牛”。

其次,人们还进一步利用恒星的出没反映季节的变化和人民生活的关系。例如“月离于毕,俾滂沱矣”就是说新月在毕宿时雨季就来到了。再如“七月流火,九月授衣”,就是说大火在黄昏时向西南方向沉下去,表示已到七月份,就得准备冬衣,以便九月能穿上。还有“定之方中,作于楚宫”就是说定星昏中(黄昏时星体正处于子午线上时(正是秋收农忙已过),可以营造屋宇宫室。

随着天文观测工作的发展,古人进一步把整个可见星空(不包括我国中原不可见的南极天区)划分为大小不等的区域。二十八宿,是古人最早形成的一种星空划分法。我国二十八宿的划分系统究竟形成于何时,至今还是一个有待确定的悬案。但是二十八宿中的星宿名称,则早就单个地散见在古籍之中,如《尧典》、《夏小正》中都有记载。二十八宿见于《诗经》的星名是:火(心)、箕、定(室、壁)、毕、参、昴等宿。关于行星,在《诗经》作品中,有关于金星的描述。为人们所熟悉的“东有启明,西有长庚”,就是《小雅·大东》篇的诗句。直到现在,“启明”和“长庚”还是金星的别名。“子兴视夜,明星有烂”(《郑风·女曰鸡鸣》),描述的是晨出于东方天空的行星;而“昏以为期,明星煌煌”(《陈风·东门之杨》),则指的是昏见于西方的行星。当时的人们对金、木、水、火、土这五大行星是否都已认识,是否已经知道“启明”和“长庚”是同一颗星,由于史料不足,现在还无法断定。

“银河”在《诗经》中被称为“云汉”。它在天空是连绵不断地由一端沿伸到另一端,并且在不同的季节里,其横在空中的方向也不同,所以《诗经》中形象地描述道:“倬彼云汉,为章于天”(《大雅·棫朴》),“倬彼云汉,昭回于天”(《大雅·云汉》)。在有关银河的各种描述中,这是很早的作品。

二、宇 宙 观

为了解释天地结构和天体运动的规律,我们的祖先在长期的生产实践中,经过不断观察和思索,逐渐创立了以“盖天说”、“浑天说”和“宣夜说”为主要学派的我国古代宇宙理论。它们都是以人们最原始最朴素的宇宙观为基础逐步发展起来的,在人类探索宇宙秘密的历史上,它们都留下了光辉的一页。

《诗经》为我们了解我国古代宇宙理论的起源和发展,提供了宝贵的根据。

“天高地厚”,是人们今天谈及天地的时候所常用的口语,也是天空和大地给予人们的最直观的印象,这一点在遥远的古代,恐怕也不例外。《小雅·正月》中就有这样的诗句:“谓天盖高,不敢不局;谓地盖厚,不敢不蹐”,说明“天高地厚”在西周时期已经作为一种常识存在于人们的口语之中了。我国古代宇宙理论的各个学派创立的时间有早有晚,它们关于天地结构这个问题有着不同的解释,但就“天是高的,地是厚的”这一点来说,各个学派的认识无疑都是一致的。可以说,“天高地厚”是各学派起源的共同出发点,但从这一点出发以后,各

个学派便分道扬镳，对天地的结构及天体的运动规律做出了种种不同的解释和假说。例如关于天地结构的问题，“盖天说”的基本观点是：天象只斗笠覆盖在上，地象只盘子倒扣在下，二者呈平行的拱形。即所谓“天象盖笠，地法覆盘，天地各中高外下。”“浑天说”的基本观点是：天和地的结构就象一只鸡蛋。天是个浑圆的壳包在外，地象蛋黄一样被包在内。即所谓“浑天如鸡子，天体圆如弹丸，地如鸡中黄……天之包地，犹壳之裹黄。”可见，盖天、浑天两家都认为天是一个有形的硬壳，具有有限的高度。而“宣夜说”的基本观点却是：天是一个漫无边际的无限空间。即所谓“天了无质，仰而瞻之，高远无极。”

对于“天”的不同认识，在《诗经》中已经反映出来。如《大雅·桑柔》云：“哀恫中国，具赘率荒，靡有旅力，以念穹苍（可怜中国大地，荒芜殆尽，人民无力治理，只得期望苍天恩赐）。”诗中用“穹苍”来称谓上天，正是因为诗人看来，“天形穹窿，其色苍苍”之故，即认为天是一个中高旁低的拱形体。虽然，我们不能据此推断诗人已有“浑天”思想；但诗人已具有“盖天”思想，则是确定无疑的。又如，《小雅·蓼莪》云：“欲报之德，昊天罔极（我想报答的父母之恩，象昊天一样无穷无尽）。”诗人认为天大无穷，这显然是“宣夜说”的思想。鉴于《大雅》、《小雅》最迟为东周初期之作品¹⁾，根据上面的分析，我们认为，“盖天说”和“宣夜说”的起源不会迟于东周初期，可能还要更早一些。

三、历 法

历法的疏密程度，在我国古代是反映当时天文学水平的主要标志。由于没有西周时期成文的历书流传下来，人们只能根据当时的一些古籍中的片断有关记载，对西周时期的历法进行推测。

《诗经》中有不少涉及当时历法的诗篇和诗句。其中《豳风·七月》是最突出的一篇，它完整地记述了当时一年十二个月份的物候情况。其全文如下：

“七月流火，九月授衣。一之日觱发，二之日栗烈，无衣无褐，何以卒岁？三之日于耜，四之日举趾，同我妇子，饁彼南亩。田畯至喜。

七月流火，九月授衣。春日载阳，有鸣仓庚。女执懿筐，遵彼微行，爰求柔桑。春日迟迟，采蘩祁祁。女心伤悲，殆及公子同归！

七月流火，八月萑苇。蚕月条桑，取彼斧斨，以伐远扬，猗彼女桑。七月鸣鴈，八月载绩。载玄载黄，我朱孔阳，为公子裳。

四月秀葽，五月鸣蜩。八月其获，十月陨萼，一之日于貉，取彼狐狸，为公子裘。二之日其同，载缵武功，言私其鞶，献豝于公。

五月斯螽动股，六月莎鸡振羽。七月在野，八月在宇，九月在户，十月蟋蟀入我床下。穹窒熏鼠，塞向墐户。嗟我妇子，日为改岁，入此室处。

六月食郁及薁，七月亨葵及菽。八月剥枣，十月获稻。为此春酒，以介眉寿。七月食瓜，八月断壶，九月叔苴。采荼薪樗，食我农夫。

九月筑场圃，十月纳禾稼：黍稷重穆，禾麻菽麦。嗟我农夫，我稼既同，上入执宫功。昼尔于茅，宵而索綯，亟其乘屋，其始播百谷。

1) 孙作云：《说：“诗经”“大小雅”同为西周末年诗》，载《文史哲》，1957年第8期。惟“十月”篇当为东周初期作。

二之日凿冰冲冲，三之日纳于凌阴。四之日其蚤，献羔祭韭。九月肃霜，十月涤场。

朋酒斯飧，日杀羔羊，跻彼公堂，称彼兕觥，万寿无疆！”

需要说明的是，诗中分别用“一之日”、“二之日”、“三之日”、“四之日”和“蚤月”来表示十一月、十二月、一月、二月和三月等五个月。把《七月》的描述与《夏小正》的内容相对照，可以发现两者所述的物候情况有不少一致之处：

《夏 小 正》

正月：农纬厥耒

二月：往耜黍墀

三月：摄桑委扬，妾子始蚕，执养宫事

四月：秀幽

五月：良蜩鸣，唐蜩鸣

八月：剥枣

九月：王始裘

十一月：王狩

《七 月》

三之日于耜

四之日举趾，同我妇子，饁彼南亩

蚤月条桑，取彼斧斨，以伐远扬，猗彼女桑

四月秀蓂

五月鸣蜩

八月剥枣

九月授衣

一之日于貉

上列情况表明，《豳风》时代历法的月建为夏正。

又如，《小雅·四月》云：“四月维夏，六月徂暑（四月夏天开始，六月天气酷热）。”大家知道，天气最热的时候，在夏正为六月，在殷正为七月，在周正为八月。由此可见，《小雅》时代的历法使用的也是夏正。

据研究，《豳风》为西周初年的作品^[4]，《小雅》有东周初年的作品。所以我们推测，西周时期的历法可能就是以夏正为准，而没有使用周正。

就一部历法来说，其月建是一回事，其岁首则是另外一回事；月建为夏正的历法，并不意味着它的岁首就是夏正正月。如秦朝使用的《颛顼历》，其月建是夏正，但它却以十月为岁首。《豳风·七月》中所提及的岁首，就有两种不同的情况。如“一之日觶发，二之日栗烈，无衣无褐，何以卒岁？”说的是十一，十二月天气寒冷，穷苦人没有衣裳御寒，担心熬不过今年。可见其岁末在十二月，岁首为夏正正月。而“十月蟋蟀入我床下，穹窒熏鼠，塞向墐户，嗟我妇子，曰为改岁，入此室处。”所述的岁末，则在夏正十月，岁首在十一月。

上述情况是否可证明西周时期同时行用着岁首不同的两种历法呢？我们认为这是不可能的。因为西周时期，周天子对于各国诸侯具有至高无上的权威，各国统一使用着周王朝的历法，是不能编制自己的历法的。特别是豳地，它是周朝的王畿所在，更不可能使用另外的历法。那么西周历法的岁首究竟是怎样的呢？从《诗经》其它所有涉及此问题的诗篇中可以知道，它们所记述的岁首均为夏正十一月，如《唐风·蟋蟀》云：“蟋蟀在堂，岁聿其莫……，蟋蟀在堂，岁聿其逝……”就是说，当蟋蟀跑进屋里来的时候（夏正十月），这一年就要过完了。说明新的一年将从十一月开始。另外，《小雅·采芣》云：“岁亦阳止”，《小雅·杖杜》云：“日月阳止”。古时称“十月为阳”，故《小雅》的这两首诗都说的是十月为岁末，即十一月为岁首。所以，我们推断西周王朝颁行的历法，是以夏正十一月为岁首的。至于《七月》中提到的岁首在夏正正月的情况，可能属于西周以前的商朝历法，因为《豳风》是西周初年的民歌，可以想象，当时民间在使用周朝历法的同时，对于废弃不久的商朝历法，还会在习惯用语中继续保持着。这就是《七月》中同时有两种岁首出现的原因。而且《七月》篇中提及岁首在夏正一月的诗句，是与“一之日”、“二之日”等特别的月份名称的使用联系在一起的，所以“一之日”、

“二之日”这些特别的月名,可能也属于商朝历法习惯的沿用。

在地下出土的西周铜器的铭文(金文)中,有关于月相的大量记载,但至今未发现制历中十分重要的“晦”、“朔”两名。“朔”在中国史籍中的最早出现,是在《小雅·十月》篇中。这首诗作于东周初年,它记述了当时发生的日食和月食。《十月》篇云:“十月之交,朔月辛卯,日有食之”。这说明,经过长期的观测实践,至迟在东周初年,人们对“朔”已有认识,历法已能定出朔日。由于朔日不能凭人们的直接观测来确定,需要通过推算,所以对“朔”的认识和确定,是当时天文学的一个大的进步。在东周初年和春秋前期,推算和预报朔日受到很大的重视,自天子至诸侯每月初一都要到祖庙去举行名为“告朔”的典礼,向人们通告朔日的到来。据此,中国的历法很可能是在东周初时将月首从初三(朏)改到初一(朔)的。

四、日 月 食

“十月之交,朔月辛卯,日有食之”(《小雅·十月之交》)是诗经中描述当时一次日食发生的著名诗句,这是我国日食记载中有明确日期可查的最早的一次。根据“毛传”“刺幽王”的说法,学术界认为《十月之交》是周幽王时期(公元前781—771年)的事情。又据诗中所述的“彼月而食,则维其常,此日而食,于何不臧”等条件,学术界认为这是一次月食在先,日食在后的日月连食,具体日期被定为公元前776年8月21日的月食和9月6日的日食。但是也有许多学者认为,周幽王时的这次日食在周都能看见的可能性很小^[2]。

为了核实这次日月食的发生时间,我们根据《十月之交》一诗的描述确定如下判别条件:

- ① 此日食发生于十月朔或十月晦、九月晦;
- ② 其日干支应为辛卯;
- ③ 有日月连食发生;
- ④ 我国中原地区可见,且日食的食分不能太小。

只有符合上述四个条件(缺一不可)的日月食才有可能是在诗中所说的情况。在这样的先决条件下,我们以《奥泊尔食典(Theodor Ritter von Oppolzer, Canon of Eclipses)》为主要依据,并参照紫金山天文台编的《二百年历表(1820—2020年)》进行选择。

结果是公元前776年9月6日虽然有一次全环食发生,但不符合上述条件的第4条,因为它的食带经过东半球时完全是在北极圈内通过的。据近人朱文鑫计算,这次日食在西周东都洛邑(今河南洛阳)一带的可见食分为1分多;而明末李天经计算,周都只可见30/100分。这样的食分,不要说在两千多年前的周代,就是在今天,如果没有确切的预报和特别留心的观测,也很难被人们所察觉。所以我们认为,《十月之交》所记述的日食,不可能是指公元前776年9月6日这一次,而是指的另外一次。

从《奥泊尔食典》可知,周幽王时期我国丰镐、中原地区可能看到的日食有九次,其中干支日是辛卯的只有一次,这就是公元前781年(周幽王元年)6月4日的日全食。全食带由西穿过中印半岛中部,经过台湾省南端向东北方向延伸,我国丰镐、中原地区可看到食分为0.5左右的日偏食。可是,这次日食不符合上述条件中的两条。其一,不符合第一条,这次日食发生在公历六月,而诗中所说的日食发生在“十月之交”,就是说,无论本诗使用的历法是夏正、殷正,还是周正,诗中的“十月”都与公历六月联系不上。其二,不符合第三条,这次

发生的不是日月连食。在日食之前,距离时间最近的一次月食是在半年前发生的,即为公元前782年12月24日。所以,《十月之交》中的日食,看来不是指幽王时期的了。

我们遍查了西周和春秋时期(公元前1100年~476年)的所有日食,发现只有公元前735年11月30日的日环食和12月15日的月食同时符合上述的四个条件。因为公历11月可与夏历10月相当,而且这一天的干支正好是辛卯。这次日环食的食带由西北向东南从四川省扫过,在丰镐地区可见到食分为0.9左右的偏食。只有一点可能有人会提出疑问,这次日月连食是日食在先,月食在后。关于这个问题,我们的看法是:过去人们把“彼月而食”解释成“上个月发生月食”,因而肯定这是一次先月食后日食的日月连食,这种解释和推论未必就是诗句的原意。如果把“彼月而食,则维其常,此日而食,于何不藏?”的诗句释为“那月亮发生月食是很平常的事情,这太阳发生日食是不好的兆头吗?”恐怕要更合适一些。根据这个理由,我们认为《十月之交》所记述的日食,应确指公元前735年11月30日(即周平王三十六年)发生的日环食。

在《诗经》中,还有一首谈及了日月食的诗是没有被人们所注意的,这就是《邶风·柏舟》。它描述了怀才不遇的苦闷,并以日月连食的发生为这种命运嘲解。诗云:“日居月诸,胡迭而微?心之忧矣,如匪澣衣,静言思之,不能奋飞。”(太阳月亮呵,为何更迭晦食?心中的忧烦洗不净,就象一堆脏衣裳。我沉静地仔细想,一身才华无法展扬。)据史学界考证,《邶风》是春秋时期卫国(在今河南北部,河北南部)的民歌,卫国在公元前660年被狄人所灭,则《邶风》之作品皆属卫国灭亡之前所作。

“日居月诸,胡迭而微,”表明当时的日食月食发生得比较频繁,而且可能有日月连食的情况出现。我们从《食典》查知,在卫国灭亡前的十年里(公元前670年~660年),当地确实可以频繁地见到日食和月食的发生,它们包括四次日食和六次月食,其中还有两次日月连食的情况。现列举如下:

公元前669年5月27日	日环食	
公元前668年10月25日	月食	} 日月连食
公元前668年11月10日	日偏食	
公元前667年4月21日	月食	
公元前666年3月27日	日偏食	} 日月连食
公元前666年4月11日	月食	
公元前666年10月5日	月食	
公元前664年2月17日	月食	
公元前664年8月28日	日偏食	
公元前661年12月7日	月食	

上述两次日月连食的时间相隔仅有一年半,而且中间还单发生过另一次月食,可见用“日居月诸,胡迭而微”的诗句描述当时的天象,是十分形象的。由此向前追溯,再前一次可见的日月连食是十几年以前发生的,它们是公元前682年8月4日的月食和8月18日的日偏食;向后推算,距离最近的日月连食是发生在公元前653年1月19日的月食和2月2日的日环食,这时卫国已经灭亡三年了。如果《邶风》确系卫国灭亡之前所作,那么从日月食发生的情况看,《邶风·柏舟》篇的创作时间很可能就在公元前668年到公元前666年之间的两次日月连食发生的时期内。

五、天文仪器和天文台

在《诗经》里没有明确提到什么天文仪器，我们仅能根据诗里提到的情况提出一些设想和推测。

首先是观测日食的方法和器具。日食和月食，都是不常见的天文现象。特别是日食，由于食带的范围不大，就某一地点而言，见到日食的机会要比月食少，又由于太阳有耀眼的光芒，使人不能直接用肉眼观察它，如果没有适宜的观测手段，或者遇不到适宜的气象条件（云雾、风沙）等来减弱太阳的光芒，食分小的日食是很难引起人们注意的。只有当日食食分大于0.8时，才会使地面上的光亮明显地减弱，使毫无准备的人们感觉到日食的发生。再加上就一个地点来说，日全食的发生率要比日偏食少得多，所以可以想象，古人在没有准确预报和有效观测手段的情况下，要看到一次日食是非常不容易的。

但是，从上一节我们所讨论的《十月之交》和《柏舟》两诗的记载看来，当时不仅对日食和月食已有相当的认识，而且已经能够比较容易地发现日食。我们所列举的和《柏舟》有关的四次日食中，除了公元前669年是一次环食外，其它三次食分都不大。这些日食都不是在太阳接近地平、蒙气朦胧之时发生的，也不可能都恰巧发生在云雾或风沙蔽日的时候。因此，我们有理由认为，人们当时已经掌握了某种好办法，做到能够长时间地对太阳进行观察，或者已有某种专门的人员用一些方法对太阳进行连续的监视，只要一有日食发生，人们就能及时地发现。至于用什么器具来观日，我们没有任何依据。后代史书中提到“盆油”观日，这种方法在诗经的时代是否已经发明，值得进一步研究。

在《诗经》里，还有一些描写测定方向的诗句。例如《大雅·公刘》篇，是歌颂周民族的先民在豳地开始定居的一首诗，诗中说：“既景乃冈，相其阴阳”，就是指在山冈上根据日影判别南北方向。又如《邶风·定之方中》，是描写春秋时卫国迁都楚丘后建筑宫室和从事农业的诗，诗中说：“揆之以日，作于楚室”，是说为了盖房子，事先要根据日影定好方位。由此可见，当时确定方向的方法都是观测日影。虽然《诗经》中没有提到当时观测日影用的是什么工具，但我们以为，我国古代重要的天文仪器——圭表，应是那时测日影定方向的重要工具。

最后，我们探讨一下《诗经》时代的天文台。

《大雅·灵台》是一首歌颂周文王时建筑灵台的诗。汉代郑玄笺注《灵台》曰：“天子有灵台者，所以观象察气之妖祥也。文王受命，而作邑于丰，立灵台。”唐孔颖达疏引公羊说：“天子有灵台以观天文，有时台以观四时施化，有囿台观鸟兽龟鳖。诸侯当有时台、囿台。诸侯卑，不得观天文，无灵台。”说明灵台就是周代观察天文气象的天文台。据宋王应麟编辑的《玉海》说，周文王时灵台筑在国都丰邑的西郊，台高二丈，周四百二十步^[9]。如此看来，西周初年所建天文台之规模已属不小。《大雅·灵台》唱道：“经始灵台，经之营之。庶民攻之，不日成之。”动员大批劳力，几天之内就筑成高大的天文台，可见当时对天文工作是十分重视的。周文王时代约当公元前十一世纪初，那时建立的天文台在世界上也是相当早的。

上面，我们仅就《诗经》中的有关记载，对西周初年至春秋前期的天文学发展状况作了初步的探讨。由于《诗经》不是天文学专著，也不是史书，仅仅是一部诗歌集，所以它记录下来的天文方面的有关情况，只能是当时天文学发展全貌的极小一部分。尽管如此，我们仍能从

《诗经》的记载中对当时人们的宇宙观念,所掌握的恒星、行星、银河、日月食知识,所使用的历法、天文仪器、天文台等多方面的情况,获得一个大概的了解。这个了解,对于我们今天全面地深入地研究西周时代的天文学,以及进而研究我国古代天文学的起源和发展,都是很有意义的。因此,《诗经》中的天文学知识很值得科学史工作者予以重视。

参 考 文 献

- [1] 刘尧民:《周代的民间诗歌——“国风”及其它》,载《云南大学学报》,1958年第1期
- [2] 能田忠亮:《诗经の日蚀》,见《东洋天文学史论丛》。
- [3] 《玉海》,卷162。

论我国古代年、月长度的测定(上)

陈 美 东

翻开中国科学院紫金山天文台编算的《中国天文年历》，在“天文常数”部分，我们可以看到“年月日的长度”一项，其中包括有回归年、恒星年、近点年、食年（即交点年）、朔望月、回归月、恒星月、近点月和交点月等长度的数值，这些是研究太阳和月亮运动的最基本的天文常数，是现代天文学所取得的科学成果。而人们获得这些不同的年、月的概念和取得不断精确的数值，是走过漫长的道路的，也就是说人们现在的认识有一个历史的发展过程。我国古代历法工作者，为推算气、朔、交食等的需要，曾对这些常数作过长期广泛的研究，在西方天文学知识传入以前，除了近点年和回归月二者未涉及到以外，对其余七项均先后得到过十分准确的数据。阐明我国古代对这些不同的年月概念的认识，分析测定这些数据的方法和它们所达到的精度，探究在其发展道路上遇到的种种问题，从中引出经验和教训，同时挖掘对于现今可能还有使用价值的科学方法，这些便是本文拟加以讨论的问题。

我们知道，由于日、月、地球以及行星摄动的影响，各不同的年、月长度实际上并非常数，而是随时间（ t ）而变化的变量。依《中国天文年历》所载，它们可由下列式子分别表达：

$$\text{回归年长度} \cdots \cdots 365^d.24219878 - 0.0000000614(t-1900)$$

$$\text{恒星年长度} \cdots \cdots 365.25636273 + 0.0000000012(t-1900)$$

$$\text{食 年长度} \cdots \cdots 346.62003090 + 0.0000003244(t-1900)$$

$$\text{朔望月长度} \cdots \cdots 29.53058867 + 0.0000000019(t-1900)$$

$$\text{恒星月长度} \cdots \cdots 27.32166139 + 0.0000000016(t-1900)$$

$$\text{近点月长度} \cdots \cdots 27.55455095 - 0.0000000106(t-1900)$$

$$\text{交点月长度} \cdots \cdots 27.21222039 + 0.0000000036(t-1900)$$

这为我们判定我国历代年、月长度测量的精度提供了科学的准绳。下面，我们就分别予以评述。

一、朔望月和回归年长度的测定

我国古代的历法为阴阳合历，所以朔望月和回归年长度的测量自古以来就为人们所重视。考察该两值的测定方法，主要有如下四种：

(i) 求出实测朔日（或新月）时刻与历史上某一朔日（或新月）时刻之间的天数，再除以其间所经的朔望月个数，即得朔望月长度值；

(ii) 求出实测冬至时刻与历史上某一冬至时刻之间的天数，再除以其间所经的回归年个数，即得回归年长度值；

(iii) 已知回归年长度和闰法，反推朔望月长度值，此即所谓“先正斗分，而后求朔

法”^[1]

(iv) 已知朔望月长度和闰法, 反求回归年长度值, 即所谓“先考朔分, 而后覆求度法”^[2]

所以, 朔望月或回归年长度的精度则与朔日或冬至时刻测定的准确度以及闰法的可靠性有密切的关系, 其中闰法, 从数学意义上看, 是一个求朔望月与回归年长度之间的公倍数问题, 所以它又取决于人们对朔望月和回归年长度的认识水平和有关数学方法的进步。

我国古代各历法的朔望月和回归年长度值列如表一¹⁾。人们对该二值的认识和探索过程, 就其精确度的不同, 大抵可分为如下四个不同的阶段:

第一, 从古到东汉四分历

由于月亮圆缺的周期变化, 是最为明显也最易观测的天象, 其周期又较短, 所以朔望月长度是人们最早进行测定并得到较准确数值的天文常数。我们知道, 殷代的历法中, 月有大小之分, 基本上是大小月相间, 但也有连大月的安排, 这说明这时人们已经知道朔望月的长度应略大于 29.5 日²⁾。又, 殷代的历法, 一年有十二个月或十三个月, 这则证明人们已经用加闰月的方法, 以调整回归年与朔望月长度之间的关系, 即回归年长度的测量亦已为人们所重视。在甲骨文中有关于至日的记载, 这也证明据以推求回归年长度的条件已经具备。但由于早期的圭表测量存在较大的误差, 使至日的确定可能有好几天的差误, 所以由此而得的回归年长度值应是比较粗疏的。据《尚书·尧典》称, “稽三百有六旬有六日, 以闰月定四时成岁”, 这是我国古代关于回归年长度的最早的明确记载, 它可能就是由粗略的圭表测量而得的结果。

殷与西周的历法表明, 在这一段长时间内, 朔望月与回归年长度, 以及闰法都不很成熟, 带有较大的随意性。直到春秋末期才出现了著名的古四分历——以回归年长度为 $365\frac{1}{4}$ 日, 朔望月长度为 $29\frac{499}{940}$ 日和十九年七闰的历法。^[3] 我们认为, 古四分历的这几个要素是经过长期摸索、反复推求而得的³⁾; 其一, 在长期调整回归年与朔望月长度的实践中, 到春秋时期, 人们发现在十九年中加进七个闰月, 是较理想的方法, 即认识到十九个回归年与 235 个朔望月的长度相等; 其二, 西周以来, 一直十分重视朔日的推求, 这势必导致对朔望月长度的认识日趋准确。《春秋》所载 37 次日食大多发生在朔日, 这证明人们确已掌握了比较准确的朔望月长度值。这时人们已经认识到它应在 29.530 日到 29.531 日之间似无问题, 这样人们就不难由闰法推算出一回归年长度当为 $365\frac{1}{4}$ 日左右; 其三, 这一数据可能亦为当时圭表测量的结果所粗略地证实; 其四, 鉴于二、三两点, 人们为整齐方便起见, 便确定回归年长度值为 $365\frac{1}{4}$ 日, 由此依闰法而推得朔望月长度值。于是古四分历的诸要素得以确定下来。这些数据在当时世界上都是十分先进的。

一直到东汉四分历, 这些数据仍为人们所接受, 人们的认识仍没有超过春秋末年的水平, 甚至发生过倒退的现象, 这里我们指的是西汉太初历的回归年和朔望月长度均较古四分

1) 清代汪曰楨在《古今推步诸术考》中, 曾对历代各历法的回归年和朔望月长度有关的数值进行过仔细的考证, 后来, 高平子、朱文鑫等人都曾给出过该两值的表格, 他们的工作是很有意义的。但当我们对这些数据重加计算时发现, 在朱文鑫《历法通考》“各历岁实朔策表”中的舛误达四十余处之多, 所以仍有重新列出表格的必要。

2) 据董作宾《殷历谱》称, 这时人们已经知道朔望月长度为 29.53 日。

3) 以下推测最初是陈久金同志提出的, 我基本上同意他的意见。现依据本人的理解, 略加补充, 阐述于下。

历为粗疏的问题。造成这一现象的原因大致有两个：一个是当时朔日的测定或圭表测量的方法均无实质性的进步；另一个是“以律起历”^[3]的唯心主义原则的影响，它以“元始黄钟初九自乘，一龠之数，得日法”^[3]为确定朔望月长度的出发点，这就导致了朔望月长度有较大误差的必然结果。再依此值与十九年七闰法推求得的回归年长度值，误差较大也就自不待言了。

第二，从刘洪到姜岌

东汉末年的“刘洪以历后天，潜精内思二十余载”，“考史官自古迄今历注，原其进退之行，察其出入之验，视其往来，度其终始，始悟四分于天疏阔，皆斗分太多故也”^[4]。于是在他的乾象历中，第一次减小回归年和朔望月的长度值，从而开辟了人们认识的新阶段。

我们知道，自刘洪到赵馥以前的二百余年间，人们一直恪守十九年七闰的闰法，所以所谓“斗分多”同“朔分多”是同义词。从唐宋以来，人们对刘洪究竟是由我们上面提到的(ii)、(iii)法还是(i)、(iv)法得出他的结论的问题，存在有两种不同的意见。唐一行认为依(ii)、(iii)法；而宋周琮则认为“后汉刘洪考验四分，于天不合，乃减朔余”^[5]，即依(i)、(iv)法。我们认为这个问题可作如下具体的分析：刘洪进行过圭表测量，虽然他的测量结果有较大的误差（这一点我们在下面还要讲到），但这还是足以使他发现节气后天的现象，并得到必须减小四分历的回归年长度的认识，但要由此得出具体的需减小的数值，是有困难的，此其一；自东汉初年以来，人们十分注重月亮运动有关问题的研究，刘洪本人也以对月亮运动研究的卓著成绩为世所称道，古史及史官历注留下的大量交食记录等资料加上刘洪自身的造诣，使他在朔望月长度的测定方面首先取得突破，是完全可能的，此其二；这一时期人们对朔望月长度测定的准确性已经达到了这样的程度，以致在乾象历正式颁行前二年，韩詡就指出了刘洪所给朔望月长度偏小的问题，“乾象朔分太弱，久当先天”^[1]，此其三。从这些情况看，周琮的说法应比较可信。

我们认为，在这一阶段中，人们取得的主要进步是对于朔望月长度值精度的重大提高。由表一可以看出，刘洪的贡献确是带有开创性的，而韩詡的继起之功更不可没，刘智太始历的朔望月长度值的准确度也很高。由于人们接连不断的努力，我国古代朔望月长度测定的高精度，在这时已经打下了坚实的基础。后世各历法只有何承天的元嘉历、周琮的明天历、卫朴的奉元历、皇居卿的观天历和姚舜辅的占天、纪元历所给朔望月长度值的精度稍高于韩詡的黄初历。至于回归年长度值的测定，这一阶段虽然较前有较大的进步，但由于人们信守旧闰法，这就妨碍了它的前进步伐。

这里，还有一个问题需要指出，即讖纬之书对这一时期的历法家在确定朔望月长度时的影响问题。有一种意见认为“韩詡、杨伟、刘智等皆稍损益，更造新术，而皆依讖纬‘三百岁改宪’之文”。经考察，我们发现真正依讖纬之说推得朔望月长度值者仅刘智一家，其余各家均非如此，如韩詡所定朔望月长度值同四分历相比，约310年朔减一日，即他们应是依据前代日、月食或朔的记载与实测朔日时刻进而推算得各自的朔望月长度值的。

第三，从赵馥、祖冲之到刘孝荣

到赵馥的时代，如下的矛盾显然突出出来了：一方面人们仍发现节气后天的现象，即认识到旧有历法的回归年长度值仍然偏大；另一方面人们对于朔望月长度的测定已有很大的自信，所以在旧闰法范围内，用减小朔望月长度以达到减小回归年长度值的方法，已不能为人所接受。于是，人们开始怀疑十九年七闰法的准确性，赵馥提出新闻法的创举就是在这样的背景下产生的。《新唐书·历志》指出：“玄始历以为十九年七闰，皆有余分，是以中气渐

差”，于是“更因刘洪纪法(589)，增十一年以为章岁，而减闰余十九之一”^[1]，这里说明了赵馥提出新闰法的原因和新闰法确定的具体方法：589 + 11 = 600 年为章岁，若依十九年七闰法，应有 $\frac{600 \times 7}{19} = 221\frac{1}{19}$ 闰，减去 $\frac{1}{19}$ ，即以 221 为章闰。至于这一具体方法的依据是什么，由于缺乏史料，尚难断言，但它应与回归年长度的实际测算有关，这一点似无疑问。

继赵馥而起的是祖冲之。在《宋书·律历志》祖冲之同戴法兴辩论的著名的驳议中，明确记载了大明历回归年长度的推求法：首先，祖冲之机智和巧妙地利用了刘洪等人实测得的、载于东汉四分历中的关于立冬和立春晷影长度的记录，指出该历冬至后天“二日十二刻”的问题，进而推算得汉灵帝熹平二年冬至为十一月乙亥夜半后三十八刻⁴⁾；其次，祖冲之又由实测冬至前后 20 天左右影长的方法，推得宋文帝大明五年的冬至时刻为十一月三日夜半后三十一刻⁵⁾。以这两年的冬至时刻相减，即公元 461 年 12 月 20 日 31 刻减公元 173 年 12 月 22 日 38 刻，得 $(288 \times 365.25 - 2.07)$ 日，再除以 288 年，于是回归年长度为 365.2428125 日。

显然，祖冲之是在先求得该值与朔望月长度值之后，才得到他的新闰法的，这实际上是这样一个数学问题：

$$\frac{\text{回归年长度值}}{\text{朔望月长度值}} = \frac{12 \times \text{章岁} + \text{章闰}}{\text{章岁}} = \frac{\text{章月}}{\text{章岁}}$$

由于回归年与朔望月长度之间没有简单的倍数关系，所以闰法只能近似地表示它们之间的关系。由表一可知，大明历中所用回归年长度值实为 365.2428148 日，这与上述测算值稍有差异，我们认为该值是在祖冲之确定了新闰法以后求得的，而正是闰法的近似性造成了该值与测算值的差异。

经赵馥、祖冲之的先后努力，沿用了近千年的十九年七闰法终为人们所摒弃，这在历法史上是一重大的事件，它标志着人们对回归年和朔望月长度的认识进入一个新的阶段。特别是祖冲之从实测记录出发，所建立的测算方法和所取得的回归年长度值的很好成果，是尤为令人称道的，如果沿着他所开辟的方向前进，我国古代对于回归年长度的测定工作将会有更大的成就。可惜，祖冲之的成果，长期内未被大多数人所理解与接受，致使在长达七百余年的这段时间内，虽然从总体上看，回归年长度的测定较前又有进步，但其误差仍约在 200 秒到 100 秒之间徘徊。究其原因，大约有如下三种情况：

(i) 从赵馥到傅仁钧，人们先后提出了十种不同的闰法⁶⁾，对这些闰法的研究表明，它们

- 4) 依《宋书·律历志》所给数据和方法，该年冬至时刻可由下式推算(“二气中影，日差九分半弱”，所谓“半弱”应等于 $\frac{7}{16} = 0.4375$ ：十一月丁丑日 50 刻 - $\frac{2}{0.94375}$ 日 = 十一月乙亥日夜半后 38.079 刻，祖冲之取其整数即为 38 刻。又，据《大明历》上元积年“上元甲子至宋大明七年癸卯，五万一千九百三十九年算外”计算，熹平二年冬至时日应为 $\frac{\text{余数}}{\text{日法}} \times \text{距年数} = \frac{207044}{39491} \times 51650$ ，满 60 去之，余为 $11\frac{15219}{39491} = 11.38538$ ，即十一月乙亥日夜半后 38.538 刻冬至，与上述结果稍有不同。
- 5) 依《宋书·律历志》所给数据与方法，大明五年冬至时刻可由下式推算(“二十六日，一丈七寸五分强”中的“强”应等于 $\frac{1}{12}$ ，而邢云路《古今律历考》与黄宗羲《授时历故》均认为“强”为 $\frac{1}{4}$ ，由此算得 32.70 刻，误)：十一月三日 + $\left[\frac{10.8175 - 10.775}{2 \times (10.8175 - 10.75083)} \right] \times 100$ 刻 = 十一月三日(乙酉)夜半后 31.875 刻，而祖冲之取为 31 刻。又，据《大明历》上元积年计算，大明五年冬至时日应为 $\frac{27044}{39491} \times 51938$ ，满 60 去之，余为 $21\frac{12481}{39491} = 21.31605$ ，即十一月乙酉日夜半后 31.605 刻冬至，与上述计算结果相近。
- 6) 从李淳风的麟德历以后，名义上取消了闰法，而直接以无中气之月为闰月，但从数学意义上考察，由于各历采用了统一的日法，那么各历的朔实(或称揲法等)即为该历法闰法的章岁，而岁实(或称策实、岁周等)即为章月之数。