



TIANWENLIFAYANJIU

科技普及读物

ZhongguoKejiShihua

中国科技史话

# 天文历法 研究

〈下〉



辽海出版社

中国科技史话

# 天文历法研究

## (下册)

邢春如 主编

辽海出版社

## 宇宙无限和天地成亡

尽管盖天说和浑天说在我国有广泛影响，它们都主张天体附缀在有形质的天盖或天球上，但是关于宇宙无限的思想也在我国流传。这类思想有的认为天是无形质的无限空间，如宣夜说；有的认为在有形质的天之外还有无限的宇宙，如张衡的《灵宪》。对于这无限的内容又包含有空间和时间二方面，实际上就是时空无限的统一。

战国时代，后期墨家的论述中具体讲到了宇宙的时空含义，《墨经》曰：“宇，弥异所也。”《经说》解释为：“宇，蒙东西南北。”《墨经》曰：“久，弥异时也。”《经说》解释为：“久，合古今旦莫。”这里久同宙，莫同暮，二句话的意思是说宇宙为空间和时间。战国时代的尸佼也有类似看法，后人辑录成书的《尸子》中提到：“上下四方曰宇，往古来今曰宙。”空间和时间的统一在于它们的紧密结合，《墨经》曰：“宇或徙，说在长字久。”意思是说，空间的迁移（徙）使得时空都变化了（长）。《经说》的解释是：“长宇，徙而有处，宇南字北，在旦有在莫，宇徙久。”这个意思也就是空间的变化，迁移又静止，或南或北，而时间上相应早晚之变，结果是时空都变迁了。

张衡是著名的浑天说学者，他阐述了浑天说的天地结构，在作了“浑天如鸡子，地如鸡中黄”的比喻之后又说：

“过此而往者，未知或知也。未知或知者，宇宙之谓也。”“宇之表无极，宙之端无穷。”他将宇宙和天地作了区分，在有形质的天地之外是未知或知的宇宙，而这宇宙是无极无穷的。这种无限观虽然还不能同宣夜说相比，但主要是由于对我们日常所见的天空有局限认识所致，他将无限的宇宙与直观感觉中的天地区别开来还是有一定现实意义的。

用现在的观点来看，我们所见到的天空就是无限的宇宙，但古人对所见之蓝天却有自己的理解。他们认为自古所见之日月星在我们的天地之内，我们的这个天地之外还有另外的天地，在那里是另一番世界。且看一段颇带神话色彩的对话：

姑射滴女问九天先生曰：天地毁乎？

答曰：天地亦物也，若物有毁，则天地焉独不毁乎？

问曰：既有毁也，何当复成？

答曰：人亡于此，焉知不生于彼？天地毁于此，焉知不成于彼也？

问曰：人有彼此，天地亦有彼此乎？

答曰：人物无穷，天地亦无穷也。譬如蚋居人腹，不知是人之外更有人也；人在天地腹，不知天地之外，更有天地也。故至人坐观天地，一成一毁，如林花之开谢耳，宁有既乎？

这则小故事包含了丰富的思想，这里承认，天地是物质的，天地有成毁之演变过程，天地是宇宙中的一个局部区域，天地之外更有天地，宇宙中有无限的天地。由于这无限天地的不断成毁，构成了宇宙的无限。

“或问天地有始乎？曰：无始也。天地无始乎？曰：有始也。未达，曰：自一元而言，有始也；自元元而言，无始也。”《鬲龙子》的这段话也表达了上述思想。

尽管在古代尚没有近代科学的理论武装，古人对天地起源和演化的论述缺乏理论基础，只能停留在思辨的范畴内，但他们用变化的眼光来看待天地，用无限的概念来对待具体事物的演变，确实包含着朴素辩证的思想因素，成为中国古代宇宙理论的重要成就。

## 星名

当你翻看一张古星图或打开前面提到的《步天歌》，你马上会为各种古星名而眼花缭乱。如果你还知道一些现代星座的名字，你也马上会感到这两者有多么明显的不同！是的，中国古星名同现代流行的星座是完全不同的两个体系。

现在流行的星座和星名基本上是古希腊的体系。将全天分成若干区域，每一区域就是一个星座，将该区域内的亮星按某种想像用线联结起来，构成各种图形，赋予各种名称。目前通用的星座共 88 个。名称多系各种动物和神话故事中的人物、用品。

中国古星名是一个庞杂的体系。这可能说明了这些星名的产生不是一时一地一人的作为，它综合了不同时代、不同地域和不同人物的贡献而成为这个样子。

如果粗略地将中国古星名进行归纳，大体可有如下 10 大类。

生产生活用具类：北斗、南斗；箕、毕、弧矢、屏、天囷、天仓、天苑、天园、天廩、天船、天津、杵、臼、五车，等等；

人物类：人、子、孙、老人、丈人、农丈人、王良、造父、奚仲、织女，等等；

官职类：帝、太子、上卫、少卫、上丞、少丞、上将、

次将、上相、次相、郎将、从官、幸臣、谒者、五诸侯、侯、虎贲、进贤、执法、摄提、御女、七公、太尊、文昌、三公、九卿，等等；

军事类：骑阵将军、天大将军、骑官、积卒、车骑、垒壁阵、天枪、座旗、参旗、左旗、右旗、军井、军市、军南门、斧钺、铁钺、钺、羽林军，等等；

动物类：鱼、龟、鳖、狗、天狗、天狼、狗国、野鸡、螭蛇、天鸡，等等；

国名地名类：魏、赵、中山、九河、河间、晋、郑、周、秦、蜀、巴、梁、楚、齐、燕、南海、徐、东海、吴越、南河、北河，等等；

贸易类：列肆、屠肆、车肆、斛、帛度、天钱、酒旗、市楼，等等；

建筑类：天街、天庙、天垒城、南门、天门、天关、离宫、器府、车府、天厨、厕、灵台、明堂、长垣、罗堰、坟墓、天牢、神宫、天厩，等等；

自然类：月星、霹雳、雷电、云雨、积水、梗河、天阴，等等；

其他类：阿星、耀、常陈、玄戈、平星、招摇、天饑、卷舌、附耳、傅说、伐星、四渎、钩铃、长沙、建星、河鼓，等等。

当然，还有二十八宿的一组名称。

命名，往往带有某种含义，还同人们的经历、思想、哲学逻辑有关。古人对天空很崇拜，给天星命名也会含有不同的意识，那众多的官职名称可能出自统治制度逐渐完善后的

官员，而大量的生产生活用品名称可能来源于广大的原始劳动者之口。随着人们对恒星的不断认识，数量和名称逐渐增长，形成了带有中国特色的星名系统。

除了在书上看到的大量古星名，在我国各地民间还流传着一些别名，这些别名往往同一些美丽的故事联在一起。例如牛郎织女的故事，就同银河两旁的河鼓（牛郎）和织女星相关。河鼓三星和心宿三星还有另外的名称，分别称为石头星和灯草屋。有一则故事说石头和灯草分别是前娘和后娘生的儿子，后娘让前娘生的儿子挑石头，让自己生的儿子挑灯草。这一天遇上了大雨和顶头风，石头既不吸水，受风的阻力也小，所以他顺利地渡过河到达河东；而灯草吸足了水，分量又重、体积又大，大风顶着走不上前，仍远远落在河西。此外，尾宿的最后二星正在银河边，夏夜在南方天空闪亮，人们称她们为姑嫂车水星，好像她们正利用夏夜的凉爽时刻辛勤地车水灌地哩！

冬夜星空中的昴星，民间称为“七姐妹”星，鄂伦春人称为“那里那达”，意为七仙女。附近的毕宿称为猪星，东边的参宿称“玛恩”，是个妖精，毕参之间的小星是玛恩的弓箭。这个妖精老想追上七仙女并要同她们结婚，而那头猪就回头拱它，因而玛恩用弓箭去射猪头，但因为没对正，所以总射不着，它的目的也达不到，只好永远这样呆在上天。在海南黎族人民中昴星称为“多兄弟星”，即六个兄弟在一起，说另外还有一个小兄弟星，本来生活在一起，但六个哥哥都结婚后就谁也不养活小兄弟了。小兄弟看见月亮又大又亮，心想那里一定有吃的，就跑到那里去了，在那里开荒种



地盖房子，还同一个仙女结了婚。六个哥嫂看见小兄弟富裕起来了，就叫他们回去，但小兄弟不喜欢这些无情无义的兄嫂，无论如何也不回去，所以昴星里只看见六个星。在中原地区，昴星在大地回暖季节的早晨高悬南天，催促人们及早春耕，故也被称为犁星和犁头星。

从上述故事可见，天文学从古老的时候起，就同人们的生产活动和日常生活紧紧相联。给星辰命名，也反映了人们的辛勤劳动，对美好的追求，对邪恶的憎恶和反抗，这是多么真挚而朴素的情感啊！

## 古日食与地球自转

自古以来，人们用一天作为计量时间的基准，这就是地球自转一周所需的时间。在这样做的时候大家不自觉地承认地球自转周期是不变的。但从18世纪以来的天文观测中就已发现了这一问题，随着计时测时科学的发展，20世纪终于确认了地球自转是不均匀的，因此以地球自转作为计算时间的传统观念发生了动摇，天文学上不得不用均匀的时间系统来做基准，出现了历书时和原子时系统，以区别于用地球自转而确立的世界时。不过由于民用时的要求不必那么精确，所以人们日常使用的是一种协调世界时。

地球自转不均匀表现为三种变化，一是长期减慢，二是不规则变化，三是周期性变化。

长期减慢是逐渐累积的，由于地球自转变慢，一天的长度在增加，古时候一天较短，现代较长。引起地球自转长期减慢的主要原因是潮汐摩擦，因为潮汐总是逆着地球自转的方向，它使地球自转的角动量减少，而因地月系角动量守恒，故月亮逐渐远离地球，月亮绕地球的公转周期变长，根据古珊瑚化石和浅海里一种鹦鹉螺化石生长线的研究，发现日长和朔望月长度在历史上的情况如下表：

地质年代日长情况表

地质年代	日长 (小时)	一年的天数	朔望月天数
寒武纪 (约 5 亿年前)	21	415	31.5
泥盆纪 (约 3.8 亿年前)	22	396	30.5
石炭纪 (约 2.9 亿年前)	22.6	391	30.1
中生代末 (约 7 千万年前)	23.67	370.3	29.9
目前	23.95	365.26	29.53

不规则变化是时快时慢，慢的在几十年或要更长时间内发生微小变化；中等的在 10 年时间内发生明显变化；快的在几星期到几个月内发生较大变化，这种变化能比微小变化大 100 倍。引起这些变化的原因正在探讨之中，可能由地核与地幔间的角动量交换或海平面与冰川的变化引起，也同地面上风的作用有关。

周期性变化是本世纪 30 年代才发现的，主要同季节有关，表现为春季慢、秋季快，这是由风的周年变化引起。此外还有以半年为周期的变化，这是因为地球轨道为椭圆，日地距离周期性地远近变化，引起太阳潮汐的不同。至于以一月和半月为周期的微量变化则是因月地距离有远近，月球潮汐不同所致。

三种变化中以长期变化最值得研究，因为这同地球月亮的演变以至太阳系的演化研究有密切关系，对太阳系稳定性问题也有联系。长期减慢使日长增加，根据现代的测量，其数量约为每世纪日长增加 1~2 毫秒，即现今的一天比 100 年前的一天长 0.001~0.002 秒，一般取 0.0016 秒。别看这个数字很小，长期累积起来就是非常可观的。现以 1 毫秒计算：

## 一、天文历法史

100年累积： $0.001 \times 365 \times 100 = 36.5$  秒

200年累积： $0.001 \times 365 \times 100 + 0.002 \times 365 \times 100 = 109.5$  秒

300年累积： $0.001 \times 365 \times 100 + 0.002 \times 365 \times 100 + 0.003 \times 365 \times 100 = 219$  秒

.....

2000年累积： $365 \times 100 \times 10^{-3} (1 + 2 + 3 + \dots + 20) = 7665$  秒

可以看到，在公元1000年附近，累积差30分钟以上，公元600年，差1小时多，公元0年，差2小时10分，公元前700年，差5小时以上。

由于上述时间的累积差，必然使我们按现今的日长而计算的古代日食同古代实际观测的情况产生差别，这一差别有二种表现形式，一是全食带的经度东移，二是某地食甚时刻推迟。这一现象在上世纪末德国天文学家奥泊子等人编算《日月食典》时已经发现，但那时人们对地球自转长期减慢的现象尚不清楚，他们只能按实际情况做些经验性的修正。

20世纪20年代天文学家福瑟林厄姆和德西特想到可利用古代日食记录来求观测时刻与计算时刻的积累差值，进而探索日长增加的规律。他们只收集到古巴比伦和古希腊的5次日全食资料，得到的结果虽比现代测定值大了几乎近一倍，但这毕竟开拓了这一领域的研究方法。1939年，琼斯利用200多年来行星和太阳的观测资料从理论上求出地球自转的相对变化，发现日长的增加大约每世纪0.0016秒。这一数据为许多人公认，研究工作暂告一段落。

1938年狄拉克提出，引力常数  $G$  减少的问题需要验证。1961年迪克得出  $G$  的减小不会大于每年  $10^{-11}$ 。而人造卫星上天以后的长期观测却发现，地心引力常数  $GM$  的减小大约是每年  $2 \times 10^{-10}$  左右，比迪克的数据大了 20 倍。有人认为这是  $G$  减小的一个验证，但有人认为这是因地球质量  $M$  在减小所引起的。根据现代的研究，使地球自转长期减慢而引起日长增加的因素有六项，各自的效果列于下表：

引起日长变化的诸因素

原因	加速度 (秒/世纪 <sup>2</sup> )	日长变化 (秒/世纪)
月潮	-995	增加 0.0018
日潮	-292	增加 0.0005
海平面上升	-384	增加 0.0007
大气潮	+77	减少 0.0001
行星际电磁场	-278	增加 0.0005
地球质量减小	+949	减少 0.0017
合计	-925	增加 0.0017

从上表可见，如不考虑地球质量减小，日长的增加每世纪为 0.0034 秒，而目前的观测值是 0.001 ~ 0.002 秒，一般取 0.0016 秒。看来地球质量的减少因素不可忽视，而  $G$  的减小可能是微不足道的。

由于这一系列因素，古代的日食记录再次受到重视，因为这毕竟是一种有别于现代观测的资料。1969年以后，罗·牛顿、姆勒、斯蒂芬逊等人重新分析古代日食资料，尤其利用了 9 项中国汉代以前的古记录，得到了大致跟现代测量一致的结果。牛顿认为，中国的古记录非常可靠。

进行这一项研究，对中心食（日全食或日环食）只要有

见食地点或时刻就行。中国古代的日食记录往往无见食地点的明确记载，但在历代的都城都建有天文台，故可将见食地点定在都城。至于见食时间，由于古代的时刻制度和计时精度都有误差，给研究工作带来困难，但是只要记录日足够古老，就可以降低相对误差。从上面的估算可见，古代记录应选用公元 600 年以前的，最好选汉代之前的古日食记录。

20 世纪 80 年代初，北京天文台李致森、韩延本等人对春秋时代到初唐 1400 多年间的 88 次中心食记录做了系统分析。他们用历书时标准逐一计算出每次食的中心线，定出每次食中心线上与观测地点纬度相同的点，该点的经度与观测地点经度的差化成时间差，就是所求的计算值与观测值的时间累积差值  $\Delta T$ 。这是因为历书时标准的古代日食中心线与实际发生日食时地球表面上的见食中心线之差主要表现在经度方面，纬度方向的漂移较小。

他们绘出了 88 次日食的  $\Delta T$  值随时间的变化图，可以看出越到古代  $\Delta t$  值越大的趋势。这一趋势就表示了地球自转变慢的累积效应，据其平均值就可以求出地球自转长期变慢的速率。将这一结果同最近 200 年来的天文观测相比，发现同现今的值接近（参见《天体物理学报》4 卷 2 期，第 107 页）。

笔者曾从古代记录的见食地点方面分析，发现笼统地定为都城所在地会带来  $\Delta T$  值弥散过大的毛病，因而提出一种修正方案。经修正后可以降低弥散，改善计算结果。

应该指出，该问题的研究还只是开始，要拟合一个较好反映历史时期地球自转速率变化的  $\Delta T$  曲线还有待于利用更

多的古代天象记录和多种方法。上面提到的只是一种方法，即中心食法，而且只用了见食地点一个参量。其实可以用来做此项研究的还有其他参量，如见食时刻，偏食的最大食分，月食、月掩星、行星冲时刻，春秋分和冬夏至时刻等，一般说来，对于地域性差异较强的天象，如中心食带，行星掩星，月掩恒星等，可利用它们的记录地点，对于可见地域广大的天象，可利用它们的记录时刻。当然如何利用这些古记录，还有待理论研究和处理方法的提出，以及相应的计算技术。目前这一领域的研究正成为天文地球动力学研究的一个课题，大有发掘之必要。

## 彗星记录

古代彗星记录的整理研究尚有待进一步开展，目前的工作还仅在于确定哪些记录属于同一个彗星的若干次观测或同一个周期彗星的多次回归。研究工作中对哈雷彗星的轨道和长期运动较为成熟，且得到了一些有趣的结果。

我国有哈雷彗星的最早记载，而且有连续 30 多次的回归记录，历时 2000 多年，这一份珍贵资料已为许多研究者利用。我国天文学家张钰哲利用这份资料计算了哈雷彗星 40 次的回归运动，旅居爱尔兰的华侨天文学家江涛计算了 45 次回归的轨道根数。由于望远镜使用于天文观测以后，欧洲的天文观测比较精密。哈雷本人在 1705 年计算了 1531、1607、1682 年 3 次回归的轨道，确认它是一个周期彗星，并预言 1758 年还会回来。以后的 1758、1935 年 2 次回归轨道也被精确计算过，所以现代的计算以这些轨道为基础，再往前就得参照中国古代的记录。在哈雷彗星的回归运动中，由于经过巨大的行星天王星、海王星、木星和土星等附近，它的轨道受到摄动，因此要考虑这些行星的影响。1968 年，米切耳森首次指出，非引力效应会使哈雷彗星的速度减慢。这是因为如果彗星核是一个外围有气壳的干冰团模型，当它运动到太阳附近时，蒸发出的水气和其他离子受太阳光压力的作用抛向后方，形成



彗尾，火箭效应大约使哈雷彗星过近日点的时间要推迟四天以上。江涛在 1981 年的计算中既考虑了各大行星的摄动，又考虑了这一因素，因而其结果同张钰哲 1978 年的计算略有不同。

哈雷彗星历史回归情况

序号	过近日点日期		中国历史年号	周期		估计视星等
	江	张		江	张	
0		1986.2.9			76.011 年	+2
-1	1910.4.20	1910.4.19	清宣统二年	76.08	75.992	0
-2	1835.11.16	1835.11.11	清道光十五年	76.27	76.858	0
-3	1759.3.13	1759.3.7	清乾隆二十四年	76.89	77.663	-1
-4	1682.9.15	1682.9.9	清康熙二十一年	77.41	75.630	0
-5	1607.10.27	1607.9.27	明万历三十五年	76.06	75.168	0
-6	1531.8.26	1531.7.19	明嘉靖十年	76.50	76.571	-1
-7	1456.6.9	1456.4.28	明景泰七年	77.10	76.086	0
-8	1378.11.10	1378.10.7	明洪武十一年	77.76	77.740	-1
-9	1301.10.25	1301.10.17	元大德五年	79.14	77.388	-1