

郭盛炽 编著

中国古代的计时科学

科学出版社

中国古代的计时科学

郭盛炽 编著

科学出版社

1988

内 容 简 介

本书根据丰富的历史资料叙述了中国古代在计时科学方面的情况，着重介绍了古代人民怎样计测时间，他们在计时科学上取得了哪些重大成就，同时也对我国的计时工具的发展作了较为深刻的论述。

全书内容丰富、通俗易懂，适于中等文化程度的读者阅读。

中国古代的计时科学

郭盛炽 编 著

责任编辑 彭 英

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1988 年 8 月第 一 版 开本：787×1092 1/32

1988 年 8 月第一次印刷 印张：6 5/8

印数：0001—1,370 字数：149,000

ISBN 7-03-000501-5/P·92

定价：1.80 元

目 录

一、前言	1
二、我国古代的时间概念	5
1. 对年、月、四季的认识	5
2. 从“日出而作，日入而息”谈起	12
3. 真太阳时和地方时	21
三、让太阳来拨动“时针”	38
1. 立表见影，视影知时	39
2. 秦汉时代的日晷	45
3. 赤道式日晷的产生	51
4. 大型的球面日晷——仰仪	57
5. 日晷的近亲：圭表、星晷和月晷	63
四、下漏数刻定昏明	78
1. 从漏水的壶开始	80
2. 我国现存最古老的漏壶——西汉漏壶	82
3. “孔壶为漏，浮箭为刻”	85
4. 漫流式水位恒定的漏壶	93
5. 虹吸现象在漏壶中的应用	99
6. “总以百刻，分于昼夜”	102
7. 秤漏和孟漏	110
五、水运机转报时辰	118
1. 世界上最早的机械钟	118
2. 钟鼓鸣，时刻知	125
3. 形象直观，时刻分明	132
4. 苏颂、韩公廉的水运仪象台	135
5. 北宋后期的木制水运浑象	145

6. 郭守敬的大明殿灯漏	149
7. 沙漏	153
六、凭仪窥天,时刻可辨	157
1. 浑仪和它的结构特点	157
2. 仰测天体,俯识辰刻	166
3. 简仪新颖,测时方便	174
七、更香和鞞弹漏刻	180
八、明确的认识,科学的见解	184
1. 对太阳视运动规律的认识	184
2. 最早建立的时差概念	188
3. 时间的计量与恒星的赤经	196
九、结束语	202

一、前 言

世界上一切事物的产生、发展和消亡，都是和时间紧密联系在一起的。没有任何一种事物能够与时间毫无关系。宇宙中天体的形成与演化过程进行得非常缓慢，所需的时间也就长得惊人。已经知道，有些天体从形成至今已有数百亿年。但是这么长的时间终究还是有限的，这些天体依然是随着时间的流逝而产生、不断发生着有关的各种变化，并最终走向灭亡的。某些基本粒子的寿命又非常短促，有的甚至短于 10^{-16} 秒，但是人们还是在某一时刻发现了它们。这是因为它们终究还是存在过一段时间，尽管那只是在极短的一刹那之间发生的。

放眼观察周围的世界，一切都是随着时间而千变万化。自从地球上产生了人类以来，人们就能够通过周围事物的变化来感知时间的流逝。随着人类社会的不断发展，人们的认识水平的不断提高，根据当时社会生活的需要和可能，人们常采用各种方法来观察、估计、测量、记录各种事物的发生、变化所对应的时间。计时学就是适应这样的情况而产生并不断向前发展的。

人们通常所谈到的时间，一般有两种不同的含义。一种是时刻的含义，亦即它所表示的是某一事件发生的瞬间。有了这种概念，人们就可以区分两件事件发生的先后次序。要做到这一点，就需要事先规定好计量时刻的起点以及有关的时间单位，这样就可以根据某一事件发生在计量时刻的起点后多少个时间单位来确定其发生的时刻。显然，如果这些事先的

规定不同,同一事件发生的时刻的表示形式也就不同。举例来说,在1980年2月16日下午5时31分09秒,在我国的昆明地区能够看到日全食开始发生,这里的时刻就是根据公历所规定的年、月以及人们所共同承认的日、小时、分、秒的起算点和相应的时间单位来确定的。如果用农历来表示上述时刻的日期则应写成庚申岁正月初一了。如果时刻也用我国古代的十二时辰制或百刻制来表示,那看上去就毫无共同之处了,但两者所表示的却是同一事件所发生的时刻。时间的另一种含义是指时间段。它所表示的是发生在不同时刻的两件事之间的时间间隔或某一过程持续时间的长短。仍以1980年在昆明地区观测日全食为例,日食是在17时31分09秒开始,而到整个太阳圆面被月亮全部遮挡住是18时33分46秒,这之间经过了1小时2分37秒的时间。这里所说的时间也就是指的时间段了。显然,要知道时间段的长短,只需以这段时间的开始瞬间作为起算点,用有关的时间单位度量到该段时间的结束瞬间就可以了。可见上述时间的两种含义在实质上还是统一的。某一事件所发生的时刻可以用从时刻起算点到该事件发生瞬间的时间段的长度来表示。而时间段的长度也是该时间段的结束瞬间和起始瞬间所对应的时刻之差。通常在计时工作中所确定的是对应于某一瞬间的时刻,据此人们也就可以确定相应的时间段长度了。

在一定的社会条件下,人们总是要求计时工作具有一定的精度。在现代社会中,确定精确的时间具有十分重要的意义。在铁路运输事业上如果没有精确的时间来控制列车的运行,其后果是不堪设想的。这已是人们常识范围之内的事情了。实际上,在国民经济的有关部门中,在国防建设事业上,在航天科学和有关的科研领域中,都离不开精确的时间计测工作。随着这些事业的发展人们对计时科学的要求也越来越

高了。

表面上看来,似乎只要有一台精度极高的时钟就可以得到精确的时间了。然而事情决非如此简单。为了方便起见,人们通常总是用某些能够连续而又均匀变化着的事物来作为计测时间的依据。现在人们使用得最广泛的机械钟表就是用连续和等周期的机械转动来计时的。然而任何钟表总具有一定的计时误差,如不经常比对,则不同的机械钟表的钟面上所指示的时刻也就互不相同,而且任何一只机械钟表在开始使用时都必须使钟面上所指示的时刻与当时的实际时刻尽可能保持一致,也即所有的机械钟表均有一个起点问题,它们不可能独立地提供精确的时间。在近几十年中,由于物理实验技术和电子工业的飞跃发展,世界上出现了远比机械钟表精确得多的石英钟,以后又有更为精确的分子钟、原子钟。即使是这些仪器在用来计测时间时也还是有一个起点的问题,否则它们所提供的仅仅是高精度的时间单位而已。

要解决钟表的起点问题,就必须与人们长期以来形成的习惯联系起来。而后者又是与人们对某些天文现象的观测有关的。在地球上某一不太大的区域内,人们差不多都是能够同时观察到各种天文现象的发生。人们常把天文现象发生的时刻作为公认的客观标准。根据某些规定可以知道某一天文现象发生的时刻,据此就可以校正钟表等计时工具了,从而使它们所指示的时刻能基本上达到一致。例如人们习惯于将太阳经过当地位于南北方向的子午圈的时刻规定为这一天的正午,钟表等计时工具上也就应指示出相应的时刻,否则就是不准确的,就应对其所指的时刻和走时速度作相应的调整。由此可见计时学与天文学的关系是十分紧密的。它实际上也就是作为天文学的一个分支产生出来并不断发展的。

众所周知,我国是一个历史悠久的文明古国。勤劳聪明

灵巧的我国古代劳动人民，创造了丰富灿烂的古代文化，在科学技术领域里也取得了不少辉煌的成就。作为古代天文学的一个分支，我国古代的计时科学也取得了相当可观的成就。我国古代的人们是怎样计测时间的呢？他们在计时科学上取得了哪些成就呢？他们又是怎样不断改进各种计时工具的呢？看来在这些问题上作一次简要的回顾还是很有意义的。那就让我们打开一部中国历史向前翻动吧！我们将会看到，在我们这片辽阔的古老国土上，计时科学不但早就生根发芽了，而且还开出过一些五彩缤纷的艳丽鲜花呢！

二、我国古代的时间概念

1. 对年、月、四季的认识

恩格斯曾经指出：“必须研究自然科学各个部门的顺序的发展，首先是天文学——游牧民族和农业民族为了定季节，就已经绝对需要它。”（恩格斯，《自然辩证法》）这里明确讲到，由于古代农牧业生产的发展，人们开始认识到决定季节的重要性，这才产生了天文学。在各类自然科学中，天文学是一门发展得最早的古老学科。这也表明在人们的头脑中季节概念是形成是相当早的。

寒来暑往，冬去春来，在一年中明显存在着的这种季节变化是人们很容易感受到的一种天文现象。这一方面是因为气温的季节变化非常明显。特别是严寒或酷暑这么强烈的刺激，肯定会给人们留下极其深刻的印象。无论是谁，对这样的变化都不会无动于衷。他们不得不尽可能去认识这种变化的周期。另一方面是因为随着季节的变化，人们周围的环境也在发生变化。春天里，草木返青，江河解冻，某些动物结束了冬眠；夏季里，雨水充足，植物繁茂；秋天大雁南飞，草木枯黄，一些植物果实成熟；冬天冰封雪飘，龟蛇冬眠。这些随着季节而变化的自然现象，还可以再举出许多，它们可以统称为物候变化。由于物候变化是年复一年、周而复始的，人们对其规律是可以观察到的，从而将其与季节和气温的变化联系了起来。例如，人们只要观察到大雁成群结伙向南方飞去，就可以知道秋天到了，天气就要变冷了。由于物候变化还与人们的生活有着

极其密切的关系。人们从自然界获取的食物就是随着物候的变化而有所不同。在春天,人们可以采集某些植物的叶子、茎或根食用,到了夏天和秋天还可以采集某些植物的果实,但到了冬天这些食物来源就基本上断绝了。再加上有些动物要冬眠或随着冬天的到来而迁徙了,动物性食物也减少了。河流结了冰,打鱼也有困难。这样在冬季里人们的食物来源大为减少。他们就要设法在冬季到来之前及早储藏食物,这样他们也就必须对有关的物候变化特别注意。至于在原始农业出现以后,掌握物候变化与农时的有关规律对于增加农业生产的产量来说就是至关重要的了。由此可见,季节的变化与人类的生活密切相关,这就迫使人们努力去认识它,从而建立起原始的年、四季的概念。但要较为精确地掌握年和四季的周期则必须与天文现象的观察联系起来。

在古代埃及,由于尼罗河水的泛滥会给土地带来水和肥沃的淤泥,与当时的农业生产有密切的关系,人们经过长期的观察发现,每当早晨在东方看到天狼星时,尼罗河水就要开始泛滥了,他们就据此来预报尼罗河水泛滥的大致日期。实际上也就是预报当地雨季的开始。这里观察到的现象不过只是太阳在恒星间移动的反映。人们把直接观察某种天文现象来决定当时的时令季节的方法称为观象授时。它显然比根据对气温变化的感受和对物候变化的观察来决定季节的方法要客观、准确。

我国古代观象授时起源也很早。当时观测得较多的是一颗被称为“大火”的红色亮星。这颗星后来又被称为心宿二,在现在通用的星座命名法中它被称为天蝎座 α 星。在不少古籍中都记述了我国古代的人们根据大火与太阳的相对位置来决定季节、月份的记载。在《左传》中就明确讲到,在传说中的帝尧时代就已经有了专门观测大火的天文官——火正,其观

测目的正是为了决定当时的时令节气。《左传·襄公九年》：“陶唐氏之火正阏伯居商丘，祀大火，而火纪时焉”。在古代的民歌中也涉及到大火在天空的位置。成书于春秋时代的我国最早的诗歌集《诗经》中就有诗句谈到七月份的黄昏时刻大火位于南方偏西的地方。《诗经·豳风·七月》：“七月流火”表明这已是当时极为普通的天文知识了。

当然，要随时决定季节只观测一颗天蝎座 α 星是不够的。因为这颗 α 星并不是什么时候都能观测到的。在一年中，它总有一段时间和太阳的位置十分接近，使其星光淹没在太阳强烈的光辉之中，这就无法观测到它了。有时它又在下半夜才能看到，这是十分不方便的。我国古代人们所观测的恒星并不局限于天蝎座 α 星。在《尚书·尧典》中就有所谓“四仲中星”的记述：“日中星鸟，以殷仲春。……日永星火，以正仲夏。……宵中星虚，以殷仲秋。……日短星昴，以正仲冬。”据研究，这里的星鸟、星火、星虚、星昴可能分别就是星宿一、大火、虚宿一、昴星团这4颗恒星或星团。日中、宵中的意思是白昼和黑夜不长不短，亦即昼夜的长短相等；这相当于春分日和秋分日的情况。日永、日短显然是白昼最长和最短的意思，这相当于夏至日和冬至日的情况。上面这段话讲的是，在帝尧时代，人们在黄昏太阳落山时观测天空，如果看到星宿一恰好高高地位于正南方的天空中，那么就表明当天是春分日了。如果看到的是大火、虚宿一或昴星团在相应的位置上，则当天相应地就是夏至日、秋分日或冬至日了。这里所讲的是否与帝尧时代的天象情况符合呢？看来还是有争论的。一般认为它可能对应于比帝尧时代晚得多的时代。通常将《尚书·尧典》的成书年代定为周代前后。如果观测四仲中星的做法真是从帝尧时代开始的，那么经过这么长时期的流传与使用，人们会用以后的天象情况来修改原来的记述是不足为怪的。但并不

能以此就认为帝尧时代不可能观测四仲中星来决定季节。由于这种方法还是比较粗略的，当时这么做的可能性还是存在的。

也是在《尚书·尧典》中记载着：“朞三百有六旬有六日，以闰月定四时成岁。”这里明确讲到一年有 366 天，与年的实际长度相差已不到 1 天，已经是相当准确的了。这里还讲到当时人们已经有了旬的概念，还能采用闰月的方法来决定四季和年的起讫点。如果上述记述可靠的话，说明在帝尧时代人们就已经有了较明确的年、月、四季、旬、日的概念，并且开始制定带有闰月的阴阳历了。也即能通过设置闰月的方法使朔望月与回归年的长度协调起来，从而使 1 年的平均长度为 366 天。现今我国与公历同时行用的农历所采用的仍然是与此类似的方法。只是农历更加精密完善而已。

月相的盈亏变化也是一种引人注目的天文现象。人们根据对月相的长期观察也就能很容易地掌握其大致的变化周期，所以朔望月概念的形成应该也是相当早的。上面讲到帝尧时代人们有了明确的月的概念看来并非没有可能。

据认为是成书于战国时代的《夏小正》中收集了相传是夏代历法的内容。它逐月列举了一年中大多数月份中的一些天文现象和有关的物候变化，还讲了各月中有关的农事安排，这表明了天文历法与农业生产之间的关系十分密切。在有关的天文现象中不仅讲到大火，还讲到参星、北斗、南门、织女等星宿和恒星的位置情况。例如它讲到：“正月，鞠则见，初昏参中，斗柄悬在下。”人们根据这条记载，只要在黄昏时看到参星正好在正南方的上空，北斗星的斗柄又指在正下方，就可以方便地知道这时是正月了。由于它是将月份与具体天象联系在一起，表明其月份是与节气相对固定的，估计是采用了设置闰月的办法才取得了这样的效果。最近有人认为《夏小正》是

具有十个月、节气也相对固定的太阳历，看来是有些道理的。

近代以来，在河南安阳地区出土了大量殷商时代的刻有卜辞的动物甲骨，提供了关于当时社会情况的确凿文字资料。从这些甲骨文卜辞中可以看到当时已经存在着一种以六十天为周期的记录日期的方法，即所谓“干支记日法”。人们将 10 个天干名称(甲、乙、丙、丁、戊、己、庚、辛、壬、癸)和 12 个地支名称(子、丑、寅、卯、辰、巳、午、未、申、酉、戌、亥)依次循环配合起来，可以得到 60 个互不重复的名称，统称为 60 干支，其排列次序见表 1。人们依次用这 60 个名称来作为区分日期的

表 1 60 干支排列表

序号	干支名称	序号	干支名称	序号	干支名称	序号	干支名称	序号	干支名称	序号	干支名称
1	甲子	11	甲戌	21	甲申	31	甲午	41	甲辰	51	甲寅
2	乙丑	12	乙亥	22	乙酉	32	乙未	42	乙巳	52	乙卯
3	丙寅	13	丙子	23	丙戌	33	丙申	43	丙午	53	丙辰
4	丁卯	14	丁丑	24	丁亥	34	丁酉	44	丁未	54	丁巳
5	戊辰	15	戊寅	25	戊子	35	戊戌	45	戊申	55	戊午
6	己巳	16	己卯	26	己丑	36	己亥	46	己酉	56	己未
7	庚午	17	庚辰	27	庚寅	37	庚子	47	庚戌	57	庚申
8	辛未	18	辛巳	28	辛卯	38	辛丑	48	辛亥	58	辛酉
9	壬申	19	壬午	29	壬辰	39	壬寅	49	壬子	59	壬戌
10	癸酉	20	癸未	30	癸巳	40	癸卯	50	癸丑	60	癸亥

符号，就是干支记日法了。60 干支可以周而复始地循环使用，故干支记日法是以 60 天为周期的。有一块商代武乙时期(相当于公元前 12 世纪)的牛胛骨上较完整地刻划有 60 干支的排列表，可能就是人们为了记日的方便而留下的。这种古老的记日法一直连续使用到现代，中间从未间断过，至少也使用了 3000 多年了，可以说是世界上最长的记日法了。后来人们还用 60 干支来依次区分不同的年份，这就是干支记年法了。

在甲骨文卜辞中也有明确的旬的记载,它以 10 天为一句,分别用 10 个天干来称呼。表明旬的概念的形成确实是非常早的。

在甲骨文卜辞中有关于闰月的记述,表明当时人们确实已经采取在某些年中设置闰月的方法来保证年的平均长度与当时对回归年长度的认识基本相符了。在甲骨文卜辞中似乎还有关于“日至”的记录,许多学者也认为我国殷商时代已经能测定分至了,这样就表明人们对太阳的周年视运动已经有了一定的认识,即将季节与 1 年中正午时太阳高度的变化联系了起来。如果这是确实的话,则说明当时可能已经有了原始的圭表,它可以用来测量正午时表杆影子的长度,从而可更精确地决定当时的季节。这显然是一个较大的进步。有关圭表的具体情况,在后面我们还会谈到。

至迟在周代,人们就已将天空中在天赤道附近的区域划分为 12 个部分了。并称其为“十二辰”。在专门记述西周的政治制度情况的《国礼》一书中谈到,当时有一种叫做冯相氏的官职,其职责是:“掌十有二岁,十有二月,十有二辰,十日,二十八星之位,辨其叙事,以会天位。”(《周礼·春官冯相氏》)。这里的“十有二月”显然是指在 1 年中包含有 12 个朔望月。朔望月实际上是和太阳、月亮在天空中的相对运动有关的。当太阳与月亮在天空中相遇时,月亮位于太阳和地球之间,地球上的人们只能看到月亮上背着阳光的黑暗半球,看上去好象月亮隐没不见了。这就是所谓“朔”。而朔望月也就是从一次朔到下一次朔所需的时间。1 年中包含有 12 个朔望月实际上也就是说在一年中太阳和月亮要相遇至少 12 次。按照《汉书·律历志》中的说法,人们根据太阳与月亮相遇时在天空中的位置就将它们所经过的恒星区域亦即天赤道附近的区域划分为 12 个部分,每一部分称为一辰,这就是“十有二辰”了。我

们知道,太阳系的九大行星中最大的是木星,其会合周期约为11.86年。也就是说,在地球上的人们看来,它经过约12年的时间在恒星背景上移动了一周,回到它原先所在的位置。人们也就可以根据木星在恒星之间的位置来区分不同的年份,这就是所谓“岁星纪年”。这里所说的岁星也就是木星。“十有二岁”肯定是与此有关的。“十日”显然是指一句中有十天。至于“二十八星之位”则肯定是与二十八宿有关的。二十八宿实际上就是与恒星位置相对固定的一种坐标,它是根据天赤道附近的亮星将天赤道区划分成大小不等的二十八份,天体在某一份中的位置就是它相应的坐标。据认为,由于月亮在恒星之间运行一周平均需要27.32天的时间,故人们将其运行的区域分为二十八份,月亮每天在其中一份中停留“住宿”,所以就产生了二十八宿。建立了二十八宿这样的坐标系统,就可以度量太阳、月亮等天体在恒星之间的相对位置了,这对决定季节来说显然是有利的。不久以前,在湖北省随县擂鼓墩一号墓的墓室中出土了一只漆箱,其箱盖上就标有一圈二十八宿的名称。由于该墓葬的年代是在公元前430年左右,表明二十八宿的产生不会晚于春秋末年、战国初年。虽然《周礼》的成书年代较晚,看来其中讲到的一些与周代有关的情况还是比较可信的。根据上面的这段叙述可知,周代的人们对年、四季、月的认识显然又有了进步。

《吕氏春秋》成书于战国时代。其中逐月列出了1年中太阳在恒星之间的相对位置和昏、明中星。这里的所谓昏、明中星也就是分别在黄昏和黎明时天空中在南北方向的子午线附近的恒星。1年中的12个月也分别用孟春之月、仲春之月、季春之月、孟夏之月、仲夏之月、……来称呼,又把月份与季节联系在一起。这表明当时的人们对太阳在恒星之间的周年视运动与季节变化的关系已经有了十分明确的认识,人们对季

节的认识也就建立在更为客观的基础之上了。

由以上情况可以看出,我国古代对年、月、四季早就已经有了十分明确的概念。随着社会生产力的不断发展,人们的认识也在不断深化,这些概念也就日益科学、精确。这反映在人们所制订的日益精密的历法中。在这些历法中不但所使用的年长、月长越来越精确,而且还能较准确地计算出某一时刻太阳、月亮在恒星之间的位置,从而能预报节气、朔望和日食、月食所对应的时刻,并能对日、月食的情况作适当的推算。另外,对5颗明亮的行星的运行规律也作了较为详细的描述。虽然这些内容与计时学确有一定的联系,但由于我国古代历法工作的发展情况是需要专门的著作中加以介绍的,这里也就不一一细述了。

2. 从“日出而作,日入而息”谈起

要衡量计时工作的精度,必须要看它所定出的时刻的误差能小到什么程度。这就需要把1天划分成尽可能小的时间单位,用这样的单位来表示的时刻才能具有一定的精度。当然,如果用天的小数来表示时刻也可以达到很高的精度,但那实际上也不过是用十进制的形式把1天划分成尽可能小的单位而已。现今通用的是将1天划分为24小时,每小时划分为60分钟,每分钟又划分为60秒,秒以下就用其小数来表示。近年来,用经典的天文观测方法测定的时刻一般可精确到千分之几秒。古代肯定不会如此精确,时间单位的划分也不会如此精密,这完全是由当时的社会生产力发展的水平所决定的。

在远古时代,人们早就观察到太阳的东升西落和由此而来的昼夜交替现象。这一方面是因为它是人们最容易观察到