

中國古代天文學史略

刘金沂
赵澄秋



古代科学史略丛书

中国古代天文学史略

刘金沂 赵澄秋

河北科学技术出版社

古代科学史略丛书
中国古代天文学史略

刘金沂 赵澄秋

河北科学技术出版社出版（石家庄市北马路45号）
河北新华印刷三厂印刷 河北省新华书店发行

850×1168毫米 1/32 8印张 6插页 200,000字 1990年4月1版
1990年4月1次印刷 印数：1—950 定价：4.50元

ISBN7-5375-0366-4/P·7

衷心祝賀中國古代科學史略叢書出版

發掘祖國科技史料

弘揚民族智慧結晶

盧若錫



一九八九年秋月

出版者的话

我们伟大的中华民族,在悠远的历史长河中,对人类赖以生存的大自然,对浩渺无边的宇宙,历来就苦苦执着地追寻着、探索着。从最原始的神话传说,到四大发明的问世,我们的祖先用智慧和生命创造了中华民族古代科学技术的灿烂星河。据考证,先人们在治水、历算、大地测量、农业耕作、制陶冶金等方面的成熟,均先于西方1000多年。我们的祖先为整个人类文明做出了卓越的贡献。

作为中华民族的子孙,我们有义务也有责任发掘整理这些宝贵遗产。

为弘扬中华国粹,重振中华雄威,以饕各专业研究人员和广大读者,我们特出版了中国古代科学史略丛书。这套书共包括《中国古代数学史略》、《中国古代物理学史略》、《中国古代化学史略》、《中国古代天文学史略》、《中国古代地理学史略》、《中国古代生物学史略》、《中国古代农耕史略》、《中国古代医学史略》等八部。

这套书不仅以大量翔实的史料,向读者介绍了各个学科的起源、发展和取得的辉煌成就,还阐述了中国古代科学技术在世界科学史上的地位和作用,是广大科技工作者必备的重要参考书。

这套书的诸位作者,多年从事自然科学史的研究和教学工作。他们用心用血用生命在中国古代浩瀚的典籍文献中追逐先人的足迹,发掘科学技术的宝藏。整个编写队伍历经五六年时间方完成全

部书稿的编写任务,其中有的已耗尽了毕生的精力。在此,我们向参与全书编写工作的同志致以衷心的感谢。

承蒙著名科学家卢嘉锡先生为本套书题词,特表谢意。

中国古代科学史略这套书,会集了我们祖先和当代学者孜孜不倦的进取精神,这便是我们的民族精神。我们弘扬国粹,就是弘扬这种进取精神,从而增强全民族的自信心和创造力,振兴当代科技,振兴中华。

谨以此书献给伟大的祖国,献给勤劳智慧的中华民族。

1989年6月

序

最近 10 年来,国内出版了不少关于中国天文学史的书,计有:①《中国天文学简史》,天津科学技术出版社,1979 年版;②《中国天文学史》,北京科学出版社,1981 年版;③《天文史话》,上海科学技术出版社,1981 年版。以上三书均为中国天文学史整理研究小组编写。④陈遵妫《中国天文学史》第一、二、三册,上海人民出版社,1980、1982、1984 年版。⑤刘昭民《中华天文学发展史》,台湾商务印书馆,1985 年版。⑥北京天文馆《中国古代天文学成就》,北京科学技术出版社,1987 年版。

出版了这么多书之后,再出版一本题材类同的《中国古代天文学史略》,有没有必要?会不会炒冷饭?我是带着这样的疑问来读这部书稿的。读毕,感到并非炒冷饭,而且很有必要。因为本书凝聚了作者 20 多年来研究中国天文学史的心血,且深入浅出地把许多深奥的问题写得引人入胜,真可谓曲尽其妙、雅俗共赏。本书共十章,其中第七章“古代天象纪录的应用研究”和第八章“古代天文学对外域的影响”的内容是以前各书均未涉及到的。其余各章也很有特色,如第四章“古历解读”对中国历法史的分期,就独具慧眼,别开生面。纵观全书,既充满着

作者研究的心得,又不囿于一己之见,而是博采众议,将各位学者的最新研究成果一并介绍给读者,同时指出哪些问题目前还无人研究,哪些问题还值得探讨,使人读后既学得知识,又受到启迪,“欲穷千里目,更上一层楼”。

作者刘金沂同志于1964年在南京大学天文系毕业后,到北京中国科学院自然科学史研究所工作。1987年1月底不幸英年早逝,享年仅45岁。在这45年中,我和他一起共事23个春秋。他比我年轻,也比我聪明,风里雨里,他都给过我赤诚的帮助。他极端热忱,乐于助人,即使对素不相识的来访者,他也会放下手边的工作,去认真解答他们的问题。他曾给长春市一个集体所有制小厂的工人写了几十封信,辅导这位工人读完天文专业的主要课程,使这个人写出30多篇文章。后来经有关部门批准,该同志调到中国科学院长春人造卫星观测站工作,被吉林省评为自学成才的标兵。而刘金沂和这个人从未见过面,也没收过任何报酬。这个人从《天文爱好者》杂志上得到刘金沂去世的消息后,写了封信给我,我才知道此事。为了科学事业,不计名利,扶植后人,其精神可敬,可叹。

一个对同志极端热忱的人,对工作也会极端负责,刘金沂正是如此。他热爱自己的专业,发表过许多有创见性的论文,得到国内外同仁的好评;他做过大量的普及工作,受到中国历史学会、中国出版工作者协会、北京市科学技术协会、北京市教育局等许多单位的奖励。就在得了肝癌,身患不治之症以后,仍孜孜不倦地工作,探讨天文学史上的各种问题。本书就是他在最后一息写成的,后经他爱人赵澄秋同志整理,由河北科学技术出版社出版面世。我认为这是中国天文学史界的一件喜事,为此写几句话,将其人其书推荐给广大读者,是为序。

席泽宗

1987年4月18日

目 录

第一章 引论	(1)
第一节 中西古代天文学之比较	(1)
第二节 中国古代天文学思想	(3)
第三节 古代天文学的主要成就及其衰落	(7)
第二章 天文学史的主要文献史料	(14)
第一节 甲骨 金文 《诗经》	(14)
第二节 《周易》 《尚书》 《周礼》	(16)
第三节 《夏小正》 《月令》 《十二纪》 《时则训》 《时训解》	(18)
第四节 先秦诸子	(21)
第五节 二十四史中天文律历诸志	(23)
第六节 《周髀算经》 《灵宪》	(28)
第七节 《乙巳占》 《开元占经》 《观象玩占》	(31)
第八节 《甘石星经》 《步天歌》 《灵台秘苑》 《景祐乾象新书》	(34)
第九节 《浑天仪图注》 《新仪象法要》	(36)
第十节 《畴人传》 出土文物和其他	(38)
第三章 天文仪器	(41)
第一节 表和圭	(41)
第二节 漏和刻	(45)
第三节 浑仪	(53)
第四节 简仪和仰仪	(58)

第五节	浑象	(61)
第六节	西域仪象	(65)
第七节	晷仪 复矩 正方案 牵星板	(67)
第四章	古历解读	(74)
第一节	中国古历沿革和分期	(74)
第二节	古历计算原理和方法概述	(82)
第三节	日躔	(85)
第四节	月离	(89)
第五节	交食推步	(93)
第六节	晷漏和中星	(98)
第七节	行星位置计算	(101)
第八节	少数民族历法	(106)
第五章	天地的结构和形状	(110)
第一节	盖天—天在上,地在下,天盖地	(110)
第二节	浑天—天在外,地在内,天包地	(113)
第三节	宣夜—日月众星,无所根系	(116)
第四节	地体形状	(118)
第五节	宇宙无限和天地成亡	(123)
第六章	恒星	(126)
第一节	星名琐谈	(126)
第二节	三垣二十八宿	(129)
第三节	甘石巫三家星	(132)
第四节	星图	(133)
第五节	星表	(140)
第七章	古代天象记录的应用研究	(144)
第一节	应用历史天文学简介	(144)
第二节	古代天象记录的寻求	(146)
第三节	古日食与地球自转问题	(150)

第四节	彗流陨记录的研究·····	(155)
第五节	太阳黑子和极光史料的意义·····	(162)
第六节	行星现象和太阳变化·····	(165)
第七节	古代客星与现代遗迹·····	(172)
第八节	古记录中的恒星光色变化·····	(176)
第八章	古代天文学对外域的影响·····	(182)
第一节	中国古典天文学在世界上的地位·····	(182)
第二节	日本古代天文学的中国背景·····	(184)
第三节	朝鲜古代天文学的特点·····	(190)
第四节	东南亚一带的汉历·····	(194)
第五节	中印交流·····	(196)
第六节	阿拉伯民族与中国·····	(198)
第七节	中国古典天文学进入欧洲·····	(199)
第八节	域外学者对中国天文学的研究·····	(200)
第九章	中西天文学合流·····	(202)
第一节	明清之际的天文学形势·····	(202)
第二节	《崇祯历书》和第谷体系·····	(204)
第三节	北京古观象台及《灵台仪象志》·····	(207)
第四节	《仪象考成》、《历象考成》和地心椭圆面积定律·····	(213)
第五节	《谈天》标志着转折·····	(215)
第六节	《谈天》的内容·····	(217)
第七节	近代天文事业的基础·····	(220)
第十章	古代天文学家·····	(222)
刘歆(?—23)·····	(222)	
贾逵(30—101)·····	(224)	
张衡(78—139)·····	(225)	
何承天(370—447)·····	(226)	
祖冲之(429—500)·····	(228)	

张子信	(229)
刘焯(542--608)	(230)
李淳风(602--670)	(231)
瞿昙家族	(232)
一行(683—727)	(234)
苏颂(1020—1101)	(235)
沈括(1031—1095)	(236)
耶律楚材(1190—1244)	(237)
扎马鲁丁	(238)
郭守敬(1231—1316)	(239)
贝琳(?—1490)	(241)
徐光启(1562—1633)	(242)
梅文鼎(1633—1721)	(243)
明安图(约1692—约1765)	(244)
李善兰(1811—1882)	(245)

第一章 引 论

青云衣兮白霓裳，
举长矢兮射天狼，
操余弧兮反沦降，
援北斗兮酌桂浆。

· 屈 原

第一节 中西古代天文学之比较

对于生活在世界文明发祥地的各民族先民来说，尽管他们所处的地理环境、自然风貌各不相同，语言文字各异，思维方法和哲学逻辑也各有千秋，然而他们却面对着相同的宇宙苍穹，那蓝天白云，那日月星辰，是人家的共同财富。他们的生产生活与气象、天象周期性变化有着不可分割的内在联系，因而他们按照各自的逻辑和方法观察天空，描述宇宙。再加上远古时代交通不便，不可能有什么人员和思想的交流，长期以来便形成了各有特色的古代天文学。其中，以中国古代天文学为代表的东方天文学和以古希腊天文学为代表的西方天文学形成了两大流派，犹如世界天文学巨流的两股源流。

只要将它们描述天空的方式和对天象形成原因的逻辑思维作一比较，便可明显地看出两者之不同（见表 1.1）。

表 1.1 中国古代天文学与古希腊天文学的比较

中国	古希腊
1. 地心单层球天地结构模型, 各天体均在同一层天壳上运动	地心多层水晶球模型, 本轮均轮体系, 各天体在不同的天层上运动
2. 皇家垄断、禁止民间私习天文、历法	民间科学家自由研究
3. 历法几乎包括天文学的全部内容, 历法的改革和编算带动了整个天文学的发展	仅限于安排历日、计量日子
4. 既依据太阳也兼顾月亮的阴阳合历, 创立 24 节气以适应农业生产需要	仅以太阳运动为基础的阳历
5. 以代数学方法处理观测数据, 预推日、月、行星位置和交食	以几何模型处理天体运动
6. 全天分 $365 \frac{1}{4}$ 度	360 度
7. 全天分成三垣二十八宿, 283 星官, 1464 星, 星名多为用物、官衔、国家名称, 带浓厚的封建社会色彩	分十二宫, 几十个星座, 1022 星, 星名多为动物、神话故事、神话人物
8. 天文仪器及天体位置采用赤道坐标系, 以去极度和赤经差表示天体位置	采用黄道坐标系, 以黄经和黄纬表示天体位置

中国	古希腊
9. 注意日常天象观测,尤其注意异常天象,以作为星占的天象依据,有系统、完整的古代天象记录	无系统观测,很少留下古代天象记录
10. 星占术与天文学纠缠,而以占卜国家兴亡、朝廷盛衰、兵戎叛逆、帝后祸福、农业丰欠等为其内容,属于政治星占术一类	星占以占卜个人命运、财产、疾病、婚姻等为其内容,是一种民众星占术

除了这些不同之外,还可以发现许多细节的差异,而几乎找不到更多相同的东西。例如中国全天几百个星官名称,几乎找不到一个能与西方相同的;我国古代留下了大量全天星图和个别星象图,而在西方这样的古星图几乎不可一见;中国以中天观测为主,兼及偕日出没观测,西方则以后者为主。这些不同,有力地证明了东西方古典天文学的本地起源。当然,由于宇宙的客观存在,日月行星的运动,交食的出现都有其客观规律,各民族的古代天文学尽管有许许多多不同,但他们用自己的方法都能大体准确地描述这一切,得到大体相同的结论,这正是“异曲同工”的必然原因。

第二节 中国古代天文学思想

天文学思想是对天文学家的思维逻辑和研究方法长期起主导作用的一种意识。在中国古代,它同统治中国思想界的儒家思想,以及与之互相渗透的佛教、道教思想都有着密切的联系,天空区划、星官命名、星占术的理论和方法、编制历法的原理、宇宙结构的探讨等等,无不受其支配,从而形成一套带有鲜明特色的中国古代

天文学。

泛神论无疑是人们最早产生的一种意识,天地山川、风雹雨电,乃至树木花草都有神,而其中以天神最为崇高,主宰一切,它以无声的巨力改变着天空景象。季节交替,草木荣枯,动物回归出没是这样有节奏地变化,原始时代的人们既无知识能够解释自然,更无力量征服自然,这种崇拜意识的产生是可以理解的。但是,正是这种意识成了星占术得以产生和流行的思想基础。而中国奴隶制和封建制的统治者都声称他们是天子,是替天行道的,为了上承天意,下达民情,必须有一套破释天意的秘诀,这就成了中国星占术产生的社会基础。

中国星占术有三大理论支柱,这就是天人感应论、阴阳五行说和分野说。天人感应论认为天象与人事密切相关,所谓“天垂象,见吉凶”,“观乎天文以察时变”(易经)。阴阳五行说把阴阳和五行二类朴素自然观与天象变化和“天命论”联系起来,以为天象的变化乃阴阳作用而生,王朝更替相应于五德循环。分野说是将天区与地域建立联系,发生于某一天区的天象对应于某一地域的事变。这些理论和方法的建立,决定了中国星占术的政治意味和宫廷星占性质。正由于这种星占术在政权活动中的重要作用,天象观察就成了官方必须坚持的日常活动,这造就了中国古代天文学的官办性质,从而有巨大的财力和物力保证,促使我国的天象观察和天文仪器研制得以发展。

在具有原始意味的天神崇拜和唯心主义的星占术流行的时代,甚至在占主导地位的时候,反天命论的一些唯物主义思想也在发展,那些美丽的神话传说,如“开天辟地”、“后羿射日”、“嫦娥奔月”等都反映了人们力图征服自然改造自然的想往和追求。后来,不少思想家提出了反天命、反天人感应的观点,如“天行有常,不为尧存、不为桀亡”(《荀子·天论》)、“天人交相胜,还相用”(《刘禹锡·天论》)、“天地与人,了不相关”(王安石语,引自《司马温公传家

集》)等等,这些健康思想指导人们在探求天体本身的规律,研讨与神无关的客观的宇宙。

历法作为中国古代天文学的基本内容,它反映了中国古代天文学的实用性和实践第一思想。这两点也是中国古代科学共同的特色。中国天文学家通过观察和计算寻找天体运动的规律,并以符合这些规律作为制定历法的指导思想。“历之验,本在于天”(《后汉书·律历志》)，“历法疏密,验在交食”(《元史·历志》)。为了使历法符合天象,遂有不断改历,改历的过程是使历法精密化的过程。中国天文学家运用特有的代数学方法,如调日法、内插法、剩余定理、逐步逼近等方法,解决了编制历法,预告天体位置,日月交食等任务,并以实际天象作出检验,满足了人民对农时季节的需要,也在认识天体运动规律方面做出了贡献。

关于天地关系、宇宙的结构,自古就引起人们的思考,在原始的“天高地厚”认识之后又出现了多种说法,最后以盖天说与浑天说的争论最为持久。在长期争论中,以实际天象作为检验的唯物主义思想原则再次得到了尊重。由于浑天说不借人为的假说就能很完满地解释一些基本天象,因而为多数人和历法家们所接受;而盖天说的天动地静、天在上地在下观点为天命观所利用,成为天尊地卑、君高臣低等儒家伦理观点的依据,长期占据统治地位而被流传下来。尽管与传统的地静观点相反,中国古代也有大量地动观点的记载,但这一观点始终未能得到发展。这反映了各种思想意识对科学探索的影响。

在恒星命名和天空区划方面,各种思想意识的影响就更加明显。古代星名中有一部分是生产生活用具和一些物质名词,如斗、箕、毕(捕鸟的网)、杵、臼、斛、仓、廩(粮仓)、津(渡口)、龟、鳖、鱼、狗、人、子、孙等等,这可能是早期的产物。大量的古星名是人间社会里各种官阶、人物、国家的名称,可能是随着奴隶制和封建制的建立和完善,以及诸侯割据的局面而逐渐形成的。天空区划的三垣

二十八宿,其二十八宿的名称与三垣名称显然是二种体系,它们所占天区的位置也不同。这都反映了不同的思想意识的影响。

应该提及的是中国古代天文学家探求原理的思想。西方耶稣会传教士入华以后,为了站稳脚跟以达到传教的目的,一方面介绍一些西方科学知识,一方面否定中国的传统科学。有一种说法认为中国古代天文学只求知其然,不求知其所以然,而一些有崇西非中思想的人也附和这种看法。其实这是一种偏见,中国古代科学很早就努力探索天体运动的原理。孟子曰:“天之高也,星辰之远也,苟求其故,千岁之日至可坐而致也。”苟求其故就是探求所以然的思想,这一思想不断被后来的学者所接受,如沈括对不是每次朔都发生食的解释,郭守敬对日月运动追求三次差四次差的改正,明清学者对中西会通的研究,都体现了苟求其故的思想。

在近代科学诞生之前,对于东西方古代天文学家来说,都没有近代科学和万有引力定律的理论武装,要探求天体运动的原理都不会成功的。古希腊学者用几何系统推演法,设想出天体绕转的具体形状,以预告它们的位置,而设想的那些水晶球天层或后来的本轮均轮,对于宗动天的动力从何而来,也是无法交待的,只能归之于上帝。中国古代天文学家通过观测,取得大量数据,通过这些数据设计出一套代数学的计算方法,目的也是预告天体的位置,其运动原因乃归之于气的作用,“其行其止,皆须气焉”(《晋书·天文志》)。拿物质性的气同宗动天来比较,中国古代天文学家的看法还包含着唯物主义的成分。他们均按各自的方法解释天体的运动,结果只能是某种程度上的近似,甚至是一些思辩的形式,这是古代科学性质决定了的。怎么能说用几何模型形象地描述了天体的运动轨迹就是知其所以然,而以数学算法求得相似的结果就不是知其所以然呢?星图和星表都能描述天体的位置,几何作图法和解析法都能求出一条线段的垂直平分线,方法不同,结果一致,我们怎能扬此抑彼呢?事实上,中国古代历法中许多表格及计算方法都可

以找到几何学上的解释。日本蕞内清教授和刘金沂曾分别以几何学方法和代数学方法对中国历法中求合朔时日月到交点距离的计算方法做过解释,结果是相通的。

此外,中国古代天文学家对许多天象都有深刻的思考并力图给予解释。屈原在《天问》中提出了天地如何起源,月亮为何圆缺,昼夜怎样形成等大量问题;盖天说和浑天说都努力设法解释昼夜、四季、天体周日和周年视运动的成因,对日月不均匀运动也曾以感召向背的理由给予解释;后代学者对气的讨论,右旋左旋的争论,地游和地转的设法,天地起源和衰亡的思辩等等,都反映了探求原理的思想。尽管他们是不成功的或缺乏科学根据的,但不能因为不成功而否定他们的努力。探索原理的思想几千年来一直在指导中国古代科学家的工作。如同西方科学家一样,只有当近代天体力学理论出现之后,对于天体运动之原理才算最终找到了“所以然”——万有引力的作用。

第三节 古代天文学的主要成就及其衰落

中国古代天文学经历了诞生、发展、高潮、衰落的全过程。它同数学、医学、农学一道成为我国古代科技史中最有成就的四门学科之一,不仅为我国古代科技的发展,而且为世界文明的发达起了重要的作用。几千年来,古代天文学达到的成就主要可概括为四个方面,这就是历法、天文仪器、天象记录和宇宙理论。

中国古历法,几乎包括天文学的全部内容,带动了古代天文学的全面发展。从一开始,它就担负起“历象日月星辰、敬授民时”的重要任务。早在游牧时代,狩猎和采撷都需要掌握动植物活动和成熟的规律。后来农业发展起来,对于以农立国的我国来说,掌握天时节就是至关重要的,人们从观察天象、物候开始,渐渐建立起

年月日的概念,为制定历法奠定了基础。历法从物候历走向阴阳合历,又经过不断改革,达到了相当精确的程度,满足了农耕和日常生活的需要。在发展过程中,又把推算交食、行星位置、昼夜漏刻、昏旦中星等内容包括进来,可以说创立了中国式的天文年历。

我国古历法在漫长的岁月中保持了纪日制度的延续性,使我国历史从公元前 841 年至今有确切的时日可考。此前虽无确切的时日记录,但通过其他天文、历史、考古等方法仍可大体确定某些重大历史事件的年代。在世界上有如此延续不断的时日记录是绝无仅有的,中国古历法对历史年代学的贡献由此可见。

阴阳合历是我国古历的特色,它既考虑了太阳视运动同气候变化的内在联系,又考虑了月亮视运动、月相变化同人们的夜间生产活动、潮汐规律的关系,创立了大小月和闰月的方法,使两种周期巧妙地结合起来。为了表达季节气候的变化,又创立 24 节气,指导农业生产活动,这在世界上也是独有的。

历经多次改革的中国古历,先后编撰出百余种,在编历过程中逐步建立起一套工作程序,这就是从研制仪器开始,坚持观测取得数据,按各种数学方法处理后建立一套计算公式,又推算出过去某年之日食,以兹跟事实比较,再作出修改。这无疑是一整套科学的工作方法,是我国科学思想宝库中的一件珍品。

最后应该提到,中国古历善于运用天文学、数学研究的最新成果,尽量采用最新的天文数据和数学方法,使历法的编算逐渐精确。我国古历采用的回归年、朔望月、交点月、行星会合周期等等天文数据都相当精确,在世界上处于领先地位。当岁差、日月运动不均匀等现象发现后也立即在编历中加以应用,数学上的剩余定理、内插法等方法都首先应用于编历计算中。

上述这些特色和成就,使中国古历在世界上影响深远,我国周围的邻国和地区受中国古历影响很大,有的国家甚至长期使用中国历法,在其天文学的发展中深深地印有中国背景。

天文仪器的研制是天文学发展的基础,历代天文学家都很重视。我国古代天文仪器种类多、制作精、构思巧、用途广、装饰美、规模大,在世界天文仪器发展史上有重要地位,现分述如下:

种类多:我国古代天文仪器有测角类的,如圭表、圆仪、浑仪、简仪、仰仪等;有测时类的,如圭表、晷仪、日晷等;有守时类的,如漏壶、更香、称漏等;有演示性的,如浑象、假天等。此外还有综合型的,集测时、守时、报时、演示于一体,如开元水运浑天、水运仪象台等,显示了多样性。

制作精:历代制作天文仪器多为皇室所差,创制者多为国内名家,由皇室征召来京制作。工艺精湛,选料考究,无论是木制、铁制、铜制,都采用国内最新的技艺,刻度、分划、尺寸大小无不通过计算事先确定。漏壶中所用的水,其温度、洁度等都有特别要求,甚至代之以水银,这种一丝不苟的态度造就了精美的仪器。

构思巧:这更是中国古代天文仪器的一大特色。多表并用,窥管中央置横丝,黄道在赤道上可移动的黄道游仪,应用小孔成像原理制作的仰仪、景符,仪器座基上的水平槽等,无不显示其巧夺天工。至于漏刻系统中采用的漫流装置、虹吸装置,刻箭随季节的变化,水运浑天系统中采用的擒纵器,可掀开的屋顶等等,更显示其巧妙的创造性。

用途广:单从种类齐全就可以看出此点,更有甚者,一种仪器可有多种用途。简单的一根表可测时间,亦可定方向,再加一根游表又可测角度;正方案就是一块画有若干同心圆的方板,平置可当圭表使用,侧立又可测角度;仰仪既可测太阳坐标,又可供观测日食用,可观亏起方位和食分大小;安装有几种坐标系统的浑仪,可测天体的赤道坐标,亦可测黄道坐标(一种以赤极为极的假黄道坐标),甚至还可以测地平坐标,通过计算求其白道位置等。至于综合性的仪象台,更是集多种用途于一身。由于构思的精巧,致使用途

多样而广泛。

装饰美:这一点使我国的古代天文仪器成为东方文明的象征之一。著名的浑仪和浑象,不仅是举世闻名的科学仪器,亦是精美的工艺制品,仪器座基和支承架上装配的云龙图饰,栩栩如生,精美绝伦,即使到现在,仍使国内外参观者叹为观止。以现代工艺仿古代浑象制作的珠玉浑天象在国际展览中引起轰动;我国传统科学技术展览会上展示的浑仪和浑象模型使多少人以跟它们合照一张相为荣。这些装饰成为研究我国古代铸造技艺和东方传统工艺美术的好材料。

规模大:由于有皇室的主持,大规模仪器的制造有了物力和财力的保证,单宋代制作的四件大型浑仪,每台都重约1万公斤,加工过程中使用的铜更不计在内。元初建造大都天文台,铸造了十几件一套的大型天文仪器,成为当时世界上规模最大、仪器最齐全最先进的天文台,可见其制作规模。

天象记录,是中国古代天文学留给我们的一份珍贵遗产。它内容丰富,系统性强,延续时间长,观察和记录详细,这无疑像延长了我们的寿命,使我们看到了古代的天空,为我们追踪天体的变化提供了无可替代的历史信息,对这份古天象记录的整理、发掘和研究,为天文学史的研究开拓了新的领域。

由于编制历法和宫廷星占的需要,正常天象和异常天象都成为古代天象记录的内容,特别是后者的出现更引起关注,观测记录尤为详细,正是这类异常天象为现代天文学提供了历史上天体变化的信息。而正常天象遂成为检验现代天文理论的历史观测资料。本世纪以来,它们逐渐为世界天文学界认识和重视,利用这批古记录已取得了不少研究结果。

综观目前收集整理资料,计有日食约1000次,最早为公元前8世纪;月食900多次,时间相当;太阳黑子约100次,最早为公

元前 1 世纪；彗星 500 多次，最早为公元前 613 年，其中对哈雷彗星从公元前 240 年到 1910 年共 31 次回归，每次都有记录；流星雨约 180 次，最早为公元前 687 年，至于流星和陨石，更是不绝于书；新星和超新星约 90 次，最早为公元前 134 年；五星联珠 10 多次；太白昼见约 1000 次。此外，还有极光、黄道光、变光星、变色星及怪星等记事。

这些天象记录以其丰富和系统延续时间长已在科学上显示出重要的价值，同时也反映了我国古代天文学家勤于观察、精于记录的工作作风。观测唯勤，探微唯精；前人记实，后人求真。相信在今后深刻探索宇宙的过程中，我国古代丰富的天象记录定会发挥更大的作用。

宇宙理论，这是古代天文学家、哲学家、思想家对宇宙问题的种种思考，这里虽然有不少思辩的成分，还有唯心主义的思想影响，但是也包含着辩证的唯物主义因素，有些认识确是不无见地的。在天和地的形状和相互关系、宇宙结构问题上，为了解释天体的周日和周年视运动而提出的种种假说，尤其是浑天说和宣夜说的某些观点是有积极意义的；关于气的作用引起天体运动而不需要上帝的帮助的观点，不能不认为是唯物主义的思想因素；关于宇宙在空间和时间上无限的观点至今仍为许多人接受。在宇宙本源和天体演化方面，有唯物主义的五行相生说和神话传说中开天辟地的故事，天地乃是从“混沌”中开辟出来，并非从虚无中由上帝创造出来，并且后来“天日高一丈，地日厚一丈”，也不是上帝在起作用；关于天地的生成和消亡，提出了天地是物，物有消亡，天地亦可消亡的思辩，认为亡于此还可以生成于彼，并不归于虚无；在天体的演化过程中，还提出由于气的阴阳两种属性，引起轻清者和重浊者有不同的运动和温度，运动过程中还可能产生碰撞、摩擦等情况，致使形成不同属性的天体。这些思想和认识在当时的世界上都

是很出色的，至今仍在我国古代思想宝库中有其地位。

我国古代天文学确实达到了当时世界上很高的水平，为天文学的发展做出了重要的贡献。但到明代以后逐渐衰落下来，其表现有下列四个方面：第一，作为中国古代天文学主要内容的历法工作陷了停顿，明代行用大统历，实际上就是元郭守敬所撰之《授时历》，200多年间，虽有多次预告与天象不符，但也始终没有一次改革。第二，民间学者的天文学研究受到极大压制而沉寂，明初严禁民间私习天文、历法，“习历者造成，造历者殊死”，至孝宗弘治年间曾征召民间能通历学者进京备选时，竟无一人前来应征，可见民间天文学活动受到多人的摧残。第三，明代天文仪器的研制基本上是仿制宋元旧器，没有一件新创仪器，且铸造规模也小得多。第四，明王朝强化封建专制统治，加强对思想意识领域的控制，以科举取士、程朱理学统治了思想界，使科学研究和对宇宙理论的思考受到极大的阻挠，几乎没有一个新的见解问世。

上述情况的出现，除有深刻的社会政治原因外，中国古典天文学本身的弱点也不应忽视。几千年来，由于受奴隶制和封建制统治者的利用，官办的中国古典天文学基本上只有二大任务，其一是编历授时，适应农耕和生活之必需，其二是为宫廷星占提供天象依据。完成这二项任务是不难的，节气的误差在一天之内不会延误农时，时间的误差在10分钟之内也不会影响正常活动，至于星占的天象依据，只要坚持观测，及时如实上报就可以了。因此，如果没有历代天文学家致力探索宇宙奥秘的精神和精益求精的作风，天文学的发展实在没有更大的动力。当经历宋元时代的高度发展之后，到明代又受到统治者的各种禁令的阻挠及唯心主义理学的桎梏，古典天文学没有新的任务，丧失了进取的动力，它的停顿和衰退就是必然的了。明万历时期，中国封建社会内部开始孕育资本主义的萌芽，要求打破旧的生产关系，发展生产力，希望发展科学技术，此

时也正是欧洲宗教改革、文艺复兴的时代。新兴的资产阶级登上历史舞台,代表欧洲封建势力的大批耶稣会传教士东来,给思想桎梏下的中国天文界也带来了欧洲古典天文学知识,这也成了一个刺激因素,在这种新的形势下,中国古典天文学的衰落正是标志着向新的阶段发展的转折。

第二章 天文学史的主要文献史料

书中乾坤大，
笔下天地宽。
著书凉日短，
舞剑伴星稀。
—— 无名氏

第一节 甲骨 金文 《诗经》

甲骨文是迄今为止发现的最早文字，刻在龟甲或兽骨上，用于占卜。自从 1899 年在河南安阳小屯村出土以来，很快发展成一门甲骨学。几十年来，通过对甲骨文的解读和研究，了解到殷商时代的许多政治、历史、生产、科学问题，对研究殷商社会提供了宝贵的资料。目前出土的甲骨有 10 万多片，流落到世界上许多地方，出现的字有 4500 多个，能读出的 1700 多字，其中反映当时天文知识的卜辞不少，包含了丰富的内容。如当时已用干支纪日，发现了刻在牛胛骨上的六十干支表，这一纪日制度一直延续到现在没有间断。甲骨文反映殷商时代的历法已较为完善，有大小月、闰月的设置，分至日的测定等。甲骨文中还有大量天象记事，日月食共八九次，恒星中有火、鸟、鹁、新大星等名字，行星中有木星，称大岁，此外还有人提出有彗星和日珥的记事。近来还有研究者提出甲骨文中还有立表测影和利用表来测时的记录，卜辞中分一天为八个时间段，其中的明、中日、昃、暮等字都同观太阳有关。总之，甲骨文是研究早期天文学史的重要史料。

金文,是铸或刻在殷周青铜器上的古老文字,故又称钟鼎文。早期殷代的金文同甲骨文相似,晚期春秋战国时金文则与小篆相近。周代金文比较完整,字数也较多,史料价值很高,其中包含大量有关年月日和月相的记载,对研究周代历法帮助很大。但关于月相的大量铭文引起了几千年的讨论,未得结论,这主要是对初吉、生霸、死霸、既望等名词的解释不同。一种看法认为它们代表一个月中的某一天或二三天(定点说),另一种看法认为是代表一个月中的四部分(四分月相说)。但从出土的青铜器上看,二种说法都不能作出完满的解释。于是有人提出另一种说法,认为生霸代表上半月,死霸是下半月,而初吉是代表第一个吉日,既望代表满月前后的几天。这些看法迄今为止,尚没有定论,主要是资料不全面,所以还应继续等待条件的成熟。

《诗经》,这是我国最早的一部诗歌总集,作于公元前 11—前 6 世纪,反映了西周和春秋时期大量的社会现象和民间史料,其中也包含当时的天文知识,是一批较早的天文史料来源。

诗 305 篇中反映的天文知识可分成七大类。如日月食记录,这里首次出现“朔”字,并留下了时间确切的最早日月食记录;恒星和行星知识,出现了许多星名,有火、箕、定(室、壁)、昴、毕、参、北斗、牵牛、织女,还有云汉(银河),行星方面有启明、长庚、明星等名称;气象与天象之关系,如“月离于毕,淅滂沱矣”;天文台和天文仪器制造,讲到利用立表测景来定方向,盖宫室,营造灵台;历法和时间问题,在诗经中有大量反映,其中七月诗可算是一篇物候历,诗中有关四季、月霸、旬、朝夕、昼夜、辰的记事都很有价值;宇宙理论,反映了原始的天高地厚思想,这一思想在后代颇有影响;此外,反天命论的斗争精神在诗中也有不少反映,对天文学思想史的研究

究提供了资料。

第二节 《周易》 《尚书》 《周礼》

《周易》，又称《易经》或《易》，是我国最早的典籍之一，萌芽于殷周之际，逐渐发展成书。它通过阴爻(一一)和阳爻(一)组成八卦，象征八种自然现象：乾天、坤地、震雷、巽风、坎水、离火、艮山、兑泽，又通过八卦的排列组成 64 卦，共 384 爻，本用于占卜。书中含有不少朴素辩证的命题，如认为阴阳的相互作用形成万物，“刚柔相推，变在其中矣”等。当然也含有大量神秘主义的色彩，对后世影响极大。

《易经》对我国天文学思想和历法思想很有影响，占星术中的天人感应论和历法中的数字神秘主义都可以在《易经》中找到，所谓“天垂象，见吉凶”(系辞上)，“观乎天文，以察时变”(贲卦)的思想为后世信奉不移。还有“大衍之数五十，其用四十有九”，天数 25，地数 30，乾策 216，坤策 144 等等(系辞上)，在《三统历》中成为许多数据的神秘来源。在宇宙起源的思辨中，“易有太极，是生两仪，两仪生四象，四象生八卦”(系辞上)的思想颇有影响。张衡关于宇宙的理解“过此而往者，未之或知也。……宇宙之谓也”，其前两句系出自《系辞下》。《灵宪》中关于微星之数万一千五百二十，也是出自《系辞上》的万物之数。近来，一些研究者发现，卜卦中可能有关于太阳黑子的描述，所谓“日中见斗”，“日中见沫”就是古代描述太阳黑子的几种形式。还有人指出，《易经》中可能还包含一种自然历，乾卦中的“潜龙勿用”，“见龙在田，终日乾乾，或跃在渊，飞龙在天，亢龙有悔，乾元用九，群龙无首”等词的解释包含有农事季节的变化。总之，《周易》中的天文学含义是很值得研究的。

《尚书》，也称《书经》，历来有今文与古文之争，又有真伪之说，

因为有后人的东西渗入，致使书中的一些内容不太确信。但近来从出土文物中获知一些历史情况与书中所记殷周之事相合，表明它毕竟保存有古代的资料，故仍有相当的价值。

《尚书》中的天文学史料往往反映了很古老时代的情况，《尧典》中命羲仲、羲叔、和仲、和叔分头观察四方星空，掌握农时季节，敬授民时，后代“羲和”一词成为天文官的名称。那时利用黄昏时中天恒星的观察决定季节，所谓“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”，按鸟、火、虚、昴四星南中天正值二分、二至的时代约在 4000 多年前。在《尧典》中还有一句名言“在璇玑玉衡，以齐七政”，这是指观测天体的仪器还是指利用北斗七星的指向定季节，历代争论不休，璇玑玉衡是浑仪的前身还是北斗七星名字的来源至今没有结论，这是《尚书》带给天文学史研究的一个有趣的问题。

《尚书》带来的另一个问题是仲康日食之谜。在《夏书·胤征》篇中记录了“乃季秋月朔，辰弗集于房，瞽奏鼓，啬夫驰，庶人走”的现象，而羲和沉湎于酒，不知此天象。这是否指一次日全食的发生而天文官失职罔闻引起慌乱的现象？历代许多天文学家对此做了考证，唐代一行，明代李天经，以及国外的一些现代天文学家都做过计算，结论各不一样，从公元前 2155 年至前 2007 年均有。在《周书·顾命》篇中还有一项记录，讲周室宫廷的摆设，“赤刀、大训、弘璧、琬琰在西序，大玉、夷玉、天球、河图在东序”，这天球是什么东西？如果那时就有了我们现在所理解的天球仪，那浑天说的起源当上溯到周初。此外，《尚书》的《商书》、《周书》中有不少年、月、日和月相的记录，这对研究那时的历法问题也是一些参考资料。

《周礼》，讲述周代政府官员的组织体系，共分天、地、春、夏、秋、冬六官。但冬官失传，战国时补入考工记，是讲宫廷里各种工匠的组织制度和职能。这里有不少关于天文、计时仪器的制作、使用

方法等资料,对研究早期天文学史很有价值。

《地官·大司徒》记录了用圭表测景的资料,南方影短,北方影长,夏至影一尺五寸之地为地中。春官·鸡人掌管通报时间;典瑞掌管玉器之藏,其中有用来测影之土圭;眡祲负责观察太阳、云气贯日、日食、黑子、日晕等现象;大史则负责颁历,告闰、朔之时于邦国官府;冯相氏计算历谱;保章氏以观察恒星用于占卜吉凶。夏官·挈壶氏则是专门管理计量时间的官员,守住漏壶,保证计时的连续性;土方氏是用土圭进行大地测量的人。秋官·司寤氏通过观察恒星确定夜里的时间。考工记·玉人是制造玉器的,各种规格的圭有各种不同用途,“土圭尺有五寸,以改日、以土地”,“璧圭五寸,以祀日月星辰”。匠人建国篇记录了如何定方向,“水地以悬、置槓以悬、眡以景,为规,识日出之景与日入之景,昼参诸日中之景,夜考之极星,以正朝夕”。这是最早的用表测方向的记载。

第三节 《夏小正》《月令》《十二纪》 《时则训》《时训解》

这几篇文献都是有关天象物候的,时代有早晚,语句有相同或相似的地方,它们之间或许有引录和承传的关系。《夏小正》相传为夏代历法,载于《大戴礼记》中。《月令》载于《小戴礼记》,即礼记,为儒家经典之一。《十二纪》也称《十二月记》,载于《吕氏春秋》,为秦吕不韦的门人所作。《时则训》是《淮南子》中的一篇,为西汉淮南王刘安的门人所作。《时则解》则是《逸周书》中的一篇。此外,《诗经·邶·七月》篇中也有相似的内容。现将这些篇中有关的天象物候列于表 2.1。



表 2.1 古文献中关于天象物候的比较

	诗·七月	夏小正	月令	十二纪	时则训 时训解
正月	三之日 于耜	启蜃鞠则见 初昏参中斗 柄悬在下	孟春之月日在 营室昏参中旦尾 中是月也以立春		招摇指寅
二月	四之日举 趾同我妇 子饁彼南 亩田峻至 喜		仲春日在奎昏弧 中旦建星中始雨 水是月也日夜分 雷乃发声始电蜚 虫咸动启户始出		招摇指卯
三月	春日载阳 有鸣仓庚	参则状	季春日在胃昏七 星中旦牵牛中		招摇指辰
四月	四月秀麦	昴则见初昏 南门正	孟夏日在毕昏翼 中旦婺女中是月 也以立夏		招摇指巳
五月	五月鸣蜩 斯螽动股	参则见时 有养日初昏 大火中	仲夏日在东井昏 亢中旦危中小 暑至是月也日长 至		招摇指午
六月	六月沙鸡 振羽	初昏斗柄正 在上	季夏日在柳昏火 中旦奎中大雨时 行温风始至		招摇指未 昏心中旦 奎中
七月	七月流火 七月在野 七月食瓜	初昏织女正 东乡斗柄悬 在下则旦	孟秋日在翼昏建 星中旦凉风至白 露降寒蝉鸣是月 也以立秋		招摇指申 昏斗中旦 毕中

八月	八月在宇 八月剥枣	辰则伏 参中则旦	仲秋日在角昏牵 牛中且嘴觶中盲 风至是月也日夜分		招摇指西
九月	九月授衣 九月肃霜 九月在户	内火荣鞠 辰系于日		季秋之月日 在房昏虚中 旦柳中是月 也霜始降	招摇指戌
十月	十月蟋蟀 入我床下 十月漙场 获稻	初昏南门见 时有养夜织 女正北乡则 旦		孟冬日在尾 昏危中旦 七星中以 立冬	招摇指亥
十一月	一之日觶 发			仲冬日在斗昏 东壁中且軫中 是月也日短至	招摇指子 昏璧中且 軫中
十二月	二之日栗 烈无衣无 褐何以卒 岁			季冬日在婺 女昏娄中旦 氏中雁北乡 是月也日穹 于次月穹于 纪星回于 天……岁将更 始	招摇指丑 星周于天

《礼记·月令》与《吕氏春秋·十二纪》完全相同,《逸周书·时训解》与《淮南子·时则训》也完全相同,有关天象说法不同而实质一致。月令中所用二十八宿名称同后来通用者稍有差别,如用弧、建星、火等,后者则部分改用斗、心的名称。《夏小正》与《诗·七月》为另一系统,与上述四书颇有差别,但七月诗中的天象不多,

《夏小正》中的天象用斗柄、参、昴、织女、南门、大火、辰、鞠来描述，与二十八宿系统差别更大，又用晨见昏伏星、昏旦时斗柄指向和南中天星指示月份，其间多有矛盾之词。比如“一月初昏斗柄在下，六月初昏斗柄在上”，时隔五个月，天象正差 180 度，太阳一月移 36 度；“一月初昏参中，五月初昏大火中，”参宿和大火相差 165 度，时间只隔四个月，太阳一月移 41 度；“一月初昏参中，八月参中则旦”，从日落后参中到日出前参中太阳移动约 200 度，用了七个月，每月才移动 28.5 度。三者矛盾至此，其中当有文字错乱之处。因此，在利用这一批史料研究问题时必须谨慎。

第四节 先秦诸子

春秋战国时期，思想活跃，百家争鸣，涌现出许多政治家和思想家，统称为诸子百家。他们当中可算没有什么科学家，但他们博览群书，广交游，勤思考，大量接触社会和自然，他们的言论和著作中不时也出现一些有关天文学的论述，虽属比较零散，但却保留了一些较为古老的资料。

关于宇宙的含义，“上下四方曰宇，往古来今曰宙，”包含空间和时间两项，语见《尸子》卷下。在《墨经》中又有“宇，弥异所也，久（宙），弥异时也”的论述，也包括有空间和时间的意思。汉代张衡则进一步提出“宇之表无极、宙之端无穷”，扩展成宇宙无限的思想，这种无限时空的概念成为现代科学中宇宙一词的东方渊源。

在先秦诸子的许多论述中涉及到宇宙的起源和演变，《庄子》中关于宇宙有其“开始”，在“开始”之前还有“开始”，宇宙中有“无”，在“无”之前还有“无”的思辩。在汉代《淮南子》一书中有进一步的解释，其中的《俶真训》、《精神训》、《天文训》、《原道训》、《冥览训》等篇都值得参阅。《庄子》中关于“道”的概念，在《荀子·天论》、《韩非子·解志》等篇中又有其继承和发挥，关于“道”的唯心主义

属性和唯物主义属性长时期引起了哲学思想界的争论。《列子·天瑞》中记录了关于天地是否会坏的一段讨论，既否定了天地不会坏，也否定了天地会坏，这种讨论在后代也引起了不少人的思考。

屈原是一位伟大的思想家和诗人，他的不朽著作《离骚》、《天问》等篇也包含不少天文学的内容。关于远古的开头，谁传授下来的？那时浑沌未分，根据什么去考证？天轴插在哪里，八根擎天柱座落何方？日月星辰怎样附在天上？天亮之前太阳在哪里躲藏？……一系列问题发人深思。屈原告诉我们，那时人们已在考虑天地结构的问题，并对天圆地方式的或凉亭式的盖天学说提出了怀疑。

天命论是原始崇拜的产物，奴隶主及封建统治者加以利用，成为一种思想统治工具，有不少思想家提出了反天命的思想与之斗争，这在先秦诸子的著作中有丰富内容。在孔子、孟子及其门人的作品中大量传达了“天命不可违”的观点，如“死生有命，富贵在天”，“畏天命”，“获罪于天，无所祷也”（《论语》），“顺天者存，逆天者亡”（《孟子》）等；而在《荀子》中则有大量相反的观点，“天行有常，不为尧存，不为桀亡”，“明于天人之分”，“制天命而用之”等，这给后世思想领域的斗争开了先例。

“天高地卑，天动地静”的思想也有其对立面，尤其是地动的观点在先秦诸子的思辩中已经诞生。《庄子·天运篇》“天其运乎？地其处乎？”就是对地静观点提出的怀疑；《尸子》又曾提出：“天左舒而起牵牛，地右辟而起毕昴”，这意味着一种相对运动的思想；《列子》中有“运转靡已，大地密移”之句，也含有地动的观点。至于大地是转动还是平动，也有不少论述。

当然，这些内容大多属于思辩的范畴，没有科学的证明和实验手段，它是早期宇宙理论发展时期的一种形式，有各种思想意识的影响，后代的历法家们对此多不太关注，而天文星占家们甚至政治家们对此都十分热心，这一部分是研究科学思想史和古代宇宙理论的重要资料。此外，也还有些其他资料，如《鹖冠子》中曾记载

按斗柄指向定季节的古老情况,《晏子》中有关于彗星出现和荧惑(火星)守虚的天象记录,也都有一定的史料价值。

第五节 二十四史中天文律历诸志

自从司马迁著《史记》以来,形成了历代为前代撰写史书的传统。从《史记》至《明史》共 24 部,总称二十四史,如加上《新元史》则称二十五史。清亡后曾撰写了《清史稿》一部,是未定之稿。在二十四史中不但记载历代史实,还有关于天文、律历的大量内容,是研究中国天文学史的主要资料来源。

二十四史中有十七史专门著有天文、律历、五行、天象诸志(其中有十史的五行志与天文学无关^①),它们是:

《史记》:天官书、历书、律书;

《汉书》:天文志、律历志、五行志;

《后汉书》:天文志、律历志、五行志;

《晋书》:天文志、律历志;

《宋书》:天文志、历志、律志、五行志;

《南齐书》:天文志;

《魏书》:天象志、律历志;

《隋书》:天文志、律历志;

《旧唐书》:天文志、历志;

《新唐书》:天文志、历志;

《旧五代史》:天文志、历志;

《新五代史》:司天考;

《宋史》:天文志、律历志;

^① 这十史是:《晋书》,《南齐书》,《隋书》,《旧唐书》,《新唐书》,《旧五代史》,宋、金、元、明史。

《辽史》：历象志；

《金史》：天文志、历志；

《元史》：天文志、历志；

《明史》：天文志、历志。

此外在《清史稿》中有时宪志，专讲时宪历法，可供参阅。

《史记·天官书》总结了西汉以前的天空知识，详细叙述全天星官星名，全天五官及各官恒星分布，共列出 90 多组星名，500 多星，但其名称往往与后世有异，为研究星名沿革提供了信息。《天官书》还指出北斗与各星宿相对应的关系，根据北斗的观测可判定各星宿的位置。关于恒星大小和颜色的描述表示了恒星亮度与温度，这是我国古代有关恒星物理性质的难得资料。同时在《天官书》中还叙述了众多的天象、彗孛流陨、云气怪星等等，描述了它们的形状和区别，并记下了“星坠至地则石也”的认识；此外五大行星的运动规律，日月食的周期性，二十八宿与十二州分野都在这里首次记载。

《汉书·天文志》，马续撰。关于全天恒星统计有 118 官，783 星，但其文字同于《史记·天官书》。其他关于五星运行，日有中道，月有九行，异常天象等均有同天官书相似者。但该志中详细记录了各种天象出现的时间，尤其是行星在恒星间的运行、太白昼见、彗孛出现的时间和方位。《后汉书·天文志》，司马彪撰，也继续记载这一系列天象。两书的五行志则着重记述日食、月食、日晕、日珥、彗孛流陨之事，特别对日食的食分和时刻有详细记载，对太阳黑子出现的时间、形状做出了很有价值的描述，是早期天象记录的重要来源。

《晋书·天文志》，唐李淳风撰，是天官书以来最重要的一篇天文学著作，虽比《宋书》、《南齐书》、《魏书》的天文、五行志晚出，但

它的内容丰富,基本上是晋以前天文学史的一个总结。其中有关于天地结构的探讨,浑天盖天宣夜之说及其他三家论天学说,各说之间的争论和责难;有各代所制浑象的结构、尺寸、沿革情况;有全天恒星的重新描述,计 283 官,1464 星,为陈卓总结甘石巫三家星以后直至明末之前我国恒星名数的定型之数;有银河所经过的星宿界限;十二次与州郡与二十八宿之间的对应关系;还有各种天象的观测,首次指出“彗体无光,傅日而为光,故夕见则东指,晨见则西指”,正确认为彗星是因太阳而发光,彗尾总背向太阳的道理;最后还记录了大量天象,使历代天象记录延续不断。

《隋书·天文志》,亦李淳风所撰。关于天地结构,全天星宿的内容与晋志颇有相同之处,盖因出于一人一时之笔。但隋志详论浑仪之结构和踪迹,首次描述了前赵孔挺和北魏斛兰等人所铸浑仪,留下了早期浑仪结构的资料,难能可贵。《隋书》又论述了盖图、地中、晷景、漏刻等内容,记录了一日十时,夜分五更的制度。第一次列举交州、金陵、洛阳等地测影结果,指出“寸差千里”的说法与事实不符。书中还引述姜岌的发现,“日初出时,地有游气,故色赤而大,中天无游气,故色白而小”,这与蒙气差的道理相合。又引述张子信居海岛观测多年,发现太阳运动有快有慢,行星运动也不均匀,提出感召向背的原因来给予解释。这都是我国天文学史上的重要发现。

新旧唐书出于不同作者,详略各有不同,可互为参阅。两书天文志详论了北魏铁浑仪传至唐初已锈蚀不能使用,李淳风铸浑天黄道仪,确立了浑仪的三层规环结构,又考虑白道经常变化的现象,使白道可在黄道环上移动,后来一行、梁令瓚又铸黄道游仪,使黄道在赤道环上游动象征岁差。新旧唐书天文志记载了两仪的结构和下落,并列出一行测量二十八宿去极度的结果,发现古今所测有系统性的变化。两书天文志还记载了一行、南宫说等进行大地测

量的情况和结果,发现“寸差千里”之谬,并发现南北两地的影长之差跟地点和季节均有关系,改以北极出地度来表示影差较为合适。两书天文志还以较大篇幅记载唐代各种天象,互有补充。特别应提出《旧唐书·天文志》记录了唐代天文机构的隶属关系和人员配置,相应的规章制度,尤其是规定司天官员不得与民间来往,使天文学逐渐成为皇室笼断的学问。这一资料对研究中国天文学史非常重要。新旧唐书天文志是晋志以后的重要著作。

新旧五代史也出自两人,仅记日月食、彗流陨之天象,然旧史天文志较详尽。

《宋史·天文志》卷秩浩繁,除详细叙述全天恒星、记录宋代各种天象外,卷一介绍了北宋制造浑仪及水运浑象、仪象台的简况,有熙宁七年沈括所著浑仪议、浮漏议、景表议三篇论文的全文,是天文学史的重要资料。宋、辽、金三史以金史文笔最为简洁,但金史将天文仪器的内容放在历志里,似无道理,它叙述了宋灭后北宋仪器悉归于金,并运至北京,屡遭损坏的情况,对仪器的沧桑变迁提供了有价值的史料。

《唐书·天文志》以后较为重要的当推《元史·天文志》,这里详细记述了郭守敬创制的多种仪器,元代四海测景的情况和结果,还有阿拉伯仪器的传入,集中描述了七件西域仪象,是明以前对传入天文仪器最集中系统的资料。

《明史·天文志》则是中西天文学合流之后记述这一情势的重要资料,许多内容当采自崇祯历书。这里有第谷体系,日月行星与地球的距离数据,伽里略望远镜的最初发现,南天诸星北半球之中国不可见者,西方的一些天文仪器、黄道坐标系,等等。当然,各天

文志中均有传统的天象记录,保证了中国占天象记录的完整性。

二十四史律历志中的律主要内容是音律,与天文学关系似不密切,故目前天文史界对此很少研究。

历是中国天文学史的主要内容,各史历志是有关中国历法史的资料源泉。从史记历书以来,各史中均详细记载了一些历法的基本数据和推算方法,还有相应的历法沿革、理论问题等,现将各史所载历法列于表 2.2。

表 2.2 二十四史所载历法

史记·历书	历术甲子篇
汉书·律历志	三统
后汉书·律历志	后汉四分
晋书·律历志	乾象、景初
宋书·历志	景初、元嘉、大明
魏书·律历志	正光、兴和
隋书·律历志	开皇、大业、皇极
旧唐书·历志	戊寅、麟德、大衍
新唐书·历志	戊寅、麟德、大衍、五纪、宣明、崇元
旧五代史·历志	钦天
新五代史·历志	钦天
宋史·律历志	应天、乾元、仪天、崇天、明天、观天、统元、统天、乾道、淳熙、会元、统天、开禧、成天
辽史·历象志	大明
金史·历志	重修大明历
元史·历志	授时、西征庚午元历
明史·历志	大统、回回历

除此之外,不少历志中还有一些其他历法的基本数据和有关内容,可以了解这些历法的大体情况。在历法推算之外还有一些有关历法沿革和改历背景方面的资料,《后汉书》中有太初历与四分历兴废时期的情况,如贾逵论历、永元论历、延光论历、汉安论历、熹平论历、论月食等篇;《宋书·历志》中有祖冲之与戴法兴关于历法理论问题的辩论;《新唐书·历志》中有大衍历议;《元史·历志》中有授时历议;《明史·历志》中有历法沿革、大统历法原等,这些都是很重要的篇章。对于研究中国历法史来说,这些都是必不可少的资料。当然,要逐一弄懂弄通这些内容非一时可就,这其中有些资料本身因年湮代久、传写讹误缺漏造成的疑难,也有古人讨论问题的背景不清等因素,因而许多问题至今没有明确的看法和解释,如《三统历》中的世经,大衍历议中日度议等,都有许多困难之处。但是,对于历法的推算,只要按期选出若干典型历法,做解剖麻雀式的精读、分析,还是可以逐一了解这些历法的原理和步算方法,达到贯通的目的。

二十四史中除上面列举的天文、律历、天象、五行诸志外,还有些篇章中也有关于天文学的内容,如帝纪中就有不少重要的天象记录以及这些天象发生前后的一些情况,在礼、祭祀、职官、经籍、艺文等志中有天文机构、天象祭祀、天文书籍的资料;在列传中的方技、儒林、艺术、文苑、文学等部分有许多天文学家的传记,为研究天文学家和他们的著作、贡献提供了依据。因此,二十四史确实是中国天文学史的资料宝库。

第六节 《周髀算经》 《灵宪》

《周髀算经》,原称《周髀》,唐初始加算经两字。它同其他九部算书共同被列入唐朝官学的算学教科书,总称十部算经。卷首借周公与商高的问答讲述勾股之义。据考证,成书于公元前1世纪的西

汉末或东汉初年,但其中也有更早的一些资料。《汉书·艺文志》中没有此书,《隋书·经籍志》天文类首列《周髀》一卷,赵婴注,又一卷甄鸾重述,《唐书·艺文志》有李淳风释《周髀》二卷,与赵婴、甄鸾之注列在天文类,但在历算类中又有李淳风注《周髀算经》二卷,其实本为一书。从这一演变可知原著只一卷,又经各家注释,遂成为二卷,内容涉及天文、历算,故在唐书中分列于天文、历算两类中。

《周髀算经》是我国最早的一部天文学著作,也是最早的一部算学著作,但关于算学的内容只占小部分。本书从勾股定理(商高定理)开始,叙述了勾股测量,天地尺寸,日月运动,盖天学说,历法,二十八宿距度,各节气晷影,北极璇玑等等。对于了解 2000 多年前的天算知识,实为最可宝贵的资料。但不少研究者也指出,书中的许多数据和立论常有矛盾之处,读者不可不详加鉴之。

中国的勾股定理这里有最早的记叙,称直角三角形两直角边分别为勾、股,斜边为弦,发现了勾三股四弦五、勾股平方和为弦之平方的关系,故已知其中二项可求第三项。利用这一定理,在测量中可完成许多任务,“平矩以正绳,偃矩以望高,覆矩以测深,卧矩以知远,环矩以为圆,合矩以为方”。用立表测影的方法可度量天地,给盖天学说以数量化的概念,这里用了二项假设,即地面是平的和南北二地相距千里影长相差一寸。这样的假设是靠不住的,因此在《周髀算经》中有关盖天说的天高地广尺寸都发生了自相矛盾之处,其中大地是平的这一假设就同盖天说本身关于地体中高外低的形状相矛盾,至于“寸差千里”之说,也为后代人的实际测量所否定。

《周髀》中关于北极四游的测量数据和阳城冬夏至影长数据也互相矛盾,使人费解。此外,太阳在不同节气的出没方位,昼夜交替,四季昼夜长短变化的原因,在《周髀》书中有一种巧妙的解释,这反映了那时以前人们的思想和认识水平,是煞费苦心的,但仔细

推敲其论据也有许多不合理之处,这在本书的第五章中将详细论及。

应该提到《周髀》书中还有利用一根定表和一个游表在地面上测量二十八宿距度的方法,虽然这个方法测得的是二十八宿地平经度差,而书中误为赤道经数差,但这一方法可能是古代的留传,而书中的二十八宿距度值也是早些时候留下来的测量值,这为我们研究秦汉之前的赤道坐标系统和测量方法乃至浑仪的发展提供了信息。

在星图发展史上,《周髀》也有重要地位,这是因为书中提到“青图画”和“黄图画”二样东西,其中的黄图画上有冬夏至和春秋分日道,又画有二十八宿和其他星象。这实际上是一幅以北天极为中心的全天星图,后人称这种形式的星图为“盖图”,西汉末年杨雄就提到这种盖图,而中国古代全天星图以盖图的形式流传最广。

《周髀》历法其数据与战国秦汉间的四分术相同,而比太初《三统历》为早。年长 $365\frac{1}{4}$ 天,19 年七闰共 235 月,故一月长 $29\frac{499}{940}$ 天。注重冬至日在牵牛初度,与秦及汉初行用的颛顼历注重立春日在营室显然不同。因此这也是关于先秦历法的重要资料。

《灵宪》一书,东汉著名科学家张衡所著,见于《后汉书·天文志》中刘昭作的注。赵君卿在《周髀》序中说:“浑天有《灵宪》之文,盖天有《周髀》之法,累代存之,官司是掌。”说明《灵宪》是浑天学说的代表作。其实,除了浑天学说之外,《灵宪》中还有许多天文学内容。

关于浑天学说的天地结构,《灵宪》中描述了一个天圆地平的模型。天是一个大圆球,地在其内,占据了下半个球,地面是平的,天球上有日、月、行星和恒星,恒星组成二十八宿,分布于四方,曰苍龙白虎朱雀玄武,中央轩辕之神。日月之径千里,出东入西,故天

球东西增广千里,南北短减千里,这一基本思想成为后代浑天学说的基础。当然,这里也有盖天说的成分,如日影千里差一寸之说。

《灵宪》中还有宇宙起源的各阶段认识,最先为道根,经历太素以前的很久时间,道根既建,太素始萌,浑沌不分,又经历很久时间,是为道 ;道斡既育,有物成体,刚柔清浊分判,天成于外,地定于内,天圆而动,地平而静,这为道实。道根、道斡、道实的阶段论以动态的观点认识宇宙的原始,这比传说的故事前进了一步。

在研究《灵宪》这一篇天文学作品时,总会感到一些矛盾之处,这正是该文的缺陷或不成熟之处。前已提及这里有浑天学说的基本思想,却又有盖天说的假设前提;书中有关于月食成因的最早解释,认为地影掩盖了月亮;但又说地影遮掩了恒星,星光也会微弱;讲到天体丽附于天,天运左行,而丽乎天的日月五星周旋右回,其运动有快慢是与天远近不同所致,又不丽附于天了。凡此种种,因而对它的研究和应用还要审慎地做些鉴别。

第七节 《乙巳占》《开元占经》《观象玩占》

这三部书都属于星占方面,但也有许多天文学内容,从中不仅可以了解中国星占学的许多实情,也可以看到不少失传的星占学和天文学著作的片断,因而历来受到天文学史研究者的注视。

《乙巳占》,唐李淳风撰,《新唐书·艺文志》载是书十二卷,但宋以后的著作如《玉海》、《直斋书录解题》等均言十卷。观现存之《乙巳占》十卷 100 篇,前九卷均万言左右,而第十卷有 3 万字 33 篇,疑后人将末三卷拼成一卷,以致与唐书卷数不符。

前八卷 50 篇基本上是天文星占内容,包括天体、太阳、月亮、行星、流星、彗星的占卜条文;后二卷是云气、风方面的占验,有不

少气象学的知识,是气象史的资料。关于天文学的部分涉及面很广,李淳风年少时研读星占著作,做了大量笔录,大业年间(605—617)隋炀帝昏暴统治,致许多古籍失传,因而他将数十种古籍分类编纂,写成《乙巳占》。星占条文多来自古代星占书,而关于天文、历法、仪器等内容多是他本人的研究,因而这对了解李淳风的科学成就很有裨益。

李淳风在书中提到了他的著作“历象志”,此书现已失传,其内容是一种未经行用现在鲜为人知的历法。其创作可能在麟德历(665年)之前的贞观三年(629年),此时他才27岁。《乙巳占》中引录了这一历法的基本数据和推算方法,包括回归年、朔望月长度、岁差值、五星会合周期和各星运动速度,而详细内容在已失传的历象志中。关于星占学的内容除了大量天人感应的糟粕,也还保存了一些天象记录、行星视运动轨迹的描述和古代天文学名词的含义,如表示两天体距离的“度”与“寸”之间的关系,一度约相当于七寸;行星与月同经度而在月上方一度之内为“戴”;行星从留转而逆行曰“勾”;再“勾”即又转入顺行为“巳”等,这些内容对古代天象记录的理解很有帮助。

《开元占经》,亦称《大唐开元占经》,瞿昙悉达撰,成书于开元六年至十四年(718—726年),共一百二十卷。唐以后失传,直至明万历四十四年(1616年)才由安徽歙县人程明善于古佛腹中重新发现,得以流传至今。瞿昙氏为祖居长安的印度血统天文学家,他们一家数代供职于唐司天监,在天文历算方面颇有影响,单凭《开元占经》一书就可见他对中国天文学和中印文化交流的重大贡献。

《开元占经》内容丰富。首卷引录了张衡灵宪和浑仪图注两篇文献,接着叙述了唐之前各家对天的认识和描写,可算是唐以前的天文星占大全,论天诸家的看法在这里有综合性的叙述,关于浑仪、浑象也有许多资料。后面关于日、月、恒星、行星、彗流星、客星、

云气、物异等的星占条文收集了当时可见的 70 余种著作，分类编录，使许多现已失传的书籍能知其大概。

除了大量的星占学内容，书中有许多天文历法的宝贵史料。战国时代著名天文学家甘德、石申的著作已失传，《开元占经》中留下了石氏测量恒星坐标的资料，辑录成石氏星表，有 120 多星的赤道坐标，这是世界上最早的星表，由此还可以推测战国时代的观测仪器和方法以及浑天学说的历史。书中关于二十八宿距度的记载，特别保留了古度的数据，这也揭示了汉以前二十八宿的演变情况。

关于历法，秦以前的古六历是佚失已久的了，它们的积年和一些基本数据却可在《开元占经》中找到。当时行用的麟德历，虽有唐书历志的详细记载，但《开元占经》中的麟德历经却补充了唐书的不足，有些数据的校勘可得到此书的帮助。尤其有价值的是《开元占经》中翻译了印度的九执历，把印度的天文学的知识传到中国，目前研究印度这部历法，最重要的资料就是来自中国的这部占经。在数学方面，印度学者编算的正弦函数表也在此首次传入中国。

同《乙巳占》一样，《开元占经》中也有大量占语，是迷信的东西，但它同样也是研究星占术的资料，从中还可以知道不少古天文术语和名词的含义。《开元占经》大量引用的各家占语是从战国以来中国星占术情况的一个线索，它可以帮助我们了解各代星占家的思想，这些天文星占家的工作和当时的天文知识水平。

《观象玩占》，撰者姓名不详。卷首有全天盖天式星图 1 幅，后分别为天、地、日、月、恒星、行星、彗流陨及云气、风角等占验条文。观其文，受《乙巳占》影响极大，许多地方均引“乙巳占”和“李淳风曰”等文字，卷首的星图与北宋《新仪象法要》星图和南宋苏州石刻图均不一致，其各恒星的占文比《乙巳占》和《宋史·天文志》均详尽。书中占验天象记录颇多，但只引至唐末天福（复）二年（902 年），当为唐以后撰成。书中没有引用《开元占经》的文字，恐系撰书

时《开元占经》已不可见。《唐书》、《宋史》、《文献通考》等均未著录，只《明史·艺文志》录《观象玩占》十卷，不知撰者，或言刘基辑，然现传世之抄本有五十卷，《四库总目提要》中提及各种抄本和刻本。据所见抄本来看，《观象玩占》之作恐在唐宋之间，后人屡有传抄并逐渐加大篇幅，但所引占验天象仅迄于唐，其占文仍保留了较古老的状态，是研究宋之前星占术的资料之一。

第八节 《甘石星经》 《步天歌》 《灵台秘苑》 《景祐乾象新书》

《甘石星经》，又称《星经》或《石氏星经》。甘德和石申是战国时人，齐国甘德、魏国石申夫，亦有说石申为楚人的，他们是当时著名的天文学家，甘德著有天文八卷、石申著有天文星占八卷，现均失传。后人将一些古书中引录的片断重新辑录起来，遂称为《甘石星经》。除以星占条文为主外，各人都记录了一些恒星的名称、方位，互有交叉，故到三国时代天文学家陈卓将甘德、石申、巫咸三家所记的恒星汇总起来，共得全天 283 星官、1464 星，并以三种不同的颜色标在星图上。后代人依此绘制星图，制造浑象上的星象，成为古代全天星官名数的定型之数。考甘、石诸家的星名和分布，可见各家所记的星略有不同，可能流通地域也不一样，形成的先后也各有不同。

《星经》中最有意义的一项是最早的一份全天星表，列出 120 多个星的赤道坐标，以入宿度（相当于赤经）和去极度（赤纬的余角）表示，系来自《开元占经》的引录。这一星表中有不少数据是战国时的测量结果，表明石申已利用了测角仪器在赤道坐标系统中进行了天体位置测量，这一成绩表明了我国战国时代的天文学水平和仪器制造水平，这一星表也是世界上最早的。

《步天歌》，隋代丹元子著，又有说唐王希明撰的。《隋书·经籍志》中未著录，《新唐书·艺文志》中首次著录，称“王希明《丹元子步天歌》一卷”，有人认为丹元子是王希明的号。从《步天歌》的内容来看，它按三垣二十八宿的区划分割全天星空，同李淳风所著晋隋天文志的分划全然不同，而后代的星空区划与《步天歌》相同，因而认为这是李淳风以后的作品，是有道理的。

《步天歌》是一组诗歌体裁的集子，共有诗 31 段，三垣二十八宿各一段。七字一句，押韵上口，配有星图，读着诗句就好像漫步在点点繁星之间，“句中有图，言下见象”，便于辨认和记忆全天星名，是学习天文学的进阶书。因此，它成为历代天文机构中训练初学者的必读教材，民间也以它作为认星的指南，流传极广。另一方面，它把全天星空区划成 31 个大区，类似于现代的星座，对后世的影响也很大，因此，虽然《步天歌》是一首普及性的天文诗歌，但它在中国天文学发展史上确实发挥了不小的作用。

《灵台秘苑》，原为北周庚季才撰，据《隋书·经籍志》载有一百二十卷，后又有说一百一十五卷者，但现本仅有十五卷，北宋王安石等人重修。卷首有步天歌，配以星图，后按三垣二十八宿体系分别叙述各星位置，附各种星占条文。

本书的价值在于有一份星表，共 345 星，以入宿度和去极度表示赤道坐标值，是我国继石氏星经后的第二份星表。从星表的研究分析可知，这份星表的观测年代约在北宋皇祐年间（1049—1053 年），它可以同北宋的其他恒星观测对比，探讨北宋恒星观测的水平。

《景祐乾象新书》，北宋杨惟德撰，三十卷，这基本上是一本星占书，但也有许多恒星的坐标值。该书星占部分继承了唐代星占书

的一些条文,据《文献通考·经籍考》,该书引用了许多唐武密所撰的《古今通占》,但其恒星坐标值却与景祐年间(1034—1037年)的恒星观测值稍异,它可能又是来源于北宋的另一次恒星观测。因此,对研究北宋时期的仪器制造和恒星观测又多了一个资料来源。

第九节 《浑天仪图注》 《新仪象法要》

《浑天仪图注》,又称《浑天仪注》,是张衡为首创的漏水转浑天仪所写的一本仪器结构说明书,它不仅是浑天学说的重要著作,也是我国第一本天文仪器著作。

浑天仪即浑象,是一种演示天象变化的仪器。张衡之前已有人制造,但张衡把漏壶同浑象联接起来,利用漏水计时的均匀性使浑象均匀运转,自动地表现天象,故称漏水转浑天仪。浑象部分是圆球状,四分为一度,直径四尺六寸多,上有南北极,转动轴沿此方向,两极出没于地平36度,周围有恒显圈(上规)和恒隐圈(下规),中有赤道和黄道,斜交24度,赤道距天极91度多。黄赤道上有二至二分点,各有它们的去极度数。为了说明这个结构,《浑天仪图注》先讲了浑天学说的天地模型:天体如弹丸,地如鸡中黄,天大地小,天包地,地在天中,天一半在地上,一半在地下,天地各乘气而立,载水而浮,等等。这些看法成了浑天学说的基本观点。

关于仪器的用途,《浑天仪注》讲述了利用黄赤道的关系考察黄道进退数度,进行黄赤道换算。这一点在历法计算中很重要,因为太阳循黄道运行,当时认为是均匀地一日行一度,但用赤道来度量会是不均匀的,其差数就是黄赤道差。由此还可解释二十八宿的赤道距度同黄道距度的不同。

在《初学记》中还引录了张衡漏水转浑天仪的另一部件漏壶,张衡使用了二级漏壶,用来补偿因水位变化而致漏水不均的缺陷,这一发明开创了补偿式漏壶的先例。此外,在《新仪象法要》卷上的

“进仪象状”中，又记叙了张衡水运浑象的效果，“置密室中以漏水转之，令司之者闭户唱之，以告灵台之观天者，璇玑所加，某星始见，某星已中，某星今没，皆如符合”。这一创造对后世的影响极大。

《新仪象法要》，三卷，北宋苏颂撰，这是又一本天文仪器专著，讲述水运仪象台的结构和原理，并附若干零件图样共 60 幅。

卷上开头有进仪象状 1 篇，讲述制造水运仪象台的始末和参加设制制作的人员，详细回顾了水运浑象从张衡开创以来历经唐一行、梁令瓚及宋张恩训等人的改进，指出苏颂、韩公廉制仪象台的创新之处，是一篇水运浑象史。接着介绍浑仪的各种结构，分 17 幅图分别讲各零部件的名称、尺寸、作用，这是最详细的一篇讲浑仪制造的资料。

卷中介绍浑象的外形、结构，也是分零部件逐件介绍，附图 18 幅，其中有浑象上面全天恒星的星图 5 幅。这 5 幅星图分成两个系统，一是以北极为中心的紫微宫(拱极区)星图，配之赤道带的横图，对于北半球的观测者来说，北极区和赤道区都比较明晰；二是以赤道为分界的南北两天球星图，这种图克服了我国传统的盖天式星图的缺点，使南天诸星的位置失真不大，但由于南极区在北半球看不到，故图上空白，这在我国古星图中是首次出现。

卷下详细介绍了水运仪象台的动力系统和报时系统各零件的形状、尺寸，有图 25 幅。报时系统能灵巧地报时，以钟、鼓、铃三种音响表示时刻，还有木人持牌显示时刻，主要利用了各种齿轮传动装置。动力部分是漏壶，为了控制漏水的动力使仪象匀速转动，发明了卡子，即擒纵器，是现代机械钟表的关键部件。

《新仪象法要》是一本极有价值的天文仪器著作，同时也是一本机械工程著作，对揭示我国北宋时代的天文学和机械技术水平有重要的意义，所以它受到了国内外学者的高度重视。

第十节 《畴人传》 出土文物和其他

《畴人传》，清阮元编，1799年编成，共四十六卷。收集历代天文学家数学家的生平事绩和科学成就的资料，每人1篇共314人（其中附记34人），并附有简短的评论。这本书是关于天文学家数学家的专题资料集，辑录的都是史书中的原始资料，对天文学史历法史的研究很有帮助。在阮元的影响和赞助下，1840年罗士琳续编《畴人传》六卷，跟阮元所编连续排卷，共增45人得五十二卷。1886年诸可宝又编出三编七卷，128人，体例同阮、罗相同，又将1884年华世芳所记的“近代畴人著述记”作为附录列于后。1898年，黄钟俊编了第四编十卷，436人，前后四编六十九卷共900多人，其中清之前大多是相当著名的人物。

阮元是位守旧派学者，他对当时从欧洲传进的西方天文学知识持抵制态度，在他对一些天文学家的评语中可以看出他的这一倾向，但是他对另一些人的评语是不无道理的，因此在读他的评语时应持分析态度。此外，该书尽量收集原始资料，给研究者提供资料线索，这对初学者无疑是非常有价值的一部参考书。

出土文物。我国历史悠久，幅原广大，地下埋藏着无数的历史文物，随着考古发掘和文物保管鉴定技术的提高，大量极有价值的文物不断出土，给史学研究提供了丰富的资料来源。出土文物往往能使一些久悬未决的问题得以迎刃而解，也能使一些不甚清晰的问题得到足够的证据。因此，史学研究者都特别重视出土文物的价值，给以极大的关注。

天文学史的研究也不例外，出土文物中有关天文学史的资料也是极有价值的，这些文物大致可分三类：第一类是实物资料，往往跟天文仪器有关；第二类是图像资料，往往跟星图、天象有关；第

三类是文字资料,涉及天文学史的许多方面。实物资料方面,西汉时代的日晷残石,西汉铜漏壶,西汉初年的二十八宿圆盘及支架,东汉的可折叠铜圭表,都是关于天文仪器的重要文物;图像资料方面,原始社会崖画中的天文知识,石器上的星象彩绘,战国时代漆箱盖上的二十八宿和北斗图,西汉马王堆的彗星图,东汉画像砖上的星象图,武梁祠石刻中的北斗图,北魏墓葬中的全天星象图,唐墓中的青龙、白虎图,辽墓中的中西合璧星图等,此外还有许多墓葬中的壁画,墓志盖上象征性的星象图,都很有价值;文字资料方面,从甲骨、铜器铭文出土以来不断有新的发现,西汉初年马王堆帛书《五星占》,西汉竹简中的历谱,吐鲁蕃墓碑和出土文书中的记年历法片断,等等。总之,出土文物还在不断出现,每一件新出土的文物资料都会使天文学史的研究取得新的进展。

最后,关于中国天文学史的资料,除了上面介绍的这些,还应提及浩如烟海的中国古代典籍,这需要治史者去勤奋耕耘。当然,有些书在后面第九、十章中还会专门提到,读者可以从中找到线索。另有一种类书对于初学者会有不少帮助,所谓类书就是从各种典籍中摘录出来按学科分门别类地编排起来以供检索的书籍,它类似现代的百科全书。从唐代开始我国类书中就出现有关天文学的记载,如《初学记》就收集了不少漏壶的资料;宋代的《玉海》,有关于星图、天文书、历法、仪象、圭表、漏壶等方面的资料;尤其是清代的《古今图书集成》,其中历法典和乾象典收集了历代大量的天文历法原始资料。

古代典籍的经、史、子、集四大部中,子部和史部有关天文历法的东西颇多,子部专门有天文算法类、历法类,是专讲天文历算的书。其他类中也有涉及天文的,如兵家类的《虎铃经》、《武经总要》讲到时刻制度、漏壶、黄道十二宫,《武备志》中提到天文导航、郑和航海图等。史部中除正史外,还有许多编年史,如《资治通鉴》、《续

资治通鉴长编》、《续资治通鉴》，历代皇帝的《实录》，各朝《会要》，这里有大量的天象记录。此外著名的《十通》中，《文献通考》的象纬考，《通志》的天文略都有大量天象和恒星测量资料，《清朝通志》中有关于天文仪器、历法等资料。

由于古代历史变迁，许多书已经失传，明、清两代不少人从散见于各种典籍中的片断辑录出一些佚失的书，如《古微书》、《玉函山房辑佚书》、《经典集林》等，其中也多有关于天文学方面的资料。近年来，我国各省区县的地方志受到了重视，其中的天文历法资料得到整理，正在编辑出版《中国古代天象记录总表》和《地方志中的天文史料》两书，这对于研究中国天文学史，特别是古代天象记录的应用提供了大量丰富的史料。

附带说一句，对于古代的资料，总有一个辨伪和校勘的问题，这是因为在长期的流传当中，抄写、刻版会发生意想不到的错误、前后颠倒和遗漏，在使用时一定要审慎。

以上只是简略地提及一些较为重要的或资料较为集中的天文书籍，要全面开列一个中国古代天文典籍的书目是不容易的。不过这里倒是可以介绍一本这方面的目录书：《四部总录天文编》，该书包括五部分：①四部总录子部天文类；②补遗；③善本书籍经眼录；④算学考初编补注；⑤若水斋古今算学书录补注。五部分所收天文历算书目约 500 种，对各书有简单的内容介绍和版本流行说明，对初学者不无裨益。

第三章 天文仪器

迟迟钟鼓初长夜，
耿耿星河欲曙天。

——白居易

月殿影开闻夜漏，
水晶帘卷近秋河。

——顾况

第一节 表和圭

表就是直立在地上的一根竿子，是最早用来协助肉眼观天测天的仪器。圭是用来量度太阳照射表时所投影子长短的尺子。两者结合在一起用时，遂称为圭表。从史料记载和发展规律来看，表的出现先于圭。

最近有人对甲骨文中有关“立中”的卜辞做了系统分析，^①认为这是殷人进行的一种祭祀仪式，是在一块方形或圆形平地的中央标志点上立一根附有下垂物的竿子，附下垂物的作用在于保证竿子的直立。在四月或八月的某些特定日子进行这种“立中”的仪式，目的在于通过表影的观测求方位、知时节。这就表明在殷商时代人们已知立表测影的方法了。当然，在殷商之前，由于太阳的出没伴随着昼夜的交替，从原始社会起人们就知道判别方向

^① 肖良琮：“卜辞中的‘立中’与商代的圭表测影”，《科技史文集》(10)，1983年。

应同太阳升落有关。早在新石器时代的墓葬群中，考古学家已发现其墓葬头部都朝着一定的方向：西安半坡村朝西，山东大汶口朝东，河南青莲岗各期朝东，或东偏北、东偏南。这显然同日月的升落有关，只是因为我们现在还不知道他们是如何定出这些方向来的，只好将表的出现暂定为殷商有文字可考的时代。

殷商时代已知道用表来观看太阳影子的旁证还有甲骨文中表示一天之内不同时刻的字。这些字都同日有关，如朝、暮、旦、明、昃、中日、昏等等，其中“中日”与“昃”二字更是明确表示日影的正和斜，是看日影所得出的结论。这一点同时也说明了表的一个用途，即利用表影方位的变化确定一天内的时间，这便是后代制成日晷的原理。

关于圭的出现，在甲骨文中未见“圭”字，而详细记录用圭表测量的书是《周礼》、《周髀算经》、《淮南子》等，它们成书较晚。《周礼》一般认为成书于战国，其中《考工记》篇，相传是春秋末齐人所作。后二书则成书于西汉时代，因而一般人多认为圭的出现要在春秋战国时期。按许慎《说文解字》，圭是做成上圆下方的美玉，公侯伯子男所执之圭有九寸、七寸、五寸之不同。因而圭的长短就是各人身分的标志，换句话说，圭就是度量身分的尺子。

在《周礼》一书中多次出现了“土圭”和“土圭之法”二词。有一种看法认为，“土圭”是用赤土做的标准尺，以避免尺的大小随官方规定和地方习惯而不同，“土圭之法”即以这样的尺为样板来度量日影。这一制度未坚持到底，不过在某一意义上来说，它是现代铂制米原器之类量具的先声。^①另一种看法认为，“土圭”即度圭（土，犹度也。周礼·郑注），是石制的天文仪器，南北方向平放在地上，中午时量度太阳影子的长短，“土圭之法”就是观测

^① 李约瑟：《中国科学技术史》第四卷天学（中译本），第266页。

中午日影长度以定时令。^①

笔者以为，圭本身是一种表示官阶身分的标志，而“土圭”则是用于量度的圭，《周礼》中的《考工记·玉人》记载了土圭的制造和用途：“土圭尺有五寸，以致日，以土地。”使用土圭的“土方氏掌土圭之法，以考日景，以土地相宅，而建邦国都鄙”。管理土圭的“典瑞氏掌玉瑞玉器之藏……土圭，以致四时日月，封国则以土地”。《地官·司徒》载：“大司徒之职，以土圭之法，测土深，正日景，以求地中。……日至之景，尺有五寸，谓之地中。”这几段记述说明用一尺五寸的圭去进行度量，求得时间和季节，也可求地方的南北所在（如求地中），并未说明圭是同表一起，平放于南北方向而固定不动的。这里也没有提到表的高度，按《周髀算经》提供的数据，一般用八尺之表，则夏至时日影最短为一尺五寸，正好是圭之长。试想，在一年当中除了夏至日，其他时间的中午日影均长于一尺五寸，如果圭是固定的就无法度量日影之长了。因此，“土圭”和“土圭之法”应是从表发展到圭表之间的一个过渡，就是用一根活动的尺子去量度表影，以后才发展成将圭固定于表底，并延长其长度，使一年中任一天都可以方便地在圭面上读出影长，这才是圭表。

目前我们见到的圭表实物最早当推1965年在江苏仪征东汉墓中出土的铜圭表。表身可折叠存放于圭上专门刻制的槽内，圭上的刻度和铜表的高度均为汉制缩小10倍的尺寸（见图3.1）。圭表作为随葬品埋入墓内，说明东汉时代圭表已很普及了。

从表发展成圭表是一个进步，是人们对立表测影要求精确化和数量化的体现。在一块方形或圆形平地的中央直立一表，可以根据日出和日入的表影方向定出东西南北，也可以根据一天之内表影方向的变化定出一日内的时刻。当然，利用同一根表，每天

^① 郑文光：《中国天文学源流》，科学出版社，1979年，第142页。

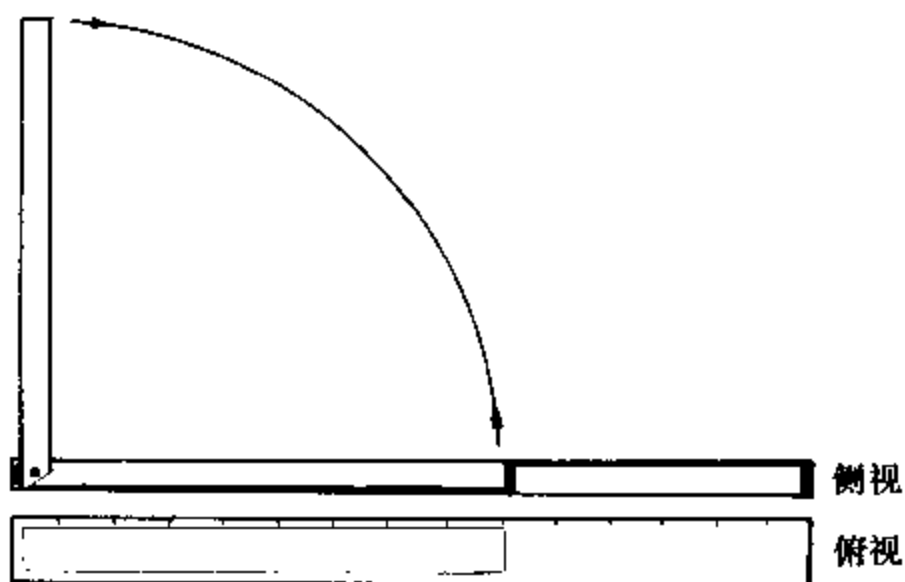


图 3. 1 东汉铜圭表示意图

中午在地上做下记号,以比较表影的长短可以定出一年内的季节,甲骨文中“至日”或“勿至日”的卜辞,也有“南日告”的卜辞,说明商人已能大体定出冬至日,至于四方和一日内的不同时刻,商代也是明确有的。可以说,只要立一根表,不需要借助圭就可以完成上述三项任务。但圭表的出现使精确测量一年中各节气中午影长成为可能,也为精确求得一回归年的长度提供了可靠方法,这些都是制定历法所必须的。

在《周髀算经》一书中还叙述了利用一根定表和一根游表测天体之间角距离的方法:在一平地上先画一圆,立定表于圆心,另立一游表于正南方,当女宿距星南中天时,迅速将正南方之游表向西沿圆周移动,使通过定表和游表可见牛宿距星,这时量度游表在圆周上移动的距离,化成周天度就是牛宿的距度,也就是牛宿距星和女宿距星间的角度。这里有一个矛盾,按所叙方法测得的是地平经度,而二十八宿距度为赤道经度。这一矛盾给我们一个启发,即战国时代石申测定二十八宿距度和若干恒星的赤道坐标编制“石氏星表”时,测定它们的赤经和去极度是否使用类似的方法,只不过是在赤道面内和子午面内分别测量,而《周髀算

经》误为在地平面内测量了。1977年在安徽阜阳地区出土了西汉初年的一具二十八宿圆盘，上下两盘互相重叠，边缘刻二十八宿距度和周天度数，中有通孔，边有小孔，只要将圆盘分别置于赤道面内或子午面内测量就可完成赤道坐标的测定。这一实物给我们一定的启示，或许测量角度的仪器如浑仪乃是由定表和游表在不同平面内测角距的方法发展而来。

表，这一最简单最早出现的仪器，后来得到了很大的发展和改进。为了使表影清晰，将表顶做成尖状的劈形或加一副表，与主表之影重合；为了提高表影测量精度，既加高表身，又发明相应的设备景符；为了测定时间，制成日晷，有赤道式的也有地平式的；为了使表不仅能观测日影，使既能观月，也能观星，又发明窥几等等。总之，表及圭在我国古代天文学的发展中起了相当大的作用，是一类重要的古代天文仪器。即使现在，它的定方向、定时刻的功能有时还会给你帮忙哩！

第二节 漏 和 刻

漏，是漏水的壶，借助水的漏出以计量时间的流逝，是守时仪器。刻，是带有刻度的标尺，与漏壶配合使用，随壶水的漏出不断反映不同的时刻，属于报时仪器。

漏壶的起源应是相当早的。原始氏族公社时期就能制造精美的陶器，总会出现破损漏水的情况，而漏水的多少与所经时间有关，这就是用漏壶来计时的实践基础。人们从漏水的壶发展到专门制造有孔的漏壶，这一仪器就诞生了。据史书载：“漏刻之作盖肇于轩辕之日，宣乎夏商之代。”（唐《初学记》引梁《漏刻经》）《隋书·天文志》也道：“昔黄帝创观漏水，制器取则，以分昼夜。”轩辕黄帝是传说中的人物，漏壶为他所创不尽可信，但说在夏商时代有了很大发展还可考虑。上节已经说过，殷商时代已知立杆

测影，判方向、知时刻。最近也有人研究百刻时制的起源地点，认为在殷商之都安阳的地理纬度上，因而漏和刻的发明不会晚于商代。^①

英国人李约瑟博士在谈到漏刻时，首先十分肯定地说刻漏不是中国人的发明，因为从楔形文字的记载及埃及古墓出土物中知道，巴比伦和埃及在商之前已用滴水计时。但他在追求中国和埃及亚历山大里亚城的受水型漏壶之间关系如何时，又感到颇难弄清楚。后来他注意到，公元120年才确实有一批西方使者到达中国，中国西汉时张骞在公元前2世纪到达了中亚地区，而中国的漏壶可上溯到张骞之前，于是他认为中国的漏壶是否从亚历山大里亚城传入还是悬案，甚或可能是从中国传出的，但他很难承认两者是完全独立的发明。最后他提出，大概最合理的说法是双方都是从中亚的新月地带和古埃及传入的。^②

从文献史料和逻辑推理来看，漏的出现当早于刻。在先秦典籍中，早已见到有关漏的记述，而只有在汉代以后文献中才见到有关刻和漏刻的描写。最原始的漏壶不可能有什么节制水流的措施，只是让其自漏，从满壶漏至空，再加满水接着漏。显然满壶和浅壶漏水的速度不同，但一壶水从满漏至空都是大体等时的，如内蒙古杭锦旗1976年出土的西汉漏壶每次漏空大约10分钟，因而计量时间可用漏了多少壶来表示。为了不间断地添水行漏，计数漏了多少壶，需要有人日夜守候，这也许就是《周礼·夏官司马》中提到“挈壶氏：下士六人，史二人，徒十有二人”的原因。

如此众多的人员守候一个漏壶显然是很大的负担，人们必然会产生节制漏水速度的要求，或在壶内壁出水口处垫以云母片，或在漏水孔中塞以丝织物等，使漏水缓慢而又不断，这样每一壶水

① 阎林山、全和钧：“论我国的百刻记时制”，《科技史文集》(6)，1980年。

② 李约瑟：《中国科学技术史》第四卷天学（中译本），第336、354页。

漏出的时间长了，减轻了不断添水的负担。但是却不能以漏多少壶来计时，而要随时注意漏壶里的水漏掉多少，这就是刻产生的基础。最初可能是在壶内壁上刻画。汉许慎《说文解字》解释漏时说：“漏，以铜受水，刻节，昼夜百刻。”可能就指这一情况。后来为了便于读数，就放一枝箭在壶里，在箭杆上划刻度，看水退到什么刻度就知道时间了。

由于漏水速率的减慢，改用刻来做计量时间的单位，壶水的满浅影响漏水速率的问题就显得突出起来。可以说，中国漏刻技术几千年的发展史就是克服漏水不均匀、提高计时精度的奋斗过程。其间也有箭舟的创造，沉箭式和浮箭式的使用，称漏的发明以及击鼓撞钟等巧妙的设计。这里：箭舟是浮在漏壶里的小舟，载刻箭以浮；沉箭式是指随着水的漏出，壶里水面下降，箭舟载刻箭下沉而读数；浮箭式是指另用一不漏水的箭壶积存漏出的水，水越积越多，水面升高，箭舟载刻箭浮起而读数；称漏是称漏出之水的重量来计时。但它们都属于报时和显示时间的一类，其报时的准确程度均受到漏水是否均匀的影响。

为了克服壶里水位的满浅影响漏水的速率这一问题，最初想到的当然是不断添水以保持壶里水位的基本稳定，这样沉箭式就不能使用，必然出现浮箭式。不断添水这一工作又是件麻烦的事，因而就出现多级漏壶，用上一级漏壶漏出的水来补充下一级漏壶的水位，使其保持基本稳定。显然，这样的补偿壶越多，最下面一个漏壶的水位就越是稳定。东汉张衡做的漏水转浑天仪里用的是二级漏壶，晋代的记载中有三级漏壶，唐代的制度是四级漏壶。从理论上来说还可以再加，但实际上是不可能无限制地增加补偿漏壶的数量，因此保持水位稳定这一问题并未彻底解决。

公元1030年，宋代科学家燕肃迈出了关键性的一步，他抛弃了增加补偿漏壶这一老路，采用漫流式的平水壶解决了历史上长久未克服的水位稳定问题。这一发明在他制造的莲花漏中第一次

使用，莲花漏只用二个壶，叫上匱和下匱，其下匱开有二孔，一在上，一在下，下孔漏水入箭壶，以浮箭读数，而从上孔漏出的水经竹注筒入减水壶。只要从上匱来的水略多于下匱漏入箭壶的水，下匱的水位就会不断升高，当要高于孔时，多余的水必然经上孔流出，使下匱的水位永远稳定在上孔的位置上，这就起了平定水位的作用，使下匱漏出的水保持稳定（见图 3. 2）。

平水壶的发明和使用，是漏壶发展史上的重大成就。自宋代以后，平水壶广泛应用于漏壶中，甚至发展成二级平水壶，使稳定性更加提高。在北京故宫的交泰殿里完整保存了一套乾隆九年（1744 年）制的漏壶，它采用了一

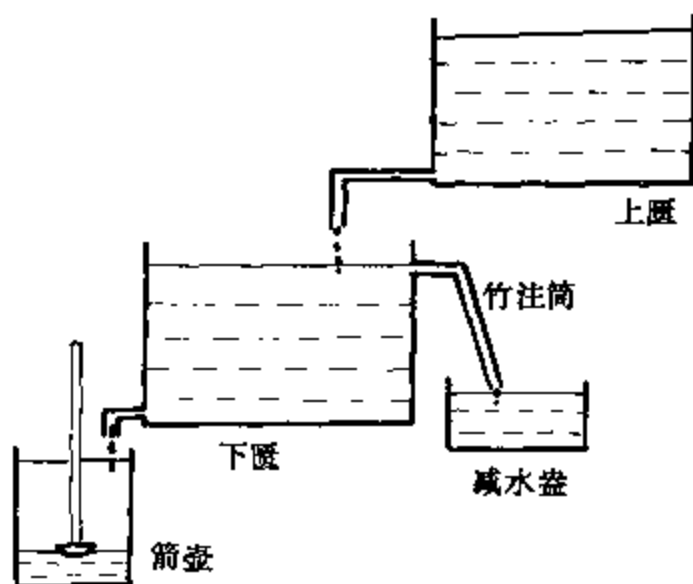


图 3. 2 平水壶示意图

级补偿壶，一级平水壶，将古代漏壶技术的二大途径融合在一起，完成了皇宫里的计时任务。

在解决水位稳定的漫长岁月中，对其他影响漏水精度的问题也做出了许多发现和改进。其中有保持水温、克服温度变化影响水流的顺涩；采用玉做漏水管，克服铜管久用锈蚀的问题；渴鸟（虹吸管）的使用，克服了漏孔制造的困难；用洁净泉水，克服水质影响流速；采用控制漏水装置“权”，调节流水速，等等。这些无疑也是中国漏壶发展史上的成就。

由于历代科学家的不懈努力，漏壶技术得到了很大发展，这给我们研究中国漏刻提出了一个重要问题：古代漏壶的计时精度如何？这是一个看来容易实际难的问题，虽有不少人做了很多工

作，但迄今为止并没有一致的看法。这固然有许多客观的困难，如古代漏壶实物完整保留至今的很少，^①刻箭多用竹木制造，存留传世的几乎不见，要模仿佛古人的用水，操作等程序也不易做到，等等。因此，用模拟实验的方法估计漏壶精度遇到不少困难，只在50年代对故宫交泰殿漏壶做了实验，结果是每小时漏水3.5公斤，每天要漏84公斤水，24小时误差为10分钟左右。这是我们对清代漏壶精度的大体认识。

对于前代的漏壶精度，只能从文字材料中去推求。有人认为，将一天分为100刻的计时制度在商代出现时必须要有能读到“刻”的计时工具，而直到西汉时漏刻的精度不会高于1刻^{②③}。又有人认为东汉时漏壶测量精度可达0.5刻左右^{②④}，而隋唐以后漏刻精度可达1·2分钟之内，宋代燕肃莲花漏的误差（指一昼夜的误差）最多约为1分钟^④。

上述估计问题很多。首先，对东汉漏刻精度为半刻的估计，很难令人信服，这一精度估计的根据是《后汉书·律历志》中载有后汉四分历的冬至日昼夜漏刻之比为45：55，说此值与现代计算的比较，误差在0.5刻左右。按东汉都城洛阳的经纬度计算冬至日太阳出没时刻为7时33分和17时21分，即从日出到日没为9时48分，从日没到日出为14时12分，化为百刻制为40.84：59.16；采用秦汉时代对昏旦的规定，昼夜漏的起点即昏旦与太阳出没相距3刻或2.5刻，这样昼夜漏之比为43.84：56.16，与45：55相差1刻以上。若再考虑天文或民用晨昏矇影，洛阳地区为91分和28分，其结果相差更大，几种算法均得不到误差为0.5刻

① 传世的漏壶，仅西汉单壶三件，元代延祐漏壶一套，元明时代漏壶组中的二个单壶，以及清代漏壶一套。

② 上海天文台情报室：《天文参考资料》，1977年3期，第18页。

③ 上海天文台情报室：《天文参考资料》，1977年4期，第18页。

④ 陈久金：《自然科学史研究》，第二卷4期，1983年，第306页。

的结论。

可是，同样是在《后汉书·律历志》中却有另一条记载，永元十四年（102年）“据仪度、参晷景”考校漏刻，结果发现“官漏失天者至三刻”，这也许反映了东汉时漏刻的精度情况。有人以为，东汉张衡发明了补偿漏壶，计时精度应有提高，而且晋代有三级漏壶，唐代增至四、五级，精度更要提高，于是估计可达1—2分之内。^①在《唐书·历志》中有一条资料，回顾梁大同九年（543年）虞邝有一段议论：“水有清浊，壶有增减、或积尘拥塞，故漏有迟疾，臣等频夜候中星，而前后相差或至三度。”三度约相当于12分钟不到，这可能代表了那时的精度。

到了宋代，有燕肃平水壶的发明，又有沈括将平水壶增至二级，漏壶精度当有提高，但说其最多约为1分钟，看来理由并不充足。李广申在1963年曾经著文，^②认为《新仪象法要》中记昏晓中星和太阳方位用了“弱”、“少弱”等字眼，表明赤经观测精度为1/12度，相当于20秒，以此认为当时漏壶计时精度达20秒。后来李志超在1978年著文，^③认为沈括的漏壶20秒相应于箭杆上1/4毫米的长度，这是可以达到的读数精度，因而认为20秒的结论是对的。其实，李广申的证据“弱”、“少弱”等词在《后汉书·律历志》、《晋书·律历志》中记载昏旦中星时都已用过，并不能认为东汉、晋代的漏壶精度已达20秒。至于将箭刻的读数精度当做漏壶的计时精度，这期间包含有概念性误会。当然，箭刻上的读数是由漏壶的漏水决定的，箭刻的刻度越细，读数精度越高，但它同漏壶的计时精度完全是另一码事。打个简单的比方，如果您的手表每天误差是5分钟，但只要它是长三针的，您任何时

① 陈久金：《自然科学史研究》，第二卷4期，1983年，第306页。

② 《科学史集刊》第6期，1963年。

③ 《中国科技大学学报》第八卷1期，1978年。

候都可以读到几点几分几秒，殊不知这个读数与真实时间相去甚远。这只能表示您的手表读数精度是 1 秒，完全不能代表它的走时精度，这个道理是极其明显的。正因为这个原因，任何守时和授时仪器都要同时间标准作比对，得出时号改正和每台钟的日速。日速（一天的快慢量）才是表示计时器精度的量。我国古代虽然没有时间基准、时号改正和日速这样的概念，但很早就知道用测日影和观测恒星的方法同漏刻作比对，以校准漏刻。在这里，圭表测景所得到的真太阳时和观星得到的恒星时被看成了时间基准，古人并不知道这两者之不同，我们也不必苛求。但是，上述问题又给我们提出了中国漏刻研究中的另一个重大问题，即漏刻如何校准和操作？

这个问题同前一个问题相似，至今也没有统一的说法，这主要是遗留的实物太少，文献记载又不甚清楚，只能从零星的记述中去推考。早在殷商时代已知道立表测景来测知时间，但夜晚和阴雨多云天气就无法观日影了，只能代之以漏壶，这两者同时并用，它们是否一致就必然引起人们注意。最早见到文献中记载表和漏并用的是《史记·司马穰苴列传》，讲到齐景公时（公元前 547—前 490 在位）司马穰苴同贾庄二人约会于中午，司马“立表下漏待贾”，至时贾不到，司马“仆表决漏”，宣布了贾的迟到。

东汉时桓谭（前？—56 年）曾负责漏刻工作。他发现天气的燥湿寒暑影响漏刻的准确，于是在黄昏、黎明、中午、半夜都要校准，“昼日参以晷景，夜分参以星宿，则得其正”。（《桓子新篇》）对于沉箭漏来说，水漏完了必须加水重新起漏，加水所需时间迫使漏刻不能连续工作；对于浮箭漏来说，加水可以随时进行，但箭壶的水满了以后要将水倒掉重新接水，退水所需的时间也迫使漏刻不能连续工作。因此，加水和退水的时机要选择好，当然最好选择在校准漏刻的时候，利用加水和退水的时间调节漏刻，对于一天校准四次、二次或一次的漏刻，要设法保证它连续工作 25

刻、50刻或100刻。为了达到这些要求，制漏者必须事先在壶的大小和水流速率方面进行选择和设计，制成后不断进行调正。很遗憾的是，现在我们只能在宋代燕肃和沈括的漏壶中看到很少关于这方面的资料。

跟晷景校准与漏壶精度有关的一件事是沈括是否用漏刻发现了真太阳日不均匀的问题，这个问题引起了不少研究者的兴趣。沈括在《梦溪笔谈》中提到，过去的漏刻家总以为冬日水涩，夏日水利，造成漏刻迟疾，与天运不符。他则从理论上考虑，认为“冬至日行速，天运已期，而日未至表，故百刻面有余；夏至日行迟，天运未期，而日已过表，故不及百刻”。沈括第一次提出了太阳视运动不均匀引起真太阳日（太阳连续二次到达正南方的时间间隔为一个真太阳日）长度不等的问题，这是难能可贵的。但是引起太阳视运动不均匀的原因，除了沈括说的，还有黄道斜交于赤道的原因，这两个原因中国古代早已知之。由于它们的联合作用，真太阳日在12月23日前后最长，为24小时加30秒左右，而最短日在6月13日前后，为24小时不足21秒多，并不正好是冬、夏至日。此外，一年当中只有11月28日至1月15日的49天真太阳日比24小时长20秒以上，9月6日至9月28日的23天比24小时短20秒以上。如果沈括的漏刻每昼夜的计时误差不超过20秒的话，他只能在12月份和6月份作出真太阳日不均匀的发现，其他时间是不可能的。上海天文台的郭盛炽在1979年曾撰文详细分析这一问题，^①认为沈括发现的漏壶迟疾不能肯定是真太阳时不均匀所引起。笔者认为沈括关于真太阳不均匀的话只是理论上的推测，并未能用他的漏壶做出发现，他的漏壶精度没有达到每天30秒的水平。

^① 《天文参考资料》1979年1期，第1—10页。

第三节 浑 仪

浑仪是我国古代天文学家用来测量天体坐标和两天体间角距离的主要仪器，由于它的重要性，历代均有研制。保存至今的明制浑仪和清制浑仪结构合理、铸造精良、装饰华丽，成为古代天文仪器的精品，甚至成为我国古代科技文明的象征（见图 3. 3）。

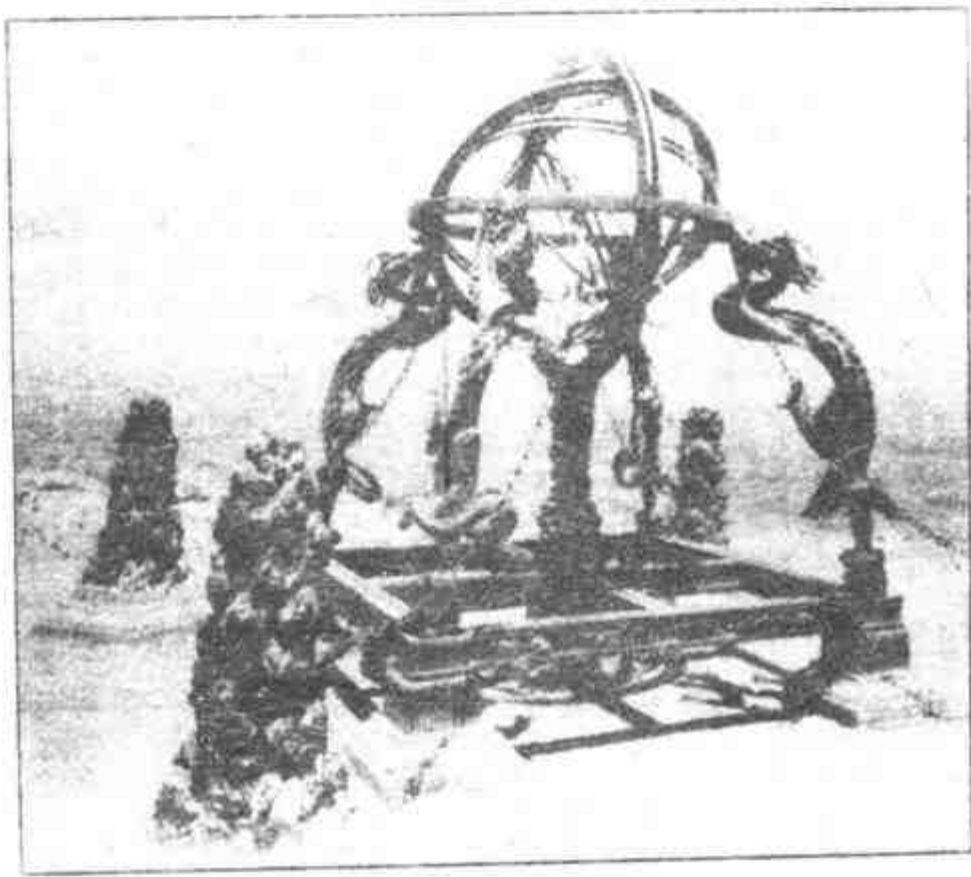


图 3. 3 浑 仪

现在，谈到浑仪的最早制造一般都引用这样两条资料：

“或问浑天。曰：落下闳营之，鲜于妄人度之，耿中丞象之。”（杨雄：《法言·重黎》）

“落下闳为汉武帝于地中转浑天，定时节，作太初历。”

（《隋书·天文志》）

落下闳是汉武帝时人，他营造了一个浑仪，另一位天文学家鲜于妄人用它来测量，而宣帝时的大司农中丞耿寿昌则做了一个浑象来模拟天球的运动。这里，西汉末年的杨雄并没有说浑仪是落下闳发明的，只是说他制造了一个浑仪。那么，在落下闳之前还有什么线索呢？以下几点值得考虑：

首先，战国时代的石申约是公元前4世纪人，他曾著《天文》八卷，其中有100多颗恒星的赤道坐标，以入宿度表经度，去极度表纬度，单位为度，度以下用少、半、太、强、弱等字表示。这说明石申的时代应该有测量角度的仪器，并且能测出比1度还小的角度。

其次，分周天为 $365\frac{1}{4}$ 度的制度应同四分历的创制有关，而先秦四分历的形成年代很可能在公元前四五世纪的战国时代。

第三，1973年长沙马王堆出土了《五星占》一部，其中记有公元前246年至前177年间木土金三星的行度，度以下的单位为分，而1度为240分。

第四，1977年在安徽阜阳从西汉初年的古墓中出土一套二十八宿圆盘，除有二十八宿距度外，还有古度，跟《开元占经》所记《石氏星经》中的古度数相符合，这说明“古度”系统确是存在的。

第五，三国时吴国天文学家王蕃曾说：“浑天遭周秦之乱，师徒断绝而丧其文，惟浑仪尚在灵台，是以不废，故其法可得言，至于纤微委曲阙而不传。”（全上古秦汉三国六朝文）

以上这些资料和实物都表明：在秦汉之前已有测量角度的仪器，亦或已存在浑仪这样的测角仪器。在本章第一节中曾描述过出土的汉初二十八宿圆盘的用法设想，有可能最初的测角仪器是平面的盘，在某一平面内测角。《后汉书·律历志》中曾提到“圆

仪”的仪器，可能也是一种平面测角工具，但天体定位需要两个坐标，必须将平面的测角工具在赤道面和子午面内分别使用二次，这样必然会想到立体的测角工具，而将平面的盘立起一转就形成一个圆球，所谓“立圆为浑”，或许浑仪的出现曾经历了从圆到浑的发展过程。^①

我国古代浑仪从诞生到变成历史文物，经历了从简单发展到复杂又回到简单的过程。战国至秦或许是它的诞生时期，汉唐时期是研制、创新、定型阶段，宋元时期是它的高峰，明代以后创新和铸造的热情明显下降。

浑仪的构造包括三个基本部件，首先是窥管，通过这根中空管子的上下两孔观测所要测的天体；其次是反映各种坐标系统的读数环，当窥管指向某待测天体时，它在各读数环中的位置就是该天体的坐标；此外就是各种支承结构和转动部件，保证仪器的稳固和使窥管能自由旋转以指向天空任何方位。

最初的浑仪结构比较简单，只有一根窥管和赤道系统的读数环并兼做支架的作用，在《隋书·天文志》中最早留下了南北朝时孔挺于公元323年制的浑仪结构，即如上述，它就是“古之浑仪之法者也”。公元412年，北魏斛兰制铁浑仪，增加带水槽的十字底座，底座上立四根柱子支承仪器。这样，读数系统与支承系统就分开了。到唐代，由于李淳风和一行、梁令瓚等人的努力，浑仪的三重环圈系统建立起来，成为后世浑仪结构的定型式。

浑仪的三重环圈各有名称，最里面的是四游环或四游仪，它夹着窥管可使之自由旋转；中间一重是三辰仪，包括赤道环、黄道环、白道环，上面都有刻度，是各坐标系统的读数装置；外面一重是六合仪，包括地平、子午、赤道三环，固定不动，起仪器支架作用。考察历代所制浑仪，都可以按这三重环圈体系来分析

^① 《中国天文学史文集》第三集，1984年，第205页。

它们的结构。英国李约瑟博士在《中国科学技术史》一书中列出了一张表格，分析了十几架浑仪的结构，可资参阅，但其中有一些可能对古代资料的理解有误，将浑象误为浑仪。

由于天体的周日运动是沿赤道平面的，所以只有赤道系统能最方便地表示天体的坐标，黄道和白道就显得很麻烦，而且，由于岁差的原因，赤道和黄道的交点不断变化，使黄赤道的位置不面定。一行和梁令瓚所铸黄道游仪就是为了解决这个问题而设计的，他们在赤道环上每隔1度打一孔，使黄道环能模仿古人理解的岁差现象不断在赤道上退行。类似的情况是白道和黄道，李淳风就在他制造的浑天黄道仪的黄道环上打249个孔，每过一个交点月就让白道在黄道上退行一孔。这样的设计虽说巧妙，但使用上却带来不便，精度上也受影响，后来遂被废除。

宋代的浑仪铸造主要在北宋，大型的就有五架，每架用铜总在1万公斤以上，可见其规模之大。而且宋代浑仪也注意精度方面的改良，如窥管孔径的缩小，降低人目移动造成的误差；调正仪器安装的水平 and 极轴的准确，降低系统误差；又发明转仪钟装置和活动屋顶，成为中国天文仪器史上两大重要发明。

浑仪到了宋代已是环圈层层环抱的重器，它在天文测量和编历工作中起了很大的作用，但也渐渐显示了多重环圈的弊病：安装和调正不易，遮蔽天空渐多，使许多天区成为死区不能观测。因此，宋代之后已在酝酿浑仪的重大改革，这就是元代简仪的创制。

要追踪历代浑仪的下落是件不容易的事。木制的当然不易保存下来，即使是铜铁铸的也因年久湮灭和战乱毁坏而不存。汉代浑仪现在已无法研究，只知张衡（78—139）以后著名学者蔡邕（132—192）还见其在候台，流放朔方后他仍思念要寝伏仪下，探索天文学问题。前赵南阳孔挺于公元323年所铸浑仪，后经魏晋丧乱，沉没西戎，义熙十四年（418年）宋高祖（刘裕）定咸阳得之，至梁时置于重云殿前（《隋书·天文志》）。北魏斛兰412年

所铸铁浑仪使用了200年，至唐时仍置于太史候台之上，但已经锈蚀，转动不灵，误差太大，不能使用，于是李淳风另铸新仪（《新旧唐书·天文志》）。

唐初李淳风于贞观七年（633年）铸成浑天黄道仪，唐太宗令置于凝晖阁，以用测候，“既在宫中，寻而失其所在”，而该仪的“用法颇难，术遂寝废”，这架仪器在皇宫内下落不明。后一行、梁令瓚又铸黄道游仪，开元十三年（725年）成，玄宗亲为制铭，置之于灵台以考星度。此仪下落也未交代。但一行和梁令瓚同时铸造的浑象被置于武成殿前，无几而铜铁渐涩，不能自转，遂藏于集贤院，不复使用。从这里可知，当时冶铸的仪器比较容易锈蚀（《新旧唐书·天文志》）。

宋代浑仪的遭遇要复杂些，北宋为金所灭，开封的五大浑仪全被虏至金都（现北京）（《宋史·天文志》），运输过程中损坏的部件均被丢弃，浑仪被置于金太史局的候台上，但因开封和北京纬度差达4度，观测时需作修正。金章宗明昌六年（1195年）八月，雷雨狂风使候台裂毁，浑仪滚落台下，后经修理复置于台上。公元1214年，北方蒙古族南下攻北京，金宣宗南渡开封，仓惶出逃，宋代浑仪搬运困难，只好放弃而去，宋代仪器再次受到毁坏（《金史·历志下》）。至元代初年吴师道在城外记游诗中就曾提到宋皇祐浑仪废弃在金代司天台上。^①《元史·郭守敬传》中也提到：“今司天浑仪，宋皇祐中汴京所造。”可见，到元代初年，宋代浑仪只有皇祐年间（1051年）周琮等人所造的一架还有线索，其他的都已不明。

北宋亡后，高宗南渡，偏安江南，在杭州曾铸造过二三台小

^① 元吴师道九月二十三日城外记游诗云：“清台突兀出天半，金光耀日如新磨，玑衡遣制此其的，众环侍值森交柯，细书深刻皇祐字，观者叹息争摩挲，司天贵重幸不毁，回首荆棘悲铜驼。”

型浑仪，置于太史局、钟鼓院和宫中，但下落均不明（《宋史·天文志·律历志》）。

明建都南京后，洪武十八年（1385年）将北京的宋、元浑仪运至南京鸡鸣山设观象台，二十四年（1391年）铸浑仪。明成祖迁都北京后，仪器并未运回北京，而是派人去南京做成木模到北京来铸造，1437年铸成，置于明观象台上（即现在的北京古观象台）（《明史·天文志》）。清康熙七年（1668年），钦天监请将南京的郭守敬所造仪器运回北京（《清朝文献通考·象纬考》）。康熙五十二、三年间梅毂成在观象台下见到许多前代旧仪，言“元制简仪、仰仪诸器，俱有王恂郭守敬监造姓名”。康熙五十四年（1715年）欧洲传教士纪理安提出铸造地平经纬仪，将台下元明旧仪，除明制简仪、浑仪、天体仪外，尽皆熔化充作废铜使用，遂使元明旧仪不复留存，实在令人惋惜和气愤。这里有几点应该指出：清初从南京将元明旧器运回北京时有否全部运回？尤其是宋皇祐浑仪，清代文献均未提及，是否仍遗于南京？又元代郭守敬所铸仪器甚多，明洪武二十四年也曾在南京铸浑仪；梅毂成的话太笼统。所以关于宋、元、明旧仪的下落还有待进一步研究和发现。

目前陈列在北京古观象台上的仪器为清代铸造，而在南京紫金山天文台上的浑仪、简仪则是明仿制的宋元旧仪。

第四节 简仪和仰仪

简仪，1279年元初郭守敬创制，现存紫金山天文台之简仪为明正统年间（1437年）复制品（见图3.4），而郭氏原器毁于清康熙五十四年（1715年）。简仪是重要的观测用仪器，由浑仪发展而来。因其简化了浑仪的环圈重叠体系，又将赤道坐标与地平坐标分开，不遮掩天空，观测简便，故后人以此作为简仪名称之由来。

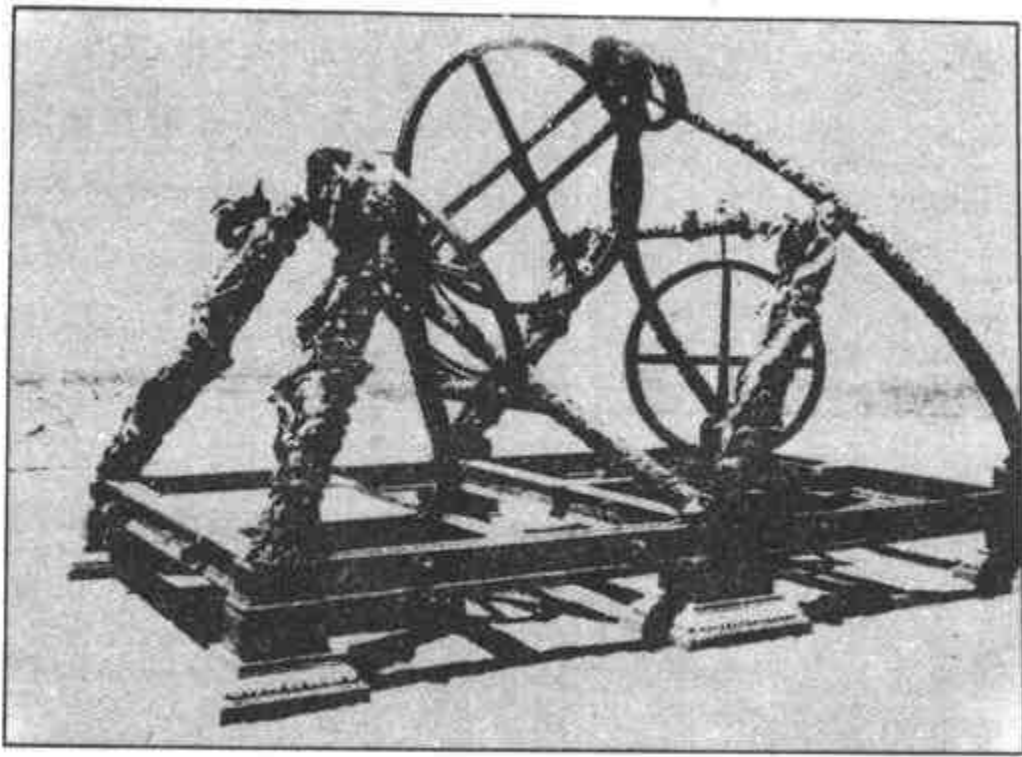


图 3. 4 简 仪

英国人李约瑟博士提出了另一种说法，他认为简仪的来历要溯源于一位西班牙穆斯林天文学家贾博·伊本·阿弗拉，他于1170年制成了一架黄赤道转换仪，能方便地将一种球面坐标变换成另一种。1267年扎马鲁丁可能将这一知识带到了中国，郭守敬建造简仪时采用了这一知识而简化了其中的黄道坐标部件，因而郭守敬成了赤道式装置的创始人。^①这一说法并未得到人们的赞同，实在是因为赤道式装置在中国古已有之，历代之浑仪浑象均已采用，且浑仪发展到宋代，环圈重叠的弊病已趋明显，宋代铸仪时已考虑简化的问题。至于扎马鲁丁携来的西域仪象，文献中未提到黄赤道转换仪。因此，上述说法自然难于接受。

要说简仪曾受到阿拉伯仪器的影响和启发，或许还是有的。比较明显的是简仪上百刻环的刻度，除分为100刻之外，每刻又分

^① 李约瑟：《中国科学技术史》第四卷天学（中译本），第474页。

成 36 分，这就相当于将周天 3600 分，这是在郭守敬之前的中国仪器上没有过的。而周天 360 度分划在唐代和元代都曾传入中国，特别是扎马鲁丁的仪器用 360 度制，这可能是郭守敬在创制简仪时受其启发的一个例子。此外，在简仪上没有用历来沿用的窥管，而是改用窥衡，将中空的管子改成一根尺，两头立起一小铜片，上面开小孔，小孔中置一细线，用上下孔中两条细线与天体重合定准天体的位置，这里既有阿拉伯仪器上照准器的影响，也有郭守敬的创新。

简仪，就其结构来说是一个含有四架简单仪器的复合仪器，或许称复仪更为合适。它的主要部分是一架赤道经纬仪，可算是传统浑仪的简化，它只有四游环、赤道环和百刻环，而后两环重叠在一起置于四游环的南端，使四游环上方无任何规环遮掩，一览无余。在赤道和百刻两环之间安装有四个铜圆柱，起滚动轴承的作用（明复制品中没有），这一发明也早于西方 200 年之久。另一部分是地平经纬仪，又称立运仪，就是直立着运转的仪器。这也是新创造的，可以测量天体的地平经纬度。它只有二个环，一个地平环，水平放置，在地平环中心垂直立一个立运环，窥衡附于其上，起四游环的作用。其他二部分是候极仪和正方案，候极仪装于赤道经纬仪的北部支架上，以观北极星校准仪器的极轴，使安装准确。正方案置于南部底座上，它既可以携带走单独使用，在这里也可以校准仪器安装的方位准确性（现存简仪上正方案的位置在明末清初换上了平面日晷）。在《元史·天文志》里列举郭守敬创制的仪器名称，首先就是简仪，而立运仪、候极仪、正方案的名称又另外列出，可见郭守敬所指的简仪就是单指其中的赤道经纬仪，但当时既无这一名称，它又同传统的浑仪形状不同，考其作用正如浑仪，结构比浑仪简化。故郭守敬称其简仪也是合理的。

仰仪是郭守敬创制的另一架重要仪器，形如一口大锅仰面朝

天，锅内刻赤道坐标网，在半圆球的球心处设法置一铜片，中开小孔，利用小孔成像的原理将太阳像成在大锅的内壁上，从刻成的经纬网中立即可以看出太阳的坐标。这一仪器免除了仰面观测的不方便，又避免了人眼直接观日的光芒刺激。它既可以测知太阳的坐标，又可判断时间，日食时还可以方便地观测亏起方位和食分，是一架用途广泛、使用方便、铸造容易的仪器。这一发明不久便传到朝鲜和日本，至今朝鲜还保存有 17 世纪时制造的仰釜日晷。

在天文仪器的制造中，利用小孔成像的原理，这在中国是绝无仅有的，就是在世界古代天文仪器中也未见过，郭守敬是首创者。同时，在郭守敬创造的仪器中还有一件景符，是配合高表观日影用的，利用的也是小孔成像原理，这表明郭守敬的这一创造并非偶然。在我国古籍中，关于小孔成像的描述最早见于战国时代的《墨经》，南宋以后该书流行甚广，郭守敬研究其中的知识作出创造是完全可能的。

仰仪由于明清两代的南北迁移和人为毁坏，今已不存。但是根据仰仪的形式和原理制作的小型日晷在民间肯定流传甚广。北京市文物管理所在“十年动乱”中曾从垃圾堆里拣到一块象牙制的仰釜日晷残品，在朝鲜也保存有 100 多年前制作的类似日晷，其北极出地高度为 37 度多，这一纬度跟郭守敬的故乡河北省邢台非常接近。目前，有关单位正准备复制一架仰仪，使后人得以重睹它的光彩，也使先人之伟大发明不致湮灭无存。

第五节 浑 象

浑象是另一类古代天文仪器，主要用于象征天球的运动，表演天象的变化（见图 3. 5）。有时也称浑天象或浑天仪，甚至称为浑仪，同用于观测的浑仪互相混淆。

提起浑象或浑天仪，人们马上会想到张衡创制浑天仪，这实在有些误会。东汉科学家张衡确实制造过一架浑象，称“漏水转浑天仪”，但浑象的发明在张衡之前。在前面讲浑仪时曾提到西汉宣帝时大司农中丞耿寿昌就曾制造过浑象，所以在张衡之前浑象已经出现了。至于耿寿昌之前的情况，现在还没有资料，因此浑象的发明还是个谜。

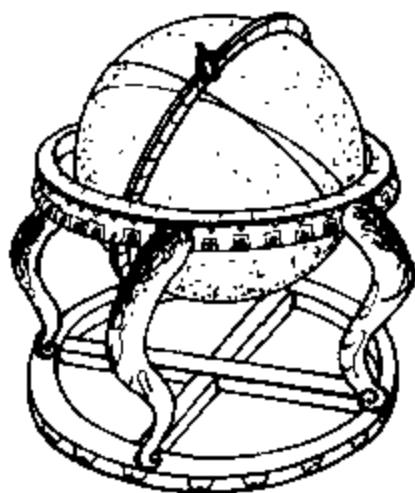


图 3. 5 浑 象

那么张衡对浑象有没有贡献呢？有的。张衡发明了水运浑象，即以水力转动浑象，使之能自动旋转，同天象的运转协调一致，能比较准确地表演天象的变化。因此，只要将张衡的水运浑象放在屋子里就可以知道外面的天象，在大白天也可以知道什么星到了南中天。这一贡献开创了后代制造自动旋转仪器的先声，导致了机械计时器即钟表的发明，对世界文明的发展影响深远。

浑象的基本形状是一个大圆球，象征天球，大圆球上布满星辰，画有南北极、黄赤道、恒显圈、恒隐圈、二十八宿、银河等等，另有转动轴以供旋转。还有象征地平的圈（在圆球之外）或框，亦或有象征地体的块（在圆球之内）。由于大圆球的转动带动星辰也转，在地平以上的部分就是可见到的天象了。

在耿寿昌和张衡之后，各种尺寸的浑象几乎各代都有制造，但有的是不能自动旋转的，有的则仿照张衡的做法，用漏水的动力使浑象随天球同步旋转，而这后一类自动浑象在唐和北宋时代得到了长足的发展，其中重要的是一行、梁令瓚和张思训、苏颂、韩公廉等人的创造性工作。一行和梁令瓚在唐开元十一年（723年）制成了开元水运浑天俯视图，或开元水运浑天，首次将自动旋转的浑象同计时系统综合于一体，设两木人按辰和刻打钟击鼓。沿

着这一想法，北宋天文学家张思训于公元 979 年做了一台大型的“太平浑仪”，名曰浑仪，实际上是一个自动运转的浑象，做成楼阁状，有 12 个木人手持时辰牌到时出来报时，同时有铃、钟、鼓三种音响，该仪以水银为动力，因其流动比水稳定，启动力量也大。后来，苏颂、韩公廉又建成了约 12 米高的水运仪象台，将浑仪、浑象、计时系统综合于一身，达到了自动浑象制造的顶峰。

1958 年，王振铎先生根据苏颂的著作《新仪象法要》考证了水运仪象台的结构，复制成功了这台仪器的缩小模型，陈列于中国历史博物馆。差不多同时，英国李约瑟等人也做了类似的工作，伦敦邮政总局的孔布里奇先生也按其研究和理解复制了一件。通过他们的研究，一致认为其中控制运转的关键部件卡子乃是后世机械钟表中擒纵器的雏形。在西方机械钟表问世前的 6 个世纪，一行等人已做出了这一发明。李约瑟说，这一发明使我们看到了从漏水计时到现代化机械钟表发展过程中的关键一环。^①

浑象的研制到了元代有新的发展，郭守敬以他的创造性才能确使浑象出现了新的面貌和用途。在郭守敬为编制授时历和建设元大都天文台而创制的仪器中有浑象一架，半隐柜中，半出柜上，其制作类似前代。另还有一件前所未有的玲珑仪，关于此仪，所留资料不多，致使研究者产生两种不同的看法，一种认为是假天仪式的浑象，^{②③} 另一种则认为是浑仪，^④ 持不同意见的双方主要都是依据郭守敬的下属杨桓所写的《玲珑仪铭》。现将该铭文中有关仪器形状和性质的话录于下：

① 李约瑟：《欢迎中国科学院代表团时的讲演》，1961 年 10 月 19 日。

② 李迪：“对郭守敬玲珑仪的初步探讨”，《北京天文台台刊》，1977 年 10 月第 11 期。

③ 薄树人：“试探有关郭守敬仪器的几个悬案”，《自然科学史研究》，一卷 4 期，1982 年。

④ 潘鼐：《现存明复制浑仪源流考》，1980 年油印本。

“……制诸法象，各有攸施。萃于用者，玲珑其仪。十万余目，经纬均布。与天同体，协规应矩。遍体虚明，中外宣露。玄象森罗，莫计其数。宿离有次，去极有度。人由中窥，目即而喻。先哲实繁，兹制犹未。逮我皇元，其作始备。……”（《天文类》卷十七）

如果用现代语言把这一段译出来便是：

“……天文学家制成仪象，各有各的用途，而集多种用途于一身的只有玲珑仪，该仪表面沿经纬线均匀分布有10万多孔，按规律准确地与天球相符。整个仪体虚空透亮里外可见。虽然星宿密布于天，不计其数，但它们都有入宿度和去极度，只要利用该仪从里面窥看，即刻可以明白。古代贤者很多，但这种仪器尚未发明，直到元代，才首次做出来。……”

根据这一段描述可以清楚地感觉到，玲珑仪就是具有浑象之外形又有浑仪之用途的新式仪器。按郭守敬的助手齐履谦所作《知太史院事郭公行状》，他创制玲珑仪的原因是“象虽形似，莫适所用，作玲珑仪”（浑象虽然形状如天球，但不适于运用，所以作玲珑仪）。上文已提过郭守敬曾制作了一个从外面观看的浑象，如果玲珑仪是一个从里面观看的浑象（假天仪），则本质没有什么不同，仍旧是“莫适所用”。至于说玲珑仪是浑仪，是明代复制浑仪的原型，这一看法，更是站不住脚。郭守敬已经对环圈相套的浑仪做了重大改革，创制了简仪，不可能再去做一个环圈相套的旧式浑仪，而且玲珑仪铭的描述中有许多话是同环圈相套的浑仪不相容的。浑仪和浑象以及假天仪，在元代之前均有制做，不能认为“兹制犹未”，因此，说玲珑仪是假天仪或浑仪对上述引文中最后四句均无法解释，结论只能是：玲珑仪既不是假天仪，也不是浑仪，它就是玲珑仪。

日本山田庆儿教授曾猜想玲珑仪是以半透明材料制做天球的浑象，其前一半是可取的。在这种半透明材料上按经纬线钻小孔，

当人从里面看时，就感到整个天球布上了经纬网，天上的星都在这经纬网中有其位置，其坐标一看即明。白天可用来看太阳，晚上可用来看星，得到它们的人宿度和去极度，这就类似浑仪的用途，故应安置于台顶。但当把三垣二十八宿及全天星象也标在球壳上以后，又可以表演天象变化，类似浑象的用途。所以称它玲珑仪，也是符合实情的。

元明以前的历代浑象均未能保存下来，现在北京古观象台和南京紫金山天文台的浑象是清代制造的。

第六节 西域仪象

西域一词，在我国历史上泛指玉门关以西的广大地区，有时甚至包括中亚、北非、东欧这大片地方。十二三世纪，蒙古族强大，多次西征，势力达到多瑙河流域，建立了庞大的蒙古大帝国。统治中亚一带的伊儿汗国，其建立者为元世祖忽必烈的弟弟旭烈兀，他们之间经常有人员往来，促进了中亚阿拉伯文化与中原文化的交流。1267年，天文学家扎马鲁丁来到元大都，带来了一批阿拉伯天文仪器，在《元史·天文志》里统称为西域仪象。

按元史所载，“至元四年（1267年），扎马鲁丁造西域仪象”。根据下面著录的七件仪器来看，有些需就地建筑，不可能从远道带来。

七件仪器的名称均按阿拉伯文音译，伴以汉文意译。虽然《元史》中关于其结构介绍得很概要，并有一些脱误，但它必竟是有关传入我国的中世纪阿拉伯天文仪器最完整详备的资料，从中可以了解这些仪象的情况。

第一件，“咱秃哈刺吉，汉言混天仪也”。这是一架古希腊托勒玫式的黄道经纬仪，或可称黄道浑仪。该仪有二个转动轴，一是出地平36度的赤道轴，“可以旋转，以象天运为日行之道”，这

里“日行之道”为太阳周日运行的轨迹，不是指黄道。另一个轴是距赤道轴 24 度的黄道轴，上面铸有黄道圈和黄经圈，“亦可以旋转”，可测定天体的黄道坐标。

第二件，“咱秃朔八台，汉言测验周天星曜之器也”。这也是古希腊式的，用以测天体天顶距。该仪用一根 7.5 尺的直立铜表，表顶有机轴可旋转，从表顶附一根 5.5 尺的铜尺和一根等长的窥管，尺和管下端之间置一横尺，三者组成一等腰三角形。但窥管与横尺的联接处是可以滑动的，使窥管仰角能改变。《元史》中“下本开图之远近”一句似有误，“图”字疑为“闭”之误，“本”疑为“可”之误，如这样，这句话可理解为（窥管的）下部距铜表可以远近开闭之，就是上面的意思了。这种仪器在托勒玫的《天文学大成》里已有介绍，按用途可称为地平纬仪。

第三、四两件是一组，“鲁哈麻亦渺凹只，汉言春秋分晷影堂”，“鲁哈麻亦木思塔余，汉言冬夏至晷影堂也”。这两件仪器分别置于东西向和南北向的密室里，屋脊上沿东西向和南北向分别开一条缝，日光通过屋顶上的缝隙射到仪器上，以定春秋二分和冬夏二至。其工作原理同圭表测影相同。

第五、六两件是一组，“苦来亦撒麻，汉言浑天图也”。实际上这是一个天球仪，上标全天星象，有象征地平和赤道的环，有子午环、南北极。“苦来亦阿儿子，汉言地理志也”。这实际上是一个地球仪，以木为之，圆球状，七分为水，绿色，三分为陆地，白色，又画江河湖海。上面还有小方格状的经纬网。这件仪器可算是地球和地理经纬度概念第一次在我国体现，可惜的是它没有在元代天文学史上产生什么重要影响。

第七件是一个阿拉伯星盘，“兀速都儿刺不，汉言定昼夜时刻之器也”。^①同地球仪一样，它也仅仅是存在而已，未发生什么影

^① 《元史》原文为“兀速都儿刺不定汉言昼夜时刻之器也”，今据薄树人意见改。

响，直到明末清初又由西方耶稣会士再次传入，才有人写书介绍它的原理和用途。^①

第七节 晷仪 复矩 正方案 牵星板

晷仪，一般称秦汉日晷。目前共发现三个，一藏中国历史博物馆，一藏加拿大安大略皇家博物馆，另一个仅存一小角残石。它们的形状为一方形石板，中央有较深的圆孔，以圆孔为中心画有一大圆圈，在圆周上刻有 69 个浅孔，浅孔都标上 1—69 的数码，并有直线与中央圆孔相连。按 69 孔所占圆周 $2/3$ 略多来估算，整个圆周是等分成 100 份的，每一浅孔占 $1/100$ 。从所用字体来看，当为秦汉遗物（见图 3. 6）。

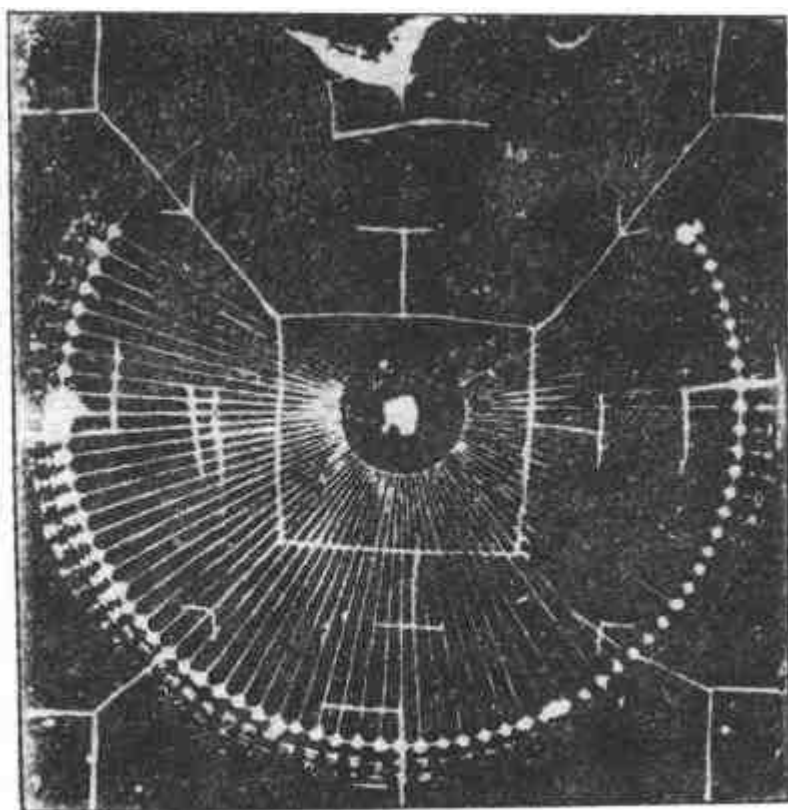


图 3. 6 秦汉日晷

对这些孔和线，研究者普遍的看法是，中央圆孔插一定表，周围浅孔插置游表，都是用来观测太阳影子的标杆。除了这些没有分歧的意见，对于这一仪器的用途却有三种不同的看法，至今并无公认的结论。

一种看法认为这是观日影定时刻的仪

^① 见李之藻著《浑盖通宪图说》。

器，联系到我国很早就将一天分成 100 刻，这一仪面上也是均匀分成 100 份，其夜间部分（31 刻）无需刻画，故只需刻 69 孔。如将仪面倾斜放置，与当地赤道面平行，则日影在晷面上的移动就是均匀的，因此这就是一个赤道式日晷。

第二种看法认为仪面是平放的，不能用来测时，可以用来校准漏壶。持这种看法的人认为中国赤道式日晷发明在南宋初年，而秦汉出土的这些仪器底座也不宜斜置。

第三种看法认为这是用来定方向的仪器，平放在地面上，只要中心定表的影子端点一天二次（上、下午）落到圆周上的二个浅孔上，利用这两个浅孔的连线可知东西方向。在《周髀算经》和《淮南子》中均有这种方法的介绍，《汉书·律历志》中也有“议造汉历，迺定东西，立晷仪，下漏刻，以追二十八宿于四方……”的话，故认为这是同定方向有关的“晷仪”。

笔者比较倾向于第一种看法。这是因为，均匀的浅孔与平放的仪面是不相容的，太阳的周日运动平行于赤道面，只有将仪面平行于赤道面放置才能使日影均匀地在仪面上移动。明确的赤道式日晷记载虽出现在南宋，但这不能作为秦汉时没有赤道式日晷的理由。事实上，早在战国时代已出现了天体赤经差的测量，编成了石氏星表，说明赤道式仪器早已出现。再说，圆周上的 100 分划正好跟百刻时制相合，定向用的仪器跟均匀分 100 份没有必然的联系，其他分划也可以完成定方向的任务。至于《汉书·律历志》的话，则更有利于这是定时刻的仪器，为了议造汉历，必先确定东西方向，方向确定后才好安放“晷仪”即日晷，将晷面上未刻部分朝南，以定正午，有了日晷就可以校准漏壶，使正确计时，其后就可以观测，追二十八宿于四方了。

复矩，又称复矩图，唐代天文学家一行、南宫说等人为编制大衍历而创制的仪器，可以用来测各地的北极高度，即地理纬度。

据史料记载推测，认为这是把一根直角曲尺翻转过来，在直角顶点悬一重锤，在两根垂直的尺之间设置圆弧，上面标有刻度（见图 3. 7）。只要沿一根尺边观测北极星，重锤线在圆弧上就可以显示出北极高度的读数。利用这一仪器，南宫说等人测量了河南省境内登封、阳城、滑县、开封、上蔡四地的北极高度，又测量了四地之间的距离，发现 351 里 80 步（约 151 公里）北极高度差 1 度。

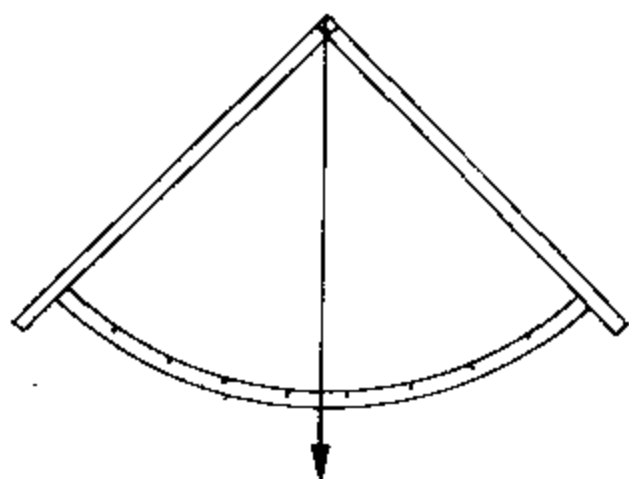


图 3. 7 复矩猜想图

上述关于复矩结构的推测仅仅根据新旧唐书天文志中的一句话：“以复矩斜视，北极出地三十四度四分”。到底有否重锤线和带刻度的圆弧，没有文献记载。但在有关的叙述中，又提到“勾股图”、“大衍图”、“复矩图”等名称，并多次出现“以图测之”，“按图斜视”，“以图校

之”等语。因此，“复矩”和“复矩图”是否为一物遂引起人们的怀疑。如《旧唐书·天文志》载：“……朗州测影，夏至长七寸七分，冬至长一丈五寸三分，春秋分四尺三寸七分半。以图测之，定气长四尺四寸七分，按图斜视，北极出地二十九度半。”这里春秋分之影长有二个数据，一个是实测的，一个是以图测的。大家知道，根据简单的球面天文知识，可以从冬夏至日影长求得春秋分的日影长，据此可以求得春秋分日太阳的天顶距，而这个数据就是当地的北极出地度（地理纬度）。将新旧唐书中的各地测影数据进行计算，发现其计算所得的春秋分影长与“以图测之”的数据相符，而跟实测值颇有差距。这是否说明“复矩图”乃是一种图解法或一种根据冬夏至的影长求出观测地的北极出地度的数学方

法？

这一数学方法可能是这样的：先根据一行创立的太阳天顶距和影长对应表算得各度之影长，再计算北极出地为 17 度的地方夏至及各气太阳天顶距和相应影长（只要算夏至到秋分之间即可够用），^①列成一表，这就是北极出地 17 度地方的复矩图，然后依次算出北极出地 18 度、19 度……直至 40 度各地的表，共得 24 个表。到达某地时，只要知道测影日的节气和测得中午影长即可在上述 24 个表上去查对，找到相应的二张表，其所测影长正在二表所列数据之间，用内插法即可知某地的北极出地度。《旧唐书·天文志》曰：“沙门一行因修大衍图，更为复矩图，自丹穴以暨幽都之地，凡为图二十四，……”可见 24 图之意即为每度一表也。

元代郭守敬进行了更大规模的大地测量，他的流动测量队所带仪器为“正方案、丸表、悬正仪、座正仪等”，“又作仰规复矩图，异方浑盖图，日出入永短图等，与上诸仪互相参考”。^②也可见复矩图不是仪器。

正方案，这也是一种便于携带的天文仪器，元代郭守敬创制，在《元史·天文志》中有专文介绍它的结构和用途。其制为四尺见方的木板，厚一寸，木板边缘有水槽，以校平放。从中心始画有 19 个同心圆，间隔为一寸，最外一圈上刻有周天度（见图 3. 8）。中心置一表，当正方案平放时，上午表影在西，下午移至东，表影端点依次与各同心圆相交，记下这些交点，连结起来就是东西方向。各连线之中点与表底的连线就是南北方向。当正方案侧立时，从中心悬一重锤，划墨线表示地平，正方案上的十字

^① 其方法参见“唐代一行编出世界上最早的正切函数表”，《自然科学史研究》，1986 年 4 期。

^② 齐履谦：《知太史院事郭公行状》元文类，卷 50。

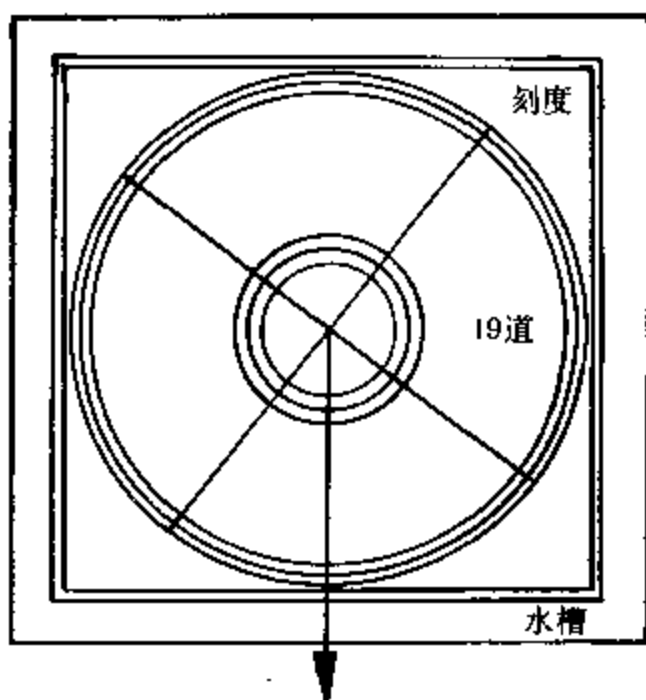


图 3. 8 正方案

得到旁证，可惜这样的资料现在没有发现。

线一根指向北极，另一根即指向天赤道，重锤线与指向赤道的线之间夹角就是北极出地度，可从最外一圈的刻度上显示出来。这一部分就同上面推测的复矩结构相似了。如果有资料能说明郭守敬创制正方案时受到了唐代一行复矩的启示，则有关复矩的结构推测似可

牵星板，这是一种实用的测角仪器，同复矩和正方案类似，都具有便于携带和使用简便的特点，但牵星板多用于海上航行，以测量天体的水平高度或两天体间的纬向角距离。在明代李翊写的《戒庵老人漫笔》中描述了牵星板的形状：“苏州马怀德牵星板一付，十二片，乌木为之，自小渐大，大者长七寸余。标为一指、二指以至十二指，俱有细刻，若分寸然。又有象牙一块，长二寸，四角皆缺，上有半指、半角、一角、三角等字，颠倒相向，盖周髀算尺。”根据这一记载，可以知道一付牵星板有大小十二块乌木方板，另有一块象牙板，四角缺去，表示指以下的单位：一指等于四角（见图 3. 9）。

使用时，手持牵星板伸向前方，使板下沿与海平面相合，板面垂直于海面，板中心穿一根面定长度的线，一头贴在下嘴唇或眼窝下，沿板上沿观看要测之恒星，换取适当大小的牵星板，使

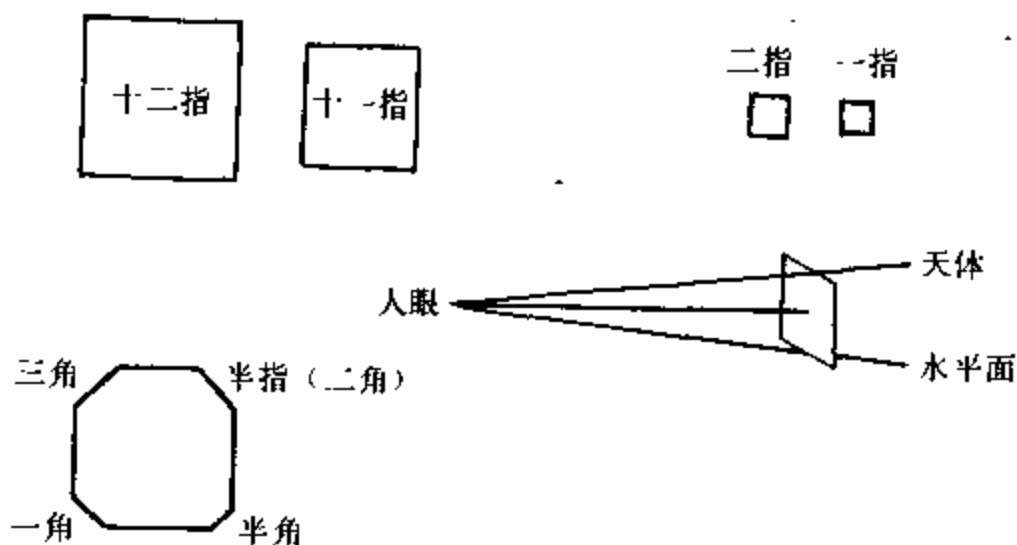


图 3. 9 牵星板示意图

要测之星正好贴着牵星板上沿，则板上标明的指数就是这个星的水平高度。这种简便易行的方法在海上航行中广为应用，以确定海船在大海中的南北位置。明代茅元仪编纂的《武备志》中载有《郑和航海图》24页，其中有4幅《过洋牵星图》，上有许多实测纪录，如“织女星七指平水”，“水平星五指一角平水”等。此外，在《顺风相送》、《指南正法》等书中也有不少牵星记录，说明牵星术在航海中的重要作用。1974年在泉州湾发掘的宋代海船中出土了大批珍贵文物，其中也有多块缺角的木板，形状与上图中的象牙板相似，从严重磨损的情况来看，它们很可能是用久了的牵星板，后来改做物品签了。

在泉州湾出土的南宋古船中还有一件颇为奇怪的尺，长20.7厘米，宽2.3厘米，从一头开始刻有5个分划，每划间距约2.6厘米，其余7厘米多没有刻划。这种一头有刻度另一头没有刻度的尺很可能也是一种牵星工具，不妨叫做“牵星尺”，它是牵星板的发展还是牵星板的前身，现在还很难说。因为用牵星板来牵星，其使用单位为“指”和“角”，“角”的来历显然是同牵星板的缺角有关，而“指”则为手指头。当初人们想测量两天体之间的角距离，很可能是手臂平伸，竖起手指头来量，看两天体之间能容

下几指，于是就用“指”来表示这种角距离，在马王堆出土的帛书《五星占》中就用了“指”这样的单位来表示金星与月亮的角距离，在《乙巳占》和《开元占经》中也引用了战国时期的不少星占书，其中也有“指”的记载，可见“指”这一单位当起源在公元前三四百年。同时我们也发现，古代除了用“指”之外，也用“尺”、“寸”来表示角距离，南宋古船出土的“牵星尺”为我们提供了一件实物，它的刻度2.6厘米约相当于宋尺的一寸，当手持未刻度的部分，手臂向前伸直，尺顶与某星相接时，看海平面在尺上的位置就可知道某星出水几寸了，这无疑也是一件简便的牵星方法和牵星工具。

第四章 古历解读

迟疾之率，非出神怪，
有形可检，有数可推。

——祖冲之

第一节 中国古历沿革和分期

早在原始社会时期我国就有历法的萌芽。日出而作、日入而息的习惯，以物候和气候变迁来指导农耕和采撷活动，这些都是原始历法的萌芽。《尚书·尧典》中有“期三百有六旬有六日，以闰月定四时成岁”的话，这句话至少传达了三种信息，即一岁分四季（四时），366天，并有闰月的安置。

殷商时期的甲骨卜辞，提供了殷历的重要线索，主要包括以六十干支来记日，以月亮的圆缺周期记月，大月30天，小月29天，一年12个月，有时13个月，是为闰月，有“南日至”即冬至的认识。这表明殷历已具备了阴阳合历的特点，这一特点作为一种传统为后世历法沿用了数千年之久。

进入西周，历法又有了进步，在铸造于青铜器上的铭文中发现有大量月相的记载：初吉、既望、生霸、死霸等。这些名词是表示一月中的某一天（定点说），还是表示某一时段（四分说），历来争论不休。争论的双方都不能完满地解释现有的金文资料，也不能有力地证明对方的站不住脚。因此，这一问题仍有待进一步发现新资料。虽然如此，它仍说明西周时期对月亮圆缺规律的研究已有进展。公元前七八世纪创作的《诗经·十月》篇，第一次出现了“朔”的记录，

表明已将月的开头从“朏”(新月初见),改成了朔(日月相合),因为朔是看不见的时刻,需以别的方法推算,其难度当比朏大得多。

春秋末期,出现了四分历和 19 年 7 闰的闰周,使我国古历出现了新的进展。四分历是以 $365\frac{1}{4}$ 天为一年之长,并发现 235 个朔望月同 19 年差不多一样长,故 19 年中安插 7 个闰月,这样,一个朔望月的长度就是 $29\frac{499}{940}$ 天,比笼统地以 29.5 天为一月进步多了。在诸侯割据、列国分争的形势下,各国行用不同的历法,计有夏、殷、周、鲁、黄帝、颛顼六种,称古六历。它们都是四分历,只是年的开头在十一月、十二月或是一月而不同,历法的起算点历元不同。以一月为岁首称建寅,晋国地区曾使用;以十二月为岁首称建丑,鲁国文公、宣公以前曾用过;以十一月为岁首称建子,宣公以后行用过;后来还出现过以十月为岁首的,是为建亥,秦和汉初使用过。至于历元的不同,《后汉书·律历志》介绍说:“黄帝造历,元起辛卯。颛顼用乙卯。夏用丙寅。殷用甲寅。周用了巳。鲁用庚子。”

秦及汉初以前的历法均未能保存下来,所以它们的详情不得而知,虽有一些文献和考古发掘提供了零星的资料,但要复原某一种历法还是不可能的,如同生霸、死霸的问题争论一样,对先秦古历的几种看法尚不能说谁是谁非,在资料不足的情况下做出任何结论将是不科学的。

西汉武帝时征召天下善历者改造新历,编成太初历,成为传世的第一部完整历法,其后改历多次,造历近百种。

为节省篇幅,将部分中国古历列表 4.1 如下。

表 4.1 中国古历表

序号	历名	撰修者	修成年代	行用年代	回归年	朔望月
1	夏历	无考	无考		365.2500^{H}	29.53085^{H}

续表 1

序号	历名	撰修者	修成年代	行用年代	回归年	朔望月
2	周历	无考	无考		365.2500	29.53085
3	鲁历	无考	无考		365.2500	29.53085
4	殷历	无考	无考		365.2500	29.53085
5	黄帝历	无考	无考		365.2500	29.53085
6	颛顼历	无考	无考	(秦)前 221? —前 207 (西汉)前 206—前 105	365.2500	29.53085
7	历术甲子篇	司马迁	前 104	未用	365.2500	29.53085
8	太初历	邓平等	前 104	(西汉)前 104— (东汉)84	365.2502	29.53086
9	三统历	刘歆			365.2502	29.53086
10	古四分历		约公元前 5 世纪		365.2500	29.53085
11	四分历	李梵等	85	85—263	365.2500	29.53085
12	乾象历	刘洪	206	223—280	365.2462	29.53054
13	黄初历	韩翊	220	未用	365.2468	29.53059
14	太和历	高堂隆	227	未用	365.2469	29.53060
15	景初历	杨伟	237	237—451	365.2469	29.53060

续表 2

序号	历名	撰修者	修成年代	行用年代	回归年	朔望月
16	正历	刘智	274	未用	365.2467	29.53058
17	永和历	王朔之	352	未用	365.2468	29.53059
18	三纪甲子元历	姜岌	384	384—517	365.2468	29.53060
19	元始历	赵馥	412	412—439 452—522	365.2443	29.53060
20	元嘉历	何承天	443	445—509	365.2467	29.53059
21	大明历	祖冲之	463	510—589	365.2428	29.53059
22	正光历	张龙祥	521	523—565	365.2437	29.53059
23	兴和历	李业兴	540	540—550	365.2442	29.53060
24	大同历	虞邕	544	未用	365.2444	29.53060
25	九宫历	李业兴	547	未用	365.2443	29.53064
26	天保历	宋景业	550	551—577	365.2446	29.53060
27	天和历	甄鸾	566	566—578	365.2443	29.53071
28	孝孙历	刘孝孙	576	未用	365.2443	29.53059
29	甲寅元历	董俊等	576	未用	365.2445	29.53060
30	孟宾历	张孟宾	576	未用	365.2443	29.53059

续表 3

序号	历名	撰修者	修成年代	行用年代	回归年	朔望月
31	大象历	马显	579	579—583	365.2438	29.53063
32	开皇历	张宾	584	584—596	365.2434	29.53061
33	大业历	张胄玄	597	597—618	365.2430	29.53059
34	皇极历	刘焯	604	未用	365.2445	29.53060
35	戊寅元历	傅仁钧等	619	619—664	365.2446	29.53060
36	麟德历	李淳风	665	665—728	365.2448	29.53060
37	神龙历	南官说	705	未用	365.2448	29.53060
38	九执历	瞿昙悉达	718	未用	365.2467	29.53058
39	大衍历	一行	728	729—761	365.2444	29.53059
40	五纪历	郭献之	762	762—783	365.2448	29.53060
41	正元历	徐承嗣	783	784—806	365.2447	29.53059
42	宣明历	徐昂	822	822—892	365.2446	29.53060
43	崇玄历	边冈	893	893—938	365.2445	29.53059
44	钦天历	王朴	956	956—963	365.2445	29.53059
45	应天历	王处讷	963	964—982	365.2445	29.53059

序号	历名	撰修者	修成年代	行用年代	回归年	朔望月
46	乾元历	吴昭素	981	983- 1000	365.2449	29.53061
47	至道历	王睿	995	未用		29.53060
48	仪天历	史序	1001	1001—1023	365.2446	29.53059
49	乾兴历	张奎	1022	未用	365.2448	29.53050
50	崇天历	宋行古	1024	1024—1064 1068- 1074	365.2446	29.53059
51	明天历	周琮	1064	1065- 1067	365.2436	29.53059
52	奉元历	卫扑	1074	1075—1093	365.2436	29.53059
53	观天历	皇居卿	1092	1094—1102	365.2436	29.53059
54	占天历	姚舜辅	1103	1103—1105	365.2436	29.53059
55	纪元历	姚舜辅	1106	1106—1127 1133—1135	365.2436	29.53059
56	大明历	杨级	1127	1137—1181	365.2436	29.53059
57	统元历	陈德一	1135	1136—1167	365.2436	29.53059
58	乾道历	刘孝荣	1167	1168—1176	365.2436	29.53059
59	淳熙历	刘孝荣	1176	1177—1190	365.2436	29.53060
60	乙未历	耶律履	1181	未用	365.2431	29.53059

续表 5

序号	历名	撰修者	修成年代	行用年代	回归年	朔望月
61	重修 大明历	赵知微	1181	1181--1234 1215—1280	365.2436	29.53059
62	五星 再聚历	石万	1187	未用	365.2445	29.53059
63	会元历	刘孝荣	1191	1191--1198	365.2437	29.53059
64	统天历	杨忠辅	1199	1199—1207	365.2425	29.53067
65	开禧历	鲍瀚之	1207	1208—1251	365.2431	29.53059
66	西征庚 午元历	耶律楚材	1220	未用	365.2436	29.53059
67	淳祐历	李德卿	1250	1252	365.2428	29.53059
68	会天历	谭玉	1253	1253—1270	365.2429	29.53059
69	成天历	陈鼎	1271	1271—1276	365.2427	29.53059
70	授时历	郭守敬	1280	1280—1664	365.2425	29.53059
71	圣寿万 年历	朱载堉	1554	未用	365.2420	29.53059
72	黄钟历	朱载堉	1581	未用	365.2420	29.53059
73	新法历	徐光启等	1634	1645—1723	365.2422	29.53059
74	晓庵历	王锡阐	1663	未用	365.2422	29.53059
75	癸卯元历	戴进贤	1742	1742—1911	365.2423	29.53059

对于这如此众多的历法和漫长的历法发展史,过去也曾有分期的研究,并提出可分三期,即古六历之前为历法萌芽期,古六历至明大统历为历法改革期,明末以后为中西合历期。这一分期当然不无道理。但是,对最富有中国特色的近百种古历,即从古六历到明大统历未能再作进一步的分析,实在失于笼统。钱宝琮先生曾对这一时期的历法沿革做了详尽的叙述,^①对各历的成就和进步做了精辟的分析,成为该领域的代表之作。如果从各历的天文内涵和计算原理方面来分析,还可以做进一步的分期。

第一期东汉乾象历之前,可称为固定周期均匀运动期。这里有古六历、太初历、后汉四分历等,这些历法都基于日、月、行星以固定周期匀速运动为前提,一旦确定了各种周期和起算点(历元),所有年的日历可简单地用周期循环叠加而推出。

第二期从乾象历至隋皇极历,包括魏、晋、南北朝的许多历法,不断认识到日、月、行星的运动是不均匀的,并陆续应用到历法推算中,是从均匀运动向非均匀运动的过渡时期。

第三期从隋皇极历至元授时历,为固定周期非均匀运动期,包括隋唐历法、众多的宋历及辽金历法。这是中国历法史上最重要的一个时期,为了计算各天体在固定周期内的非均匀运动,发展了二次和三次内插法等数学方法。它们以第一期的均匀运动为基础,再考虑各种非均匀运动的改正,用逐步逼近的方法力求符合天象,构成了中国历法计算的主体。

第四期为元授时历,可称做半固定周期非均匀运动期。这一期的酝酿可从南宋杨忠辅统天历开始,杨忠辅首次提出了回归年长度变化为古大今小的认识,授时历在此基础上创岁实消长法,每百年往前增万分之一日,往后减万分之一日。按现代天文学理论,回归年、朔望月、交点月等周期都不是固定不变的,且相邻两个周期

^① “从春秋到明末的历法沿革”,《历史研究》,1960年3期。

也不相等,所以从固定周期走向半固定周期在认识上是重要的发展。

从这一分期可以看出,要研究中国古历,解读中国古历的计算原理和方法,第三期是关键所在,弄清了第三期历法的计算,可以上推远古,下通未来。以研究中国历法而著称于世的日本数内清教授正是从隋唐历法入手,写下了《隋唐历法史之研究》这一奠基性著作,看来是不无道理的。

第二节 古历计算原理和方法概述

要一一解读中国古历,绝不是本书的篇幅所能胜任的,即使详细解读某一个历法,也得写成一本专著。因此,这里只能概述其原则,兼以解剖麻雀的方法对某些关键问题做必要的解释,作为研读古历法的初阶。

初次接触古历法的人,即使是天文专业毕业的学生,又具有高等数学的基础,也往往为一些专有名词而难倒。其实,中国古历的计算只需要初等数学,对于分析其天文意义,也只要具备基础天文概念和一般天体力学知识。清代由于文字狱的迫害,许多文人转向研究古史,那时对《三统历》就做了不少解读工作。本世纪30年代,朱文鑫先生写下了《历法通志》一书,对一些历法名词和算法做了解释。50年代,王应伟先生又写了《古历通解》一部(未出版),进一步对各历的算法做了解释。这些书都可资参考,但它们往往偏重于算法,而忽视了天文意义的诠释,使人们不甚清晰。

中国古历的计算原理是认为太阳、月亮、行星在恒星背景间的视运动是有周期性的,而在相当长的时间内又认为这些周期是固定不变的。因此,一个周期以后,天体的运动又重复前期,周而复始。

第一期的历法,以固定周期均匀运动算,即认为在一个周期里

天体的运动也是均匀不变的,因而计算就非常简便。

一般说来,每个历法总有个起算点,即历元,这个历元时刻是各种周期的共同起点,例如,它正是一年的起点,即十一月初一日夜半,其日为甲子,此时正交冬至,日月五行星都在同一经度上,后来又增加了太阳、月亮正在黄白交点上,月亮又正好在近地点上,等等。这样一个理想的起点时刻称为上元。

如果推算某一年的日历,该年距上元共有 N 年,而一年的长度是 A 天,每朔望月的长度是 B 天,则该年的冬至到上元共有 NA 天。

$$(NA \div 60)_{\text{取余数}} = a$$

$$(NA \div B)_{\text{取余数}} = b$$

$$a - b = c$$

从上元开始,每过 60 天就是一个甲子日,余数 a 就是所求年冬至距甲子日有多少天,即冬至日的干支。同理,从上元开始,每过 B 天就是一个朔日,余数 b 就是所求年冬至距朔日有多少天, a 与 b 的差 c 就是该年十一月朔日的干支了。从 c 开始,累加 B 天就是十二月、一月、二月……等每月朔日的干支,从 a 开始,累加 $\frac{A}{24}$ 天,就是小寒、大寒、立春……等 24 个节气的干支。这样,一年的历谱就排出来了(见图 4.1)。

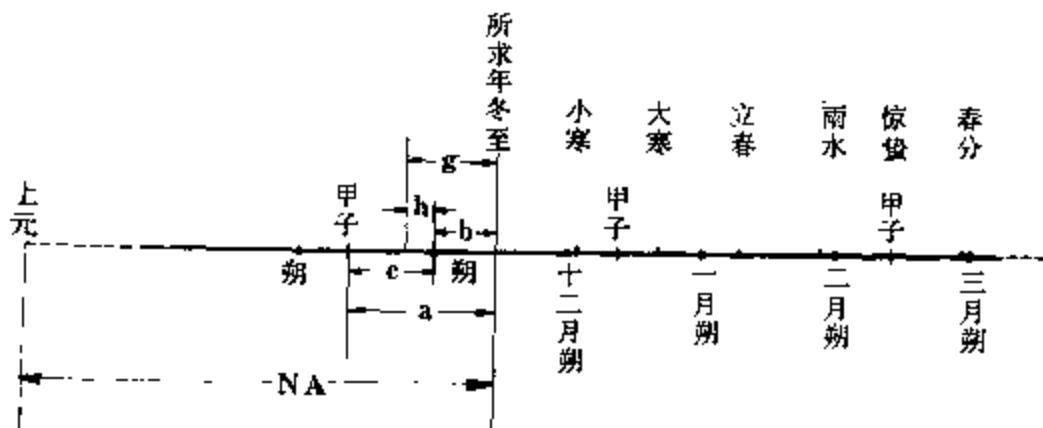


图 4.1 一年历谱的排列计算

在古历中, N 一般称为积年, A 称为岁实, B 称为朔策, $\frac{A}{24}$ 称为气策等等。因为 A 、 B 等不是正整数, 整数以下用分数表示, 早期历法往往分母不统一, 历法中分别以不同的名称给出, 而对 A 、 B 等基本数据又往往以另一些名称给出分子, 故使人眼花缭乱, 不知其然。但只要找出其中的关系, 这些基本数据就不难找到, 计算工作就迎刃而解了。

第一期历法对行星位置的推算与此类似, 但是将一会合周期又分成若干段, 行星在某一段内行多少度, 用多少天都有具体数据, 下一会合周期又周而复始。若以 c_i ($i=1, 2, 3, 4, 5$) 分别表示各行星的会合周期, 则

$$(NA \div c_i)_{\text{取余数}} = d_i$$

d_i 就是所求年冬至各行星距会合周期的起点(这个起点有时是行星与太阳合, 有时是晨见)有多少天。据此可以推算此时行星处在哪一段中, 距太阳多少度, 是不可见、晨见、昏见或半夜见等情况, 并可从此向下推算其动态。因为每一会合周期里各动态段的行星运动都是相同的, 故可先列出表格, 只要知道所求时刻在会合周期里的位置即可查得当时行星与太阳的相对位置。^①

第三期历法计算比第一期要复杂得多。这是因为自东汉以来, 陆续发现了月亮、太阳和行星视运动不均匀现象, 用均匀运动来推算它们的位置必然与天象不符, 尤其是日月运动不均匀影响交食预报的准确, 事关重大。因此在历法中应考虑这些因素, 采取的办法是在按均匀运动计算的基础上加改正值, 在历日安排和交食推算中主要是考虑太阳和月亮的不均匀改正。其步骤是先根据观测列出日月在一个周期里快慢运动的表格, 对太阳来说, 周期是一个

^① 刘金沂:《刘歆研究》,载《天文学家研究》,学林出版社(待出版)。

回归年,古人以为冬至时最快,夏至时最慢;对月亮来说,周期是一个近点月,它同朔望月不同,而且最快的那一点(近点)每月都变化。其次是根据这些表格计算出某一时刻太阳和月亮比均匀运动快或慢的量,这就是改正值。

为了较细致的解释这些算法,下面分日躔月离、交食、晷漏、行星等几节分别叙述。

第三节 日 躔

躔,本表示日、月、行星在运动中经过某一天区;离,则表示离开某一天区,《太衍历》、《历本议》曰:“日行曰躔”、“月行曰离”,面通常日躔,月离或躔离,泛指日月之运动。

由于日月运动不均匀,按均匀运动(或平均运动)算得的日月合朔(日月黄经相同)时刻并不是日月真正合朔的时刻(见图4.2)。

太阳在黄道上运行,月亮在白道上运行,按平均运动计算,它们到达S和M时为合朔(平朔),但此时真正

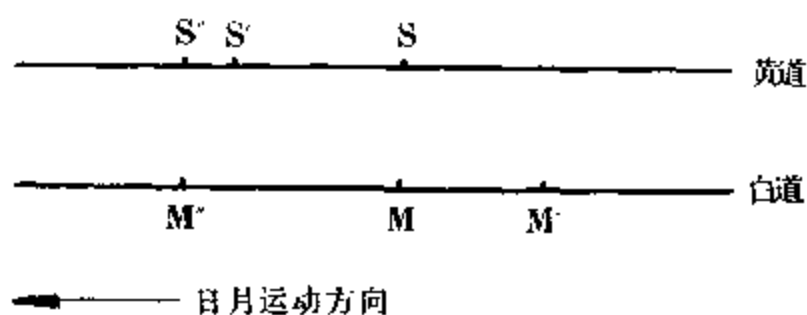


图 4.2 日月的合朔

的太阳已到达S',月亮到达M',显然并不合朔,要等月亮走到M',此时太阳也到达S'时才是真正的合朔(定朔)。由图可见定朔和平朔之间有一个时间差 ΔT :

$$\Delta T = \frac{S'S'}{\text{日速}} = \frac{M'M'}{\text{月速}}$$

$$\because M'M' = M'M + S'S' + S'S'$$

而 $M'M' = \Delta T \times \text{月速}$, $S'S' = \Delta T \times \text{日速}$

$$\therefore \Delta T = \frac{M'M + S'S'}{\text{月速} - \text{日速}} = \frac{M'M}{\text{月速} - \text{日速}} + \frac{S'S'}{\text{月速} - \text{日速}} \quad (4.1)$$

这里月速与日速之差可以用它们的平均速度差代替, 误差不大, 而 $S'S'$ 和 $M'M$ 是平朔时刻真太阳和真月亮比平均值快或慢的量。

在第三期的历法中都给出了日躔表和月离表, 就是给出不同时刻的 $S'S'$ 和 $M'M$ 的值, 来解决上述公式的计算问题。现引唐李淳风麟德历日躔表之一部分为例说明之(见表 4.1)。

表 4.1 麟德历日躔表(部分)

中节	躔差率	消息总	先后率	盈朒积
冬至	益 722	息初	先 54	盈初
小寒	益 618	息 722	先 46	盈 54
大寒	益 514	息 1340	先 38	盈 110
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

这里躔差率就是从冬至至小寒一气之中太阳实际运行量比平均运行量多出的数, 即 $S'S'$, 益表示正(快), 损表示负(慢), 分母为 1340, 单位是天。消息总为躔差率的累积数, 息为正, 消为负。先后率是躔差率除以月速, 即 $\frac{S'S'}{\text{月速}}$, 麟德历以此来代替 $\frac{S'S'}{\text{月速} - \text{日速}}$, 即太阳改正值, 其实这是不对的, 误差达 8%。该历取月速为 $\frac{895}{67}$, 故先后率的算法为:

$$\frac{722}{1340} \div \frac{895}{67} \doteq \frac{54}{1340}$$

$$\frac{618}{1340} \div \frac{895}{67} \doteq \frac{46}{1340}$$

.....

可见,先后率的分子也是 1340,单位为天。盈朒积为先后率的累积数,盈为正,朒为负。

对于用平均运动算得的任何一个平朔时刻来说,它不一定正好在冬至、小寒等等这些节气上,而是距某一节气有一距离,因此上述日躔表中的数据不能直接引用。中国古历中一般用内插法来求某二个气节之间的任一时刻太阳改正值是多少。隋以前曾用一次内插,即平均内插,隋以后改用二次内插法,麟德历用等间距二

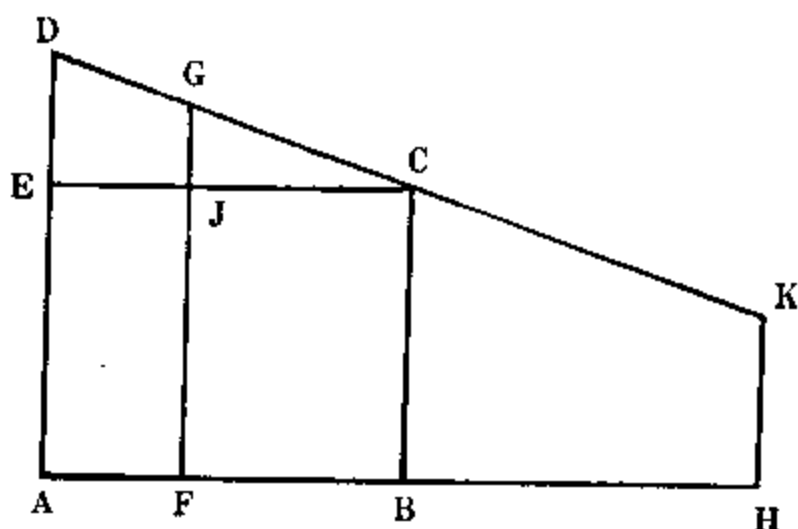


图 4.3 等间距二次内插法的几何原理

次内插法,其几何原理可解释如下(见图 4.3)^①: A 是冬至, B 是小寒, H 是大寒, ABCD 的面积就是太阳实际行度比平均行度多出的量。F 是冬至和小寒间的某一平朔时刻, AFGD 的面积就是 F 点的躔差率。按梯形面积公式:

$$AFGD = \frac{1}{2}(AD + FG) \cdot AF \quad (4.2)$$

由图可知: $AB = BH = \mu$ (设一气之长为 μ 天)

^① 刘金沂:“麟德历定朔算法”,《中国天文学史文集》第三集,科学出版社,1984年。

$$(ABCD + BHKC) \div AH = BC$$

$$(ABCD - BHKC) \div EC = ED$$

ABCD 是冬至气躔差率(本气率),BHKC 为小寒气躔差率(后气率),从日躔表中都可以查得,所以

$$BC = \frac{1}{2\mu}(\text{本气率} + \text{后气率})$$

$$ED = \frac{1}{\mu}(\text{本气率} - \text{后气率})$$

用相似三角形的有关知识,可求得:

$$JG = \frac{EC - AF}{EC} \cdot ED = (1 - \frac{AF}{\mu}) \cdot ED$$

$$\therefore AD = BC + ED, \quad FG = BC + JG$$

$$\therefore AFGD = \frac{1}{2}(AD + FG) \cdot AF$$

$$= \frac{1}{2}[BC + ED + BC + (1 - \frac{AF}{\mu}) \cdot ED] \cdot AF$$

$$= (BC + ED - \frac{1}{2\mu} \cdot AF \cdot ED) \cdot AF \quad (4.3)$$

根据这一公式就可以计算任何时刻的躔差率,进一步求得太阳改正值。

在麟德历中,BC 称做末率,ED 称做总差, $\frac{ED}{\mu}$ 称做别差,AD 称做初率,AF 称做气朔距(即所求的某一个平朔到最近一个节气的距离),AFGD 称做气内改正。麟德历认为,冬至前后日行速,一气之间天数少,夏至前后日行迟,一气之间的天数多,故有进纲 16,退纪 17 的安排,总称为纲纪。秋分后用进纲,每气含 $\frac{16 \times 11}{12}$ 天(14.67),春分后用退纪,每气间含 $\frac{17 \times 11}{12}$ 天(15.58),故式中的 μ 就叫做纲纪。按麟德历原文可以列出求气内改正的计算公式,结果为:

$$\text{气内改正} = \text{初率} \times \text{气朔距} \pm \frac{1}{2} \text{别差} \times \text{气朔距}^2 \quad (4.4)$$

这就是我们上面从梯形面积而求得的公式。

式中本气率大于后气率时称前多,用正号,反之称前少,用负号。在公式推导中,一气之间的天数是相等的,称做等间距,上述式子就是等间距二次差内插法的公式。根据《唐书·历志》所述计算方法亦可得到这一公式。

第四节 月 离

日躔表解决了计算太阳视运动不均匀引起的太阳改正值问题。月离表是解决月亮改正值问题的,各历法中都给出了以近点月为周期的月离表,因为月亮视运动不均匀不是以朔望月为周期的。这首先就给计算增加了一个麻烦,即要先算出某一个平朔时刻距近点有多少天。按本章第二节的方法,设近点月的长度是 D 天,所求年冬至到上元有 NA 天,每过 D 天就是一个近点,所以:

$$(NA \div D)_{\text{取余数}} = g$$
$$g - b = h$$

从图 4.1 知, h 就是所求年十一月平朔到近点的距离。

下面还是引用麟德历月离表的一部分(见表 4.2),解释其计算方法。

表 4.2 麟德历月离表(部分)

变日	离程	增减率	迟速积
一日	985	增 134	速初
二日	974	增 117	速 134
三日	962	增 99	速 251
四日	948	增 78	速 350
⋮	⋮	⋮	⋮

表中变日指离开近点的天数,离程是一天当中月亮的实际运

行度数,分母为 67,单位是度。增减率是该日月实行度与月平行度之差除以月每日平行度的商,即 $\frac{MM'}{\text{月速}}$ 。麟德历以此来代替 $\frac{MM'}{\text{月速} - \text{日速}}$,即月亮改正值,如前节所说,这是有毛病的。增减率的分子是 1340,单位是天。迟速积是增减率的累积值。该历取月速为 $\frac{895}{67}$,故增减率的算法为:

$$\frac{\frac{985}{67} - \frac{895}{67}}{\frac{895}{67}} = \frac{90}{895} = \frac{134}{1340}$$

$$\frac{\frac{974}{67} - \frac{895}{67}}{\frac{895}{67}} = \frac{79}{895} = \frac{117}{1340}$$

.....

对于某一个平朔时刻来说,它不一定正好是离近点的整数天,因此又要用内插法来求任何时刻的月亮改正值。其方法在上一节中已经解释。但是,此时 AB 和 BH 是一天之长,为 1340,μ 称做总法,BC 称做 $\frac{\text{通率}}{\text{总法}}$,ED 称做 $\frac{\text{率差}}{\text{总法}}$,AF 称为入余(是所求的某一个平朔时刻到近点距离,称入变日整数天后的余数),AFGD 称为经辰变率,是上述余数部分的增减率,其整数天部分的总增减率查月离表的迟速积可得。按(4.3)式,

$$\text{经辰变率} = \left(\frac{\text{通率}}{\text{总法}} + \frac{\text{率差}}{\text{总法}} - \frac{1}{2} \times \frac{\text{入余}}{\text{总法}} \times \frac{\text{率差}}{\text{总法}} \right) \times \text{入余}$$

如上节所述,这是前多时的情况,如将前少时的情况也合并起来并化简上式可得:

$$\text{经辰变率} = \left[\text{通率} \pm \left(\text{率差} - \frac{1}{2} \frac{\text{率差}}{\text{总法}} \times \text{入余} \right) \right] \times \frac{\text{入余}}{\text{总法}} \quad (4.5)$$

前多时用正号,前少时用负号。

按照前节的(4.2)式,这一公式的推导是依据梯形面积公式而

来的。对于太阳视运动来说,其不均匀性较小,用直线梯形来做近似,误差不大;但对月亮运动来说,用直线梯形来考虑只能作为一级近似。因此,麟德历的术文中又有一段求变率(即经辰变率)增减率^①的计算方法,其几何原理如同上述,结果也颇为相似,这里录其结果而省去详细推导,可参见所引论文。

$$\text{变率增减率} = \left[\text{通率} \pm \left(\text{率差} - \frac{\text{率差}}{\text{总法}} \times \text{转余} \right) \right] \times \frac{\text{变率}}{\text{总法}} \quad (4.6)$$

前多时取正号,前少时取负号。

$$\text{其中 转余} = \text{入余} \pm \frac{1}{2} \text{变率} \quad (4.7)$$

入变日是十四日以前取负号,十四日以后取正号。

总结前述几个公式,得到求月亮改正值的计算方法:

$$\text{月亮改正值} = \text{迟速积} \pm \text{经辰变率} \pm \text{变率增减率} \quad (4.8)$$

右边第一项是入变日整数部分的增减率总和,第二项是入变日整数天以后余部分(入余)的增减率一次修正值,第三项为二次修正值。当然还可以再做三次、四次修正值,等等。

按照(4.1)式,平朔时刻与定朔时刻之差是太阳改正值与月亮改正值二项,利用上节和本节求得这二项之后,再加到平朔时刻上以后就得到定朔时刻,这就是第三期历法计算定朔的具体方法。

为明了起见,现举一例,试计算龙朔三年(664年)十一月定朔。

查麟德历,该年距上元 269880 年(N),回归年长 $365 \frac{328}{1340}$ 天

(A),朔望月长 $29 \frac{711}{1340}$ 天(B),近点月长 $27 \frac{743}{1340} \frac{1}{2}$ 天(D),按公式计算:

^① 这一名词术文中未出现,作者依术文暂起的名。其详细算法参见拙文《麟德历定朔算法》。

$$a = (NA \div 60)_{\text{取余数}} = 269880 \times 365 \frac{328}{1340} \div 60 |_{\text{余}} = \frac{240}{1340} (\text{冬至干支, 甲子})$$

$$b = (NA \div B)_{\text{取余数}} = 269880 \times 365 \frac{328}{1340} \div 29 \frac{711}{1340} |_{\text{余}} = 13 \frac{350}{1340}$$

$$g = (NA \div D)_{\text{取余数}} = 269880 \times 365 \frac{328}{1340} \div 27 \frac{743 \frac{1}{2}}{1340} |_{\text{余}} =$$

$$27 \frac{297 \frac{1}{2}}{1340}$$

$$\text{十一月平朔干支} = a - b = 46 \frac{1230}{1340} (\text{庚戌}) (\text{不够减时加 } 60 \text{ 再减})$$

$$\text{十一月平朔距近地点} = g - b = 13 \frac{1287 \frac{1}{2}}{1340} (\text{不够减时加 } D \text{ 再减})$$

$$\text{大雪节干支} = a - \frac{A}{24} = \frac{240}{1340} - 15 \frac{292 \frac{5}{6}}{1340} = 44 \frac{1287 \frac{1}{6}}{1340} (\text{戊申})$$

可见十一月平朔在大雪节后二日不足, 约为二日, 即气朔距约为 2。查日躔表知大雪节盈积为 -54, 属于前少的情况, 算得该气初率 $\frac{50}{14.67}$, 别差 $\frac{8}{(14.67)^2}$, 按公式(4.4)算得:

$$\text{气内改正} = \text{初率} \times \text{气朔距} - \frac{1}{2} \text{别差} \times \text{气朔距}^2 = 6.7 (\text{膈})$$

$$\text{太阳改正} = \text{盈膈积} + \text{气内改正} = -54 + 6.7 = -47.3$$

十一月平朔的入变日为 13, 入余为 $1287 \frac{1}{2}$, 该日迟速积为 -223, 算得通率 129.5, 率差 17, 属于前少的情况, 由公式(4.5)算得:

$$\text{经辰变率} = [129.5 - (17 - \frac{1}{2} \times \frac{17}{1340} \times 1287 \frac{1}{2})] \times$$

$$\frac{1287 \frac{1}{2}}{1340} \doteq 116$$

由公式(4.7)算得:

$$\text{转余} = \text{入余} - \frac{1}{2} \text{变率} = 1229 \frac{1}{2}$$

由公式(4.6)算得:

$$\text{变率增减率} = [129.5 - (17 - \frac{17}{1340} \times 1229 \frac{1}{2})] \times \frac{116}{1340} \doteq 11$$

由公式(4.8)算得:

$$\text{月亮改正} = -223 + 116 + 11 = -96$$

$$\text{十一月定期朔干支} = 46 \frac{1230}{1340} - \frac{47.3}{1340} - \frac{96}{1340} = 46 \frac{1086.7}{1340} \text{ (庚戌)}$$

这个时刻相当于戊初二刻,约19时28分。

对于民用历法来说,计算定朔一般不用这样的方法,而是简单地用一次内插法来计算气内改正和经辰变率,也不计算变率增减率,故计算工作变得比较简单。仍用上例说明:

$$\text{太阳改正} = \text{盈朒积} + \text{气内改正} = -54 + 54 \times \frac{2}{15} \doteq -46.8$$

其中第二项的54是大雪气的先后率,2是气朔距,15是认为一气约有15天。

$$\text{月亮改正} = \text{迟速积} + \text{经辰变率} = -223 + 121 \times \frac{1287 \frac{1}{2}}{1340} \doteq -107$$

其中121是第十三日的增减率,1287 $\frac{1}{2}$ 是入余。

$$\text{十一月定期朔干支} = 46 \frac{1230}{1340} - \frac{46.8}{1340} - \frac{107}{1340} = 46 \frac{1076.2}{1340}$$

这个结果同上面计算的相差无几。

第五节 交食推步

推算日月食是历法计算中要求最严格的一项,因为推算出的

时刻最容易得到观测的检验,即使用肉眼观察,一分钟的差别就能被发现,因而古人很早就认识到,“历法疏密,验在交食”。

日食发生在朔,月食发生在望,但不是每一次朔望都发生交食,只有当朔望发生在交点附近时才有食发生。这里,交点就是月亮轨道白道和太阳轨道黄道的交点,有升交点和降交点两个。月亮每月在白道上运行一周,所以每月都要通过这两个交点各一次,连续二次通过同一个交点的时间间隔为一个交点月,约 27 天多。太阳每年在黄道上运行一周,所以每年才通过这二个交点各一次,规定连续二次通过同一交点的时间间隔为一个交点年,或称食年,约 346 天多。从这两个数据可以看出,太阳要隔 5 个多月才通过一个交点,所以就不是每次朔都发生在交点附近。

因为黄道与白道的交角不大,而太阳和月亮又有一定的视圆面,所以当日月合朔发生在交点上时,则必定有食,如果在交点附近,也可能发生食。古历规定了一个范围,东汉刘洪乾象历首先规定为 15 度半,后来一般规定朔望月与交点月之差的一半,这个数也大约是 15 度半,同现代的数据 15.9 度很接近。这个数据就称为食限,即日月合朔时距交点的限度,大于此没有食发生,小于此则可能有食。

要计算交食,首先就要弄清日月合朔时太阳、月亮距离交点有多远,古历称计算这个距离的方法为入交定日术。“定”字的意义是指定朔,因为这里一定要考虑太阳月亮不均匀视运动的影响。按上二节日躔、月离的方法,先计算平朔时刻日、月到交点的距离,以后再考虑改正值。设交点月长度为 E ,交点年长度为 F ,所求年十一月平朔到交点的距离为:

$$\left[(NA - b) \div \frac{1}{2}E \right]_{\text{取余数}} = e \quad (\text{月入交平日})$$

$$\left[(NA - b) \div \frac{1}{2}F \right]_{\text{取余数}} = f \quad (\text{日入会平日})$$

式中 $(NA - b)$ 是十一月平朔到上元的距离,从上元时刻开始,

每隔 $\frac{1}{2}E$, 月亮过一次交点, 每隔 $\frac{1}{2}F$, 太阳过一次交点, 所以 e 是月亮入交平日, f 是太阳入会平日, 这里用“会”, 也就是“交会”之意, 以示区别。要求其后各平朔时刻的入交平日, 只要依次加上朔望月长度, 减去交点月长度即可。

下面是考虑不均匀运动的改正值, 方法也同前二节类似, 但这里要考虑黄白交点的退行问题。由于交点退行, 白道时刻在改变位置, 而现在又是考虑发生在交点附近的情况(见图 4.4)。

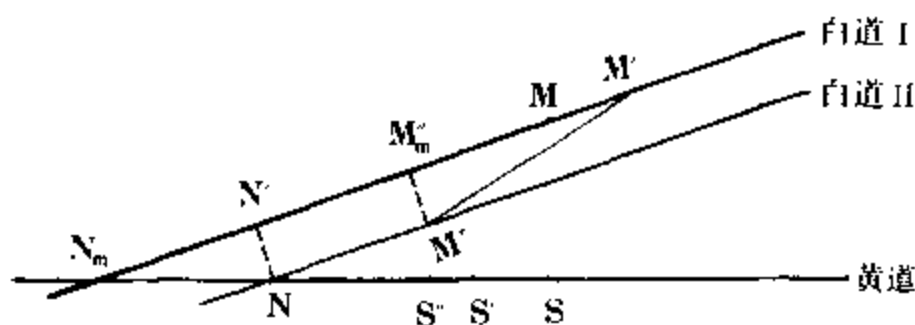


图 4.4 日月交食

平朔时为白道 I, 定朔时为白道 II, 平朔时平月亮去交度为 MN_m , 定朔时去交度为 $M'N$:

$$\begin{aligned} M'N &= M'N_m - N_mN' - M'M'_m \\ &\doteq M'N_m - N_mN - M'M' \end{aligned}$$

设交点在黄道上退行速度为 $(-n)$, 月亮运动速度为 m , 太阳运动速度为 s , 则从平朔到定朔这段时间里, 交点退行了 N_mN , 月亮运行了 MM' , 太阳运行了 SS' , 所以

$$\frac{N_mN}{(-n)} = \frac{s's'}{s} = \frac{M'M'}{m}$$

代入上式得:

$$\begin{aligned} M'N &= M'N_m - M'M' \left(\frac{-n}{m} \right) - M'M' \\ &= M'N_m - M'M' \left(1 + \frac{-n}{m} \right) \end{aligned}$$

按(4.1)式, $M'M'' = \left(\frac{M'M}{m-s} + \frac{ss'}{m-s}\right) \cdot m$

$$\begin{aligned} \text{故 } M'N &= MN_m - (M'M + ss') \cdot \frac{m-n}{m} \cdot \frac{m}{m-s} \\ &= MN_m + M'M - (M'M + ss') \frac{m-n}{m-s} \end{aligned}$$

从第三节知道, $\frac{M'M}{m-s}$ 是月亮改正, $\frac{ss'}{m-s}$ 是太阳改正, 上式两边都除以 $(m-n)$, 得:

$$\frac{M'N}{m-n} = \frac{MN_m}{m-n} + \frac{\text{月亮改正} \times (m-s)}{m-n} - (\text{太阳改正} + \text{月亮改正})$$

$(m-n)$ 是月亮相对于交点的速度, $\frac{M'N}{m-n}$ 就是以时间为单位的定朔时月亮距交点的距离, 即月入交定日, $\frac{MN_m}{m-n}$ 是平朔时月亮距交点的距离, 也以时间为单位, 即月入交平日, 所以, 上式就是:

$$\text{月入交定日} = \text{月入交平日} - \text{太阳改正} - \frac{s-n}{m-n} \times \text{月亮改正}$$

式中 $\frac{s-n}{m-n} = \frac{\text{交点月日数}}{\text{交年年日数}} = \frac{\text{交率}}{\text{交数}} = \frac{27.2122}{346.608} \doteq 0.0785$

这一公式在隋刘焯的《皇极历》里首次提出, 后来的历法都采用这个公式计算入交定日。^① 上面的推导是交点在日月运动前方(交前)的情况, 如果交点在后方(交后), 则公式中符号会相反, 合并起来就是:

$$\text{月入交定日} = \text{月入交平日} \mp \text{太阳改正} \mp \frac{\text{交率}}{\text{交数}} \times \text{月亮改正} \quad (4.9)$$

交前有负号, 交后用正号。利用类似的方法, 可以求出:

$$\text{月入会定日} = \text{日入会平日} \mp \text{月亮改正} \mp \frac{\text{交数}}{\text{交率}} \times \text{太阳改正} \quad (4.10)$$

^① 刘金沂:“隋唐历法中入交定日术的几何解释”,《自然科学史研究》2卷4期, 1983年。

当利用(4.9)或(4.10)式求出某次定朔时月亮或太阳的入交定日(单位是日)以后,马上可以看出它是比食限大还是小,如大于食限,无食发生,小于食限,就有可能发生食,需要进一步向下推算。先推算食分,即交食程度的大小,古历一般认为食分最大15分,最小零分,当入交定日是零时,食分最大,入交定日是食限时,食分为零。所以计算食分的公式就是:

$$\text{食分} = \frac{\text{食限} - \text{入交定日}}{\text{食限} \div 15}$$

由于月亮的视差较大,在地平时几乎达到1度,而太阳视差极小,可以忽略,所以在食分计算中要考虑月亮视差的影响,隋唐历法规定了一些改正方法,这里不去细述。^①

求得食分后可根据食分的大小求全部见食时间。显然,食分越大,见食时间越长,古历曾规定见食时间最长为20刻,约5个多小时,这个数据是长了些。最后是求初亏和复圆时刻,一般是以食甚(交食程度最大)时刻为中点向前后推算,因为初亏到食甚和食甚到复圆的时间大体相等。古历一般认为食甚时刻就是定朔时刻,但后来发现这两者之间有些差别,这就是因为月亮视差引起的,从隋《皇极历》开始就在定朔时刻上加改正值作为食甚时刻,到唐《宣明历》时发现这种改正值应有三项,命名为气差、刻差和时差。气差是同节气有关的,这是因为不同节气时月亮赤纬不同,引起月亮位置的高低不同,因而视差不同,故又称南北差;刻差是同交食的时刻有关的,距中午时间的长短月亮的高低不同,视差有异,故又称东西差;时差是因为黄经圈(从黄极出发的)与地平经圈(从天顶出发的)之间有交角而引起的,使得合朔(日月黄经相同)时刻不是日月最靠近(日月地平经度相同)的时刻。这日食三差的发现和改正使

^① 参见刘金沂:“麟德历交食计算法”,《自然科学史研究》3卷3期,1984年。

中国历法关于日食时刻的推算趋于完善了。

第六节 晷漏和中星

晷是日影,漏是刻漏。由于太阳赤纬的变化,每日中午的影长不同,昼夜时刻的长短不同,冬夏至是两个极点。冬至影最长,昼最短,夏至影最短,昼最长。步晷漏或作步轨漏术即是计算各节气及一年中每一天的日影和昼夜长短的方法。显然,这同太阳的去极度有关。中星是指晨昏时刻正处于南中天的星,由于太阳每天在恒星背景上东移,故每日同一时刻处于南中天的星不同,这跟太阳每日东移的量有关。它可以用中天的宿度表示,也可用晨昏时太阳距中天的度数(去中度)表示。在第一、二期历法中就有相应的术文,但那时是用平均运动步算;第三期历法,认识到太阳视运动的不均匀,故在计算中也开始用不均匀运动步算。

由于地球大气对阳光的散射,日出前天已亮,日没后过一段天才黑,这叫晨昏矇影。因此,昼夜漏的开始不是日出没时刻。古历一般规定日出前 2.5 刻为昼漏的起点,日没后 2.5 刻为夜漏的起点。一天分 100 刻,又分十二辰,故 1 辰 = $8\frac{1}{3}$ 刻,一辰又分初、正二段,故每段为半辰 = $4\frac{1}{6}$ 刻,一天的起点是夜半,为子正,而十二辰从子初算起,见图 4.5。所以对于日出日没辰刻和昼夜漏的起点辰刻都需要化算。

由于太阳在黄道上运动,太阳赤纬随时变化,致使每日的晨前刻都不同,这就要借助步晷漏术。步晷漏术的名称虽然从唐大衍历才开始有,但大衍历之前的历法就有相应的算法,即使第一、二期历法中也有晷漏中星表,按 24 节气给出各气初日的晨前刻或夜漏刻之半,还有阳城晷景长度,黄道去极度(即太阳去极度),昏去中星度(即昏中度),昏旦中星等内容。第三期历法的表中又增加每日的陡降律和消息衰(或屈伸率,发敛差),各历名称不同,意思是指

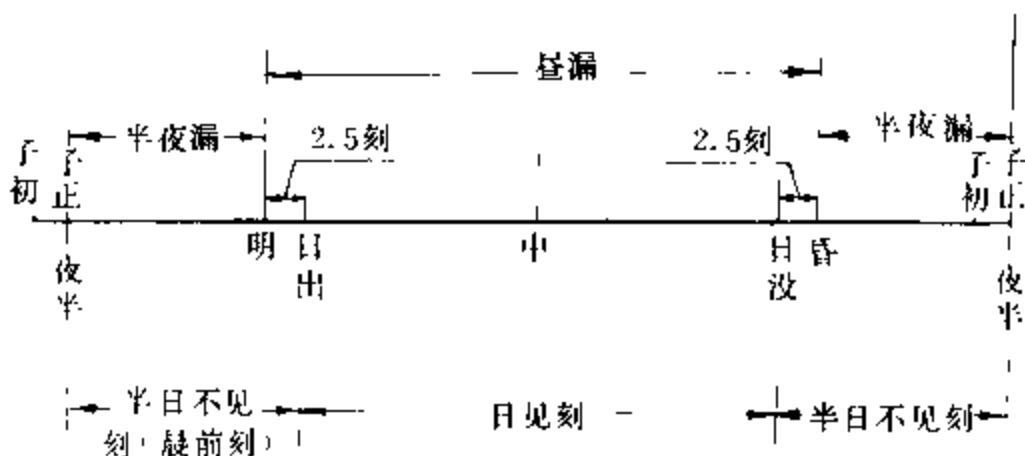


图 4.5 刻漏与十二辰

逐日的变化量和累积数,这是考虑太阳视运动不均匀的需要。

根据实际观测,冬夏至昼夜漏刻之差为 20 刻,而太阳去极度为 48 度(黄赤交角为 24 度),按比例计算,太阳去极每差 2.4 度昼夜漏刻差一刻,所以,相邻二气昼夜漏刻差 = $\frac{20}{48} \times$ 去极度差。刻差和去极度差两项只要知其一项,另一项即可求。《麟德历》用屈伸率和每日的发敛差来累计刻差,求得每日刻差以后即可求每日的晨前刻和太阳去极度。

现在仍以《麟德历》为例说明之。下表是麟德历晷漏中星表的一部分(见表 4.3):

表 4.3 麟德历晷漏中星表(部分)

定气	晨前刻	昏去中度	黄道去极度	屈伸率	发敛差
冬至	30 刻	82 度 2 分	115 度 3 分	伸一 3 分	益 16
小寒	29 刻 54 分	83 度	113 度 1 分	伸二 7 分	益 16
大寒	29 刻 18 分	84 度 8 分	110 度 7 分	伸六 7 分	益 22
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

每刻为 72 分,故 1 辰是 8 刻 24 分。设要求冬至后 10 日的晨前刻及各量。依术文:“置其气屈伸率,各以发敛差损益之,为每日屈伸率。差满十从分,分满十,为率。各累计其率为刻分。百八十

乘之，十一乘刚纪除之，为刻差。各半之，以伸减屈加晨前刻分，为每日晨前定刻。……以三十四约刻差，为分，分满十为度，以伸减屈加气初黄道去极，得每日。以昼刻乘基实，二百乘总法除，为昏中度。”每日发敛差 16，10 日累计 160，为 16 分，加气初 13 分，为 29 分，这样即可求出：

$$\begin{aligned} \text{晨前刻} &: 30 \text{ 刻} - \left(\frac{29 \times 180}{11 \times 16} \right) \div 2 \text{ 分} = 30 \text{ 刻} - 14.8 \text{ 分} = 29.79 \text{ 刻} \\ &= 29 \text{ 刻 } 57 \text{ 分} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{昼刻} &: (100 - 2 \times 29 \text{ 刻 } 57 \text{ 分}) + 5 \\ &= (100 - 59 \text{ 刻 } 42 \text{ 分}) + 5 \\ &= 45 \text{ 刻 } 30 \text{ 分} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{昏去中度} &: (45.42 \times 365 \frac{328}{1340}) \div 200 \\ &= 82.94 \text{ 度} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{黄道去极度} &: 115.3 \text{ 度} - (29.6 \div 34) \\ &\quad \times 2 = 113.6 \text{ 度} \end{aligned}$$

至于从太阳去极度推求晷影长短，大衍历设计了一套计算方法。实际上，根据简单的三角函数关系由太阳去极度可以方便地得到八尺之表的影长。中国古代天文学家用巧妙的代数学方法解决了这一问题，体现了中国天文学的特色（见图 4.6）。计算公式为：

$$\frac{\text{影长 } l}{\text{表高 } h} = \text{tg}x$$

x 是太阳的天顶距，即太阳去极度减去天顶去极度的差。表高 h 是 8 尺，故 $l = 8 \text{tg}x$ 。在大衍历中，以 x 为引数给出了影长 l 的值，即 $8 \text{tg}x$ 的值， x 从零度到 78 度。这实际上是编出了一个正切函数表。利用这个表，可以从影长查得天顶距，进而求得去极度，也可以

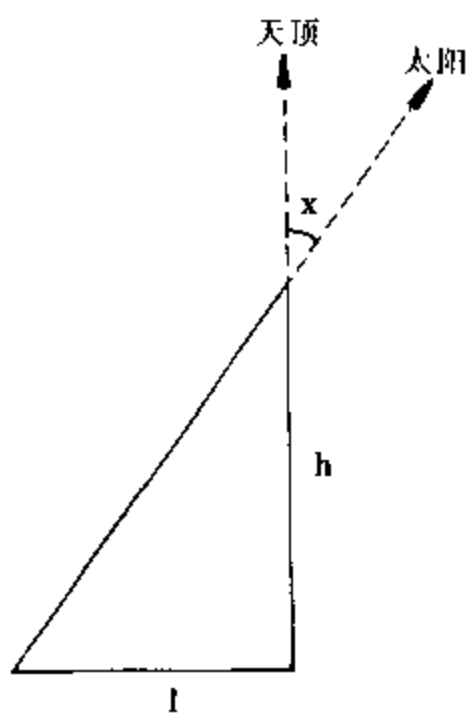


图 4.6 三角函数法求影长

在角度和长度之间建立了联系。这在我国天文学史和数学史上都是一大进步。

第七节 行星位置计算

通过计算来预告行星位置是中国古历法的内容之一,而且是占据篇幅最大的一部分。行星视运动是表现得最为复杂的一项运动,这是因为我们站在地球上观看行星,行星的视运动表现为三种形式:一是周日运动,是地球自转引起,行星同整个天球一起东升西落;二是行星在恒星背景上的运动,是地球与行星绕日运动的合成,表现为顺行(由西向东)、逆行(由东向西)和留(不动)等现象;三是行星相对于太阳的位置变化,是行星、地球、太阳三者的会合运动,表现为晨见(行星早晨出现在东方)、昏见(傍晚出现在西方)、伏(不见)、冲(外行星与太阳相对)、大距(内行星离太阳最远)等现象。第一种运动一般不需考虑。第二、三两种互相有联系,正是中国古历法中步五星的内容。

由于地球与行星都是在各自的椭圆轨道上绕日运动的,速度各不相同,而且时刻变化,因而行星的视位置就显得难以捉摸。世界上各民族的古代天文学家都而对着这一问题。东西方古典天文学的不同,在对行星运动的处理方法上表现得最为突出。古希腊天文学家以几何体系,采用同心圆和偏心圆轨道或本轮均轮结构步算行星位置;中国天文学家则以代数体系,用平均运动附加逐项改正值的方法步算行星位置。双方分头探索而殊途同归。只有当哥白尼将太阳移到中心,开普勒将圆轨道改成椭圆,牛顿建立了万有引力定律之后,才真正掌握了行星运动的真谛。

第二节中已讲过第一期历法按平均运动计算行星位置的原则方法,在第三期历法中,这一方法已不适用,因为这里要考虑不均匀运动的改正。这些改正概括起来有四种,即位相改正、地球改正、

行星改正、太阳改正。下面分别叙述。

位相是同我们在地球上观看行星的角度有关的量,比如我们观看一个在圆形跑道上赛跑的运动员,假设他跑的速度是均匀的,但由于我们观看他的角度不同,会感到他时快时慢,尤其当我们的视线正跟他跑的方向相同时,会感到他不动似的。

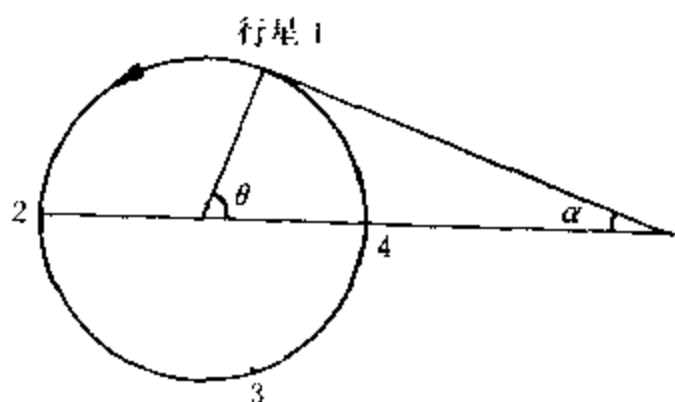


图 4.7 观看角度对行星位置计算的影响

线图 4.7 可以看出:当行星在位置 1、3 时,会感到它不动,这是留,在其附近一段时间内,它运动得很慢(迟行);在位置 2、4 及附近一段时间内,它运动得就快些(速行),而且有一段时间还淹没在太阳的光辉里看不见,这是伏。因而

在一个周期里就必须分成若干段,分段来计算行星的运动和位置,这就是从第一期历法以来就这样做的原因。

不过在第一期历法中,虽然各段的速度不同,各段中的速度还是按不变考虑的。在第三期历法中,各段中的速度也不同,《麟德历》以递加或递减某一常数为每日速度,求若干日后的总行度就用等差级数求和的公式来计算,且看《麟德历》岁星运动的一段术文:

“岁星,总率:534483,奇 45;伏分 24031,奇 $72\frac{1}{2}$;终日,398,余 1163,奇 45。初顺,114 日行 18 度 509 分,日益迟 1 分。前留,26 日。旋退,42 日,退 6 度 12 分,日益疾 2 分。又退,42 日,退 6 度 12 分,日益迟 2 分。后留,25 日。后顺,114 日行 18 度 509 分,日益疾 1 分。日尽而夕伏。”

把这段写成公式就是:

$$\text{会合周期} = \frac{\text{总率}}{\text{总法}} = \frac{534483 \frac{45}{100}}{1340} = 398 \frac{1163 \frac{45}{100}}{1340} (\text{天}) = \text{终日}$$

$$\text{半伏日} = \frac{\text{伏分}}{\text{总法}} = \frac{24031 \frac{72 \frac{1}{2}}{100}}{1340} = 17 \frac{1251 \frac{72 \frac{1}{2}}{100}}{1340} (\text{天})$$

一会合周期分成七段，即初顺、前留、退、又退、后留、后顺、夕伏。各段有总日数和总行度，并有逐日速度的变化值，用等差级数公式可计算各段的初速和末速，如表 4.4。

表 4.4 岁星各段运行表

	晨始 见	初 顺	前 留	退	又 退	后 留	后 顺	夕伏	合计
天数		114	26	42	42	25	114	$17 \frac{1251 \frac{72 \frac{1}{2}}{100}}{1340} \times 2$	$398 \frac{1163 \frac{45}{100}}{1340}$
总行数		$18 \frac{509}{670}$	0	$-6 \frac{12}{670}$	$-6 \frac{12}{670}$	0	$18 \frac{509}{670}$	缺	
公差		-1	0	+2	-2	0	1		
初行速		166.75	0	-55	-136	0	53.75		
末行速		53.75	0	-136	-55	0	166.75		

利用简单的几何学知识可以计算，当行星绕太阳的速度均匀不变时，地球上的观测者看行星在恒星背景上的视运动却是不均匀变化的，并可以画出不均匀变化的曲线来，而这一曲线同上表中列出的初行速和末行速所画出的曲线大体相合。可见，上述对岁星

的术文正是考虑了位相原因而进行的不均匀改正。^①

地球改正就是因为地球绕日运动不均匀而引起行星视运动不均匀的一个改正因素。对于北半球的观测者来说,地球在冬至附近运动得快,此时地球在绕日轨道的近日点附近,反之在夏至附近则运动得慢,因而,这一项改正遂明显地带有季节性,我国古代以 24 节气来表示。在第三期历法中,对火星、金星、水星都有这项改正,表现在每一段中逐日速度有变化,而且这种变化还同节气有关。现录《麟德历》金星夕顺疾段的情况作为例子说明(见表 4.5)。

表 4.5 金星夕顺疾段运行表

节气	日率	度率	变化	平均速度(分母 670)
冬至—立夏	172(日)	206(度)	平	802
小满	172	206	十日益一度	802
芒种	172	207.5	十日益一度	808
夏至—小暑	172	209	平	814
大暑	172	209	五日损一度	814
立秋—大雪	172	206	平	802

日率和度率的意思是说在若干天中共行了多少度,冬至到立夏间和立夏到小满间都是 172 日行 206 度,速度为 $\frac{206}{172} = \frac{802}{670}$ (度/日),小满十日益一度的意思是说从小满开始每 10 日要比上述多行 1 度,故到芒种节时速度变成 172 日行 207.5 度,相当于 $\frac{808}{670}$ (度/日),余类推。从表 4.5 所列情况来看,金星速度最快安排在小暑(105 度),最慢安排在小寒(285 度),这同当时地球远日点(98 度)

^① 参见刘金沂,“麟德历行星运动算法”,《自然科学史研究》4卷2期,1985年。

和近日点(278度)相近,可见这种与节气有关的改正确实考虑了地球绕日运动不均匀的因素。应该指出的是,《麟德历》中在其他段里这项处理有时弄得不对,甚至弄反了,说明当时已发现问题,但尚未完全掌握。

行星改正不用多解释,是行星本身的不均匀运动所引起。在第三期历法中有行星平见时刻改正一项内容,平见时刻就是按平均会合周期算得的行星首次在太阳附近被看到的时刻,但有时这个时刻到了却不见行星,或尚未到这个时刻而行星已见,这说明在一个会合周期里行星的运动不是均匀的,需要改正。《麟德历》对木星的术文是:

“平见,入冬至,毕小寒,均减6日,入大寒,日损67分。入春分,依平,乃日加89分。入立夏,毕小满,均加6日,入芒种,日损89分。入夏至,毕立秋,均加4日,入处暑,日损78分。入白露,依平。自后日减52分。入小雪,毕大雪,均减6日。”

这一段术文的意思是给出了木星在不同节气(这时节气不是指季节,而是指黄道上的位置,即黄经,如春分黄经为零度,白露黄经为165度等)时真运动与平均运动之差值。按术文可以画出木星的平见改正曲线,其曲线上升斜率最大的地方就是速度最快的地方,其下降斜率最大的地方就是速度最小的地方(因为差值是累积效果),从术文可见,这两点是选择在春分和白露前14度^①,即346度和151度,这同当时木星的近日点黄经352度和远日点黄经172度相比差别不太大。而且改正值最大为6天,同理论计算的6.15天也很相近,所以这一项改正就是行星不均匀运动的因素所造成的。

关于太阳改正,在第三节日躔中已作了说明,这里无需再解释。现在要总的说明一下行星位置计算的程序全过程:从上元时刻

^① 按《麟德历》规定,木星初见去日14度。

开始,按平均会合周期求得了平见时刻以后,先要按上段行星改正的术文加上改正值,而得到常见时刻。这个时刻是以干支和某节气后多少天来表示的(注意,此时的节气是日历中的某一天,而不是黄经值),对应于这个时刻有一项太阳改正,需要再加上这个太阳改正后才是定见时刻,故

定见时刻=平见±行星改正±太阳改正

从定见时刻开始,可以逐日推算出行星的位置,而在这个推算过程中,就有位相改正和地球改正的因素需要考虑,这就是本节前面几段已解释了的内容。

经过这些步骤的推算,可以预告某一天某行星在天空的什么位置。这一套方法的建立显示了中国古代天文学家对行星运动规律的追求和探索,他们一代一代地继承前人的成果,不断改进计算方法和改正值,创立了中国特色的算法,是难能可贵的;但是另一方面,确实也要看到对行星视运动的改正带有经验性,还有认识不正确的某些地方,因此带来了不少误差,这正是中国历法中对行星计算需要理论武装的地方。

第八节 少数民族历法

我国境内的许多少数民族,在其发展的漫长岁月中,有的曾行用过自己的历法,这无疑也是中国古历的一部分。可惜由于资料缺乏,有的没有完整的文字记载,或只在口头流传,因而对它的研究还不多。近年来做了些调研,收集资料,取得了一些成果。目前仍在西藏地区和藏民间行用的藏历有不少资料可供研究。在西双版纳傣族和德宏傣族间也有颇具差别的傣历行用。此外,聚居于大小凉山的彝族在历史上也可能行用过一种历法;处于新疆吐鲁番地区的各民族曾使用过高昌历法;分布于全国各地的回族行用回历或伊斯兰历。这些少数民族历法,在我国都有较长的历史。综观这

些历法,有的具有中原地区的历法背景,或是根据中原历法而稍加改造的;有的受域外天文历算的影响;有的可能就是吸收国外的历法,因而对它们应分别考虑和研究。

《藏历》目前仍在行用,并在拉萨每年出版《藏历》历书。相传藏历创始于唐代文成公主入藏之时,但其纪年是从1027年起算的。与汉族历法的干支纪年相似,藏历亦以六十干支纪年,但名称稍有改变,它以阴阳五行代替十干,以十二生肖代替十二支,其对应情况如下:

甲	乙	丙	丁	戊	己	庚	辛	壬	癸		
阳木	阴木	阳火	阴火	阳土	阴土	阳金	阴金	阳水	阴水		
子	丑	寅	卯	辰	巳	午	未	申	酉	戌	亥
鼠	牛	虎	兔	龙	蛇	马	羊	猴	鸡	狗	猪

按这种对应关系,甲子年就是阳木鼠年,乙丑年就是阴木牛年,1986年是丙寅年,《藏历》则称阳火虎年。

《藏历》也是阴阳合历,有大、小月和闰月的设置,但闰月的安排往往同汉历不同,故月序常有一月之差,《藏历》定望不定朔,望一定在十五日,朔不一定在初一,所以日序也会同汉历相差一天。岁首放在正月,这同汉历是相同的。《藏历》在发展过程中也曾做过改进,目前它的推算交食方法还沿用清代《时宪历》的方法。

《傣历》目前也在行用,不过尚没有历书,《傣历》的历本、挂历等往往由缅甸等邻国进口。因为傣族人民都居住在南方亚热带地区,气候较热而多雨,所以《傣历》一年只分三季,即冷季(旱季)、热季和雨季。冷季是正月望日至五月望日(相当于汉历十月半到次年

二月半),热季从五月望到九月望(汉历二月半到六月半),雨季从九月望到次年一月望。由此可见,《傣历》虽以正月为岁首,但跟汉历的月序是不相同的。它的新年也不是正月初一,而是泼水节,相当于清明谷雨之间,现在大约是公历4月15日前后,过了泼水节才是下一年。《傣历》纪年有两套,一是《傣历》的顺序纪年,从公元638年开始是傣历零年,1986年泼水节以后是《傣历》1348年;另一是干支纪年,同汉历一致,但也以泼水节为分界。《傣历》的大小月和置闰也有两套,平时大月30天,小月29天,单月总是大月,双月是小月,但过几年要有一个八月大,这是类似公历的闰年;此外,过二三年一个闰月,一般放在九月之后,这一年就是双九月之年,类似于汉历的十九年七闰制度。这就说明,《傣历》也是一种阴阳合历。《傣历》对一个月中日子的称呼跟汉历不完全相同,有些类似于阿拉伯历法,上半月称月出一日至十四日,十五称望日,下半月称月下一日至十三日(小月)或十四日(大月),最末一日称晦日,看来也是两套系统。此外,纪日用干支,也有七日一周的纪日法,并用日月火水木金土的称呼,就是星期制了。这又是两套系统。这双重体系可能就说明了《傣历》在漫长的发展过程中经历的变迁。

《回历》无需多说,它在我国流传已久,且同穆斯林世界密切相关,它由穆罕默德创立于公元622年,元朝初年忽必烈曾颁行过《回回历》,明代司天监里专设有回回历科,直至清初《回回历》科还保存在清钦天监中。

《回历》有两种年法,即太阴年法和太阳年法。太阴年以朔望月为主,一年十二个月中单月为大尽30天,双月为小尽29天,共354天。但它又以30年为一周,一周用置19个平年和11个闰年,闰年只是在十二月末加一天,这样平均算来每年是354天8小时44分。太阳年以太阳过黄道十二宫为主,也分十二月,一月太阳在一宫,因太阳运行有快慢,故每月天数不等,上半年每月31或32

天,下半年每月 30 或 29 天,这种平年是 365 天。但它又以 128 年置闰 31 次,置闰年也是十二月加一天,为 366 天。平均算来,一年是 365.24218 天,比目前行用的公历(格里历)还要精确得多,要 8 万年才差 1 天。

由于《回历》的太阴年只有 354 天多,所以它的月份同季节不能相应,有时夏天在一月份,有时冬天在一月份。伊斯兰的两个重大节日开斋节和宰牲节固定在《回历》的十月初一和十二月初一,由于上述原因它在公历里的日子就是不固定的了。

以上三种历法目前均在行用,且有较多的历史文献和著作可供研究,下面介绍的《彝族历》和《高昌历》就不同了。《彝族历》目前已不行用,也无系统的文字资料,只流传于年岁较大的人的记忆中。据调查了解,彝族曾使用过一种每年 10 个月,每月 36 天的历法,暂称《十月历》吧。它以十二种动物的属相来记日,每月 3 周,一年 30 周,共 360 天,接着过年,有人发现过年日有五六天之多,因而一年就差不多是回归年的周期了。从这一情况来看,这种历法当是相当原始的。

《高昌历》是新疆吐鲁番地区少数民族建立的高昌国所行用的历法,大约行用于 6 世纪初至 7 世纪中,从出土的墓碑及文书残片中发现。当时中原地区正处南北朝分裂状态,隋、唐以后中原地区虽统一行用历法,但吐鲁番地处边远,仍自行其历。该历纪年用干支,但也有十二年一周单用地支的记法,朔日仍用平均运动步算,大小月无规律,朔望的设置与中原历法往往有差别。显然这是根据中原地区的历法知识安排历日的。在边疆其他少数民族中还有口头流传的不少自然历,往往根据物候的变化及生物活动规律确定农时和月份,也是比较原始状态的历法。

第五章 天地的结构和形状

宇，弥异所也，

久，弥异时也。

——《墨经》

宇之表无极，

宙之端无穷。

——张衡

第一节 盖天——天在上，地在下，天盖地

人生天地之间，从远古时代起就在思考这盖我载我之天地到底具有什么形状，它们之间的关系如何？《诗经·小雅·正月》吟道：“谓天盖高，不敢不局；谓地盖厚，不敢不踏。”这里表达了古人天高地厚的原始认识，古人仰观这摸不着的天，俯察这挖不透的地，产生这一看法是直观朴素的。

盖天之说无疑是最古老的宇宙学说之一。“天似穹庐，笼盖四野，天苍苍，野茫茫，风吹草低见牛羊。”当你来到茫茫原野，举目四望，只见天空从四面八方将你包围，有如巨大的半球形天盖笼罩在大地之上，而无垠的大地在远处似与天相接，挡住了你的视线，使一切景色都消失在天地相接的地方。这一景象无疑会使人们产生天在上，地在下，天盖地的宇宙结构观念。盖天说正是以此作为其基本观点的。

在《周髀算经》一书中详细记载了盖天说的内容，但在它成书之前，有关盖天说的一些看法已在其他书中出现，可见盖天说的起

源是很早的，并在后来不断得到发展。“天圆如张盖，地方如棋局”的说法可能较早就出现，公元前 6 世纪的曾参就感到圆形的天盖和方形的大地是合不拢的。他问道：“天圆而地方，则是四角之不掩也。”（《大戴礼记·曾子·天圆》）后来我们又看到，著名诗人屈原在《天问》里又提出了问题：

这天盖的伞把子，
到底插在什么地方？
绳子，究竟拴在何处，
来扯着这个帐篷？
八方有八根擎天柱，
指的毕竟是什么山？
在南方是海水所在，
擎天柱岂不会完蛋？

这是公元前 300 年左右一段诗的今译，问的似乎已不是简单的天圆地方说，而是在地上由八根擎天柱撑着天盖的一种凉亭式的宇宙结构，它也出现在《周髀算经》成书之前。

在周髀一书中描述的盖天说又一次作了变更，变成“天象盖笠，地法覆盘”，认为：天地都是圆拱形状，互相平行，相距八万里，天总在地上。这一种天地结构看法维持到汉代。在下面我们可以看到，虽然这种盖天说认为地像倒扣着的盘子，中高而外低，但在做具体考虑时又将大地当做平面看待，这表明盖天说对大地形状的看法仍是不成熟的。

盖天说为了解释天体的东升西落和日月行星在恒星间的位置变化，设想出一种蚁在磨上的模型。认为天体都附着在天盖上，天盖周日旋转不息，带着诸天体东升西落。但日月行星又在天盖上缓慢地东移，由于天盖转得快，日月行星运动慢，都仍被带着做周日旋转，这就如同磨盘上带着几个缓慢爬行的蚂蚁，虽然它们向东爬，但仍被磨盘带着西转。

太阳在天空的位置时高时低,冬天在南方低空中,一天之内绕一个大圈子;夏天在天顶附近,绕一个小圈子;春秋分则介于其中。盖天说认为,太阳冬至日在天盖上的轨道很大,直径有 47.6 万华里,夏至日则只有 23.8 万华里,其他各节气和春秋分都介在冬、夏至日道之间,画出来可得一个七衡六间图(见图 5.1)。最外第一道为冬至日道,最内第七道为夏至日道,其余各道分别为:

第二道	大寒	小雪	日道
第三道	雨水	霜降	日道
第四道	春分	秋分	日道
第五道	谷雨	处暑	日道
第六道	小满	大暑	日道

名道的中心是天极,天极之下为极下,即地上的北极。人居地在极下之南,所以我们看天盖的旋转像是倾斜着的,这就叫“其势斜倚”。

盖天说又认为人目所及范围为 16.7 万华里,再远就看不见了,所以白天的到来是因为太阳走近了,晚上是太阳走远了。这样就可以解释昼夜长短和日出入方向的周年变化(仍见图 5.1):冬至日出 L_1 , 东南方,日没 M_1 , 西南方;

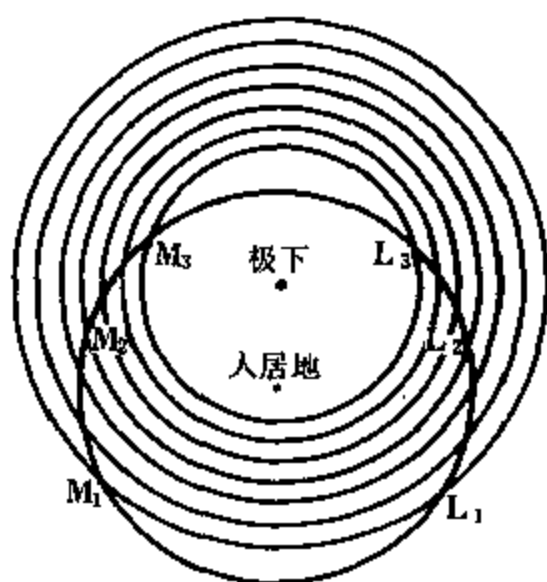


图 5.1 七衡六间图

春秋分日出 L_2 , 正东方,日没 M_2 , 正西方;夏至日出 L_3 , 东北方,日没 M_3 , 西北方。同时还可见 L_1M_1 为冬至日道的一小半,故白天短黑夜长; L_3M_3 是夏至日道的大半,故白天长黑夜短。虽然上述说法已被现代科学证明是不正确的,但在 2000 多年前古人却用它巧妙地对自然现象作出了解释。

根据图 5.1 的原理,盖天说学者画出了最早的全天星图—盖图:在一张方形的绢帛上画出全天星斗,在另一张较小的绢帛上的画一圆形,透过圆形的帛可以见到下面帛上的星象,这就是可见星空。随着周日旋转,不同部位的星空进入圆形范围内,表示天象的变化,这同现在的活动星图原理完全一致。后来人们取消了盖在上面的帛,就成了全天星图,详细情况在后一章讲星图时还会提及。

盖天说的主要观测仪器是表(即髀),利用勾股定理做出定量计算。立八尺之表与阳城,夏至测影得一尺六寸。又认为向南千里影短一寸,向北千里影长一寸,因而可算出夏至日道下点南距阳城 1.6 万华里。而测得冬至影长为一丈三尺五寸,故冬至日道下点南距阳城 13.5 万华里。又测得北极影长一丈三寸,故极下点北距阳城 10.3 万华里。根据这三项观测数据可求得:

夏至日道半径: $10.3+1.6=11.9$ (万华里)

冬至日道半径: $10.3+13.5=23.8$ (万华里)

这两个数据也就是内衡和外衡的半径,据此又可算出每一衡的半径值。从这一推导过程中可见,这里把地面当成了平面,且用了寸差千里的假设,这两点正是问题的由来。

第二节 浑天——天在外,地在内,天包地

浑天说也是人们在探索天地结构时提出的一种原始看法。认为天象一个圆球包围着大地,地在天中,天球一半在地上,一半在地下,所有天体在天球上运动,又随天球旋转。这一看法的起源也很早,在《尚书·顾命》中讲皇室里放置的摆设,其中就有天球在西璧。

到汉代,浑天说得到了很快发展,按浑天说制造的浑象和浑仪广泛应用于天文学研究,张衡为他制造的浑象写了说明书,名为《浑天仪注》,这成了浑天说的代表作。其中讲到:“浑天如鸡子。天

体圆如弹丸，地如鸡中黄，孤居于内，天大而地小。天表里有水，天之包地犹壳之裹黄。天地各乘气而立，载水而浮。”“天转如车毂之运也，周旋无端，其形浑浑，故曰浑天也。”

浑天说利用天球的旋转来解释一年中昼夜长短和日出入方向的变化。天球有二极，一为北极出于地上，一为南极没于地下，赤道在两极之间，太阳的运行轨道黄道与赤道相交，南北最远处距赤道24度。夏至时太阳在赤道北24度，故日出东北，日没西北，昼长夜短；冬至时太阳在赤道南24度，故日出东南，日没西南，昼短夜长；春秋分介乎其中，太阳正在赤道上，昼夜平，日出入在正东西方向（见图5.2）。

上节盖天说也有一种解释昼夜长短和日出入方向变化的方法（如图5.1），看来也是很巧妙的。然而细心的读者一定会发现，春秋分的日出入方向虽然差不多是正东正西方向，但昼夜长短却不同， L_2M_2 不是春秋分日道的直径，只是一条弦，白天部分约占1/3，黑夜部分约占2/3，这同春秋分昼夜相等的实际情况不符。此外，夏至日道直径是冬至日道直径的一半，说明夏至日太阳一天所行里数只是冬至日的一半，其运行速度也是一半，这同实际情况也不符合。还有，接近见远不见的观点，太阳在天极之北就超出可见范围不见了，恒星比太阳暗得多，为何在天极的北方还可以看见星星呢？再有，全天的星宿都是一半可见一半不可见，二十八宿是半隐半现，而按盖图只有1/3可见，这也不符合事实。这些问题暴露了盖天说的缺陷，西汉时代一位科学家杨雄就提出了8个问题来责难盖天说，这就是有名的“难盖天八事”（见《隋书·天文

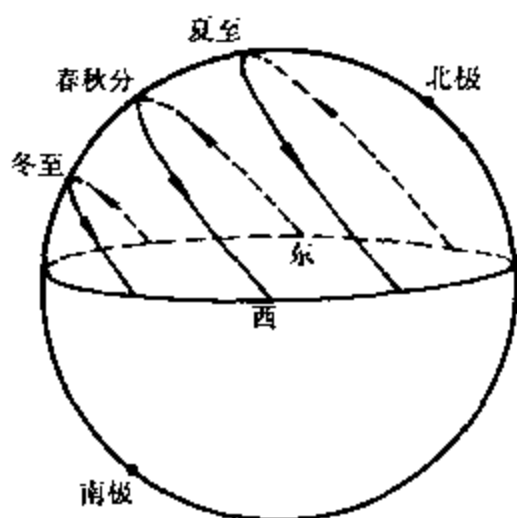


图5.2 浑天说示意图

• 114 •

志》),上面是其中部分问题。

浑天和盖天的争论由此而发端,其争论的焦点是天能不能比地低,天能否到地下去的问题。按照盖天说,天比地高,天的最低处(冬至日道)也比地的最高处(北极)高二万里;而按浑天说,天有一半在地下,星辰也有一半转到地下,另一半在地上。根据观察实际,有利于浑天说,根据思想意识,有利于盖天说。这种以思想意识压制自然实际的情况看来可笑,但想起宗教法庭宣判哥白尼学说为异端邪说,伽利略为宣传哥白尼学说而被判罪的历史事件,即使科学发展到20世纪50年代还出现了以行政命令的手段压制摩尔根的遗传学说的事件,2000多年前出现盖天说反对浑天说的情况又算得了什么呢?

从很早的时代起出现了天高地厚的看法,奴隶社会里就形成了“天尊地卑”的观念,孔子用来论证奴隶制社会的结构即“天尊地卑,乾坤定矣!卑高以陈,贵贱位矣!”(《易·系辞上》)后来的封建社会也以此作为统治的思想基础。于是天在上,地在下,君在上,臣在下,天高地低,君高臣低的观点被拿来附会人世社会,成了不可倒置的法规。这种天尊地卑的观念正好同盖天说的观念一致,因而从统治阶级那里就崇拜天高地低的盖天说,南北朝时的梁武帝肖衍(502—557年)和左右一批人都反对浑天说而相信盖天说。虽然思想领域的因素在科学依据上非常脆弱,但是由于统治者的权力往往会形成强大的社会势力,盖天说正是借助这种势力在我国传留下来。你看人们日常使用的货币被铸成外圆内方的铜钱,吃饭用的工具削成上圆下方的筷子,连祭祀天地的天坛和地坛也建成圆形和方形的建筑,这充分渗透了天圆地方的古老盖天说观念。

当然,浑天说也有认识上的缺陷,例如浑天说以球形的天包围地解释了天象的变化,但地是怎样被包在天里面的呢?浑天论者比喻为天如鸡蛋壳包着蛋黄那样,地如蛋黄浮在水上孤居于天球里。盖天论者于是反问道,若地是浮在水上,则太阳、月亮和星辰绕到

地下去时又怎能从水里通过呢？太阳是火，掉到水里岂不熄灭了，第二天又是谁来点燃？浑天说只好修改为地浮在气中，至于是什么气，就有各种理解了。

浑天说不完善的地方还有地体形状问题。盖天说以“寸差千里”之说计算天地的尺寸，在计算时基于勾股测量，把大地当成平面，前已指出，这是不完善的。而浑天说继承了这一看法，于是出现地是平的又像蛋黄那样居于天内的矛盾。有的人甚至认为地是一个半球，上平而下圆，如半个西瓜，而天如一个整瓜，地占据了天的一半。这样一来，又使得日月如何从天地相合的地方通过成了问题，张衡曾设想，天的东西方向要比南北方向各长 1000 华里，而日月直径也是 1000 华里，正好容日月通过，整个天球直径 23 万华里，比 1000 华里大得多，故仍可以认为天是正圆形的。但是，日月不总是在东西方向出入，所以这一设想仍无济于事，反而引起后人误解，将浑象做成蛋状，运转起来很不方便。

抛开地体形状问题，浑天说解释天象变化、预告星辰出没还是很准确的，因而它受到历法家的重视，而将讨论天地关系的问题留给天文学家和哲学家们。隋唐以后，讨论盖天说的人也渐渐少了，而浑天说逐渐占据了人们的思想。

第三节 宣夜——日月众星，无所根系

宣夜一词含义如何，历来没有解释，直到清末邹伯奇（1817—1867 年）才说：“宣劳午夜，斯为谈天家之宣夜乎？”这似乎是一种望文生意的解释，但在没有任何说法的情况下这到可以聊备一说。天文学家夜间观测，讨论问题喧闹到半夜，倒是很形象的一种解释。

同浑天说和盖天说相类似，宣夜说也是古人提出的一种宇宙学说。《晋书·天文志》说：

“宣夜之书亡，惟汉秘书郎郗萌记先师相传云，天了无质，仰而瞻之，高远无极，眼瞽精绝，故苍苍然也。譬之旁望远道之黄山而皆青，俯察千仞之深谷而窈黑。夫青非真色，而黑非有体也。日月众星，自然浮生虚空之中，其行其止皆须气焉。是以七曜或逝或住，或顺或逆，伏见无常，进退不同，由乎无所根系，故各异也。故辰极常居其所，而北斗不与众星同没也；摄提、填星皆东行，日行一度；月行十三度。迟疾任情，其无所系著可知矣，若缀附天体，不得尔也。”

这是关于宣夜说的一段最完整的史料，它包含了有关宣夜说的许多内容。首先，宣夜说起源很早，汉代郗萌（公元前1世纪）只是记下了先师传授的东西。第二，宣夜说认为天是没有形体的无限空间，因无限高远才显出苍色。第三，以远方的黄色山脉看上去呈青色，千仞之深谷看上去呈黑色，实际上山并非青色，深谷并非有实体，以此证明苍天既无形体，也非苍色。第四，日月众星自然浮生虚空之中，依赖气的作用而运动或静止。第五，各天体运动状态不同，速度各异，是因为它们不是附缀在有形质的天上，而是飘浮在空中。

无可否认，这些看法是相当先进的，它同盖天说浑天说本质的不同在于打破了有形质的天，天体各有自己的运动规律，宇宙是无限的空间，这三点就是到现在也是有意义的。或许正是因为它的先进思想离开当时人们的认识水平太远了，它不能得到多数人的接受。试想，一个无限的宇宙空间已是难以想象，更何况众多的天体都毫无依赖地飘浮在空中各自运动呢？在近代科学诞生以后，依赖万有引力定律和天体力学规律说明了天体的运动，证明了宣夜说的基本观点是正确的，然而在古代缺乏理论的证明，只能使它保留在思想领域，成为一种思辩的假说。时间流逝，人们对宣夜说的观点也渐渐淡漠，由于唐代天文学家李淳风，在他所著的《晋书·天文志》中保留了宣夜说的唯一资料，才使这一思想得以保存下来。

第四节 地体形状

古人关于天地形状的认识历经沧桑。盖天论者曾认为天像一个圆盖,但是否为半球形,并未说清楚。又有人认为天是平的,看上去远处天低,但当走到那里时天还是那样高,所以是平的。《周髀算经》中认为天像一个中高外低的圆笠。按所给数据可推算出为半径51万华里的半球形。浑天论者进了一步,认为天为一个球形,直径23万华里。关于天是圆形或球形的看法,后来没有太多的争论,然而关于地体形状却是众说纷纭,一直没有明确的看法。

最古老的盖天说认为地是方形的大块,每边81万华里,但这是指81万华里的正方块,还是指表面为81万华里的方形呢?如果是后者,则厚度又是多少呢?没有交待清楚。

《周髀算经》中虽然说地同天平行,也是中高外低的圆盘状,似乎是个拱形表面,但接着又用重差术进行计算,把地面当成平面,并以影差一寸地差千里算出地面的尺寸。这里,拱形地面与平面自相矛盾。

所谓重差术,就是利用二根表影之差来求远处目标高远的方法(见图5.3)。设目标AB的高为 h ,在地上立二根表CD和EF,表

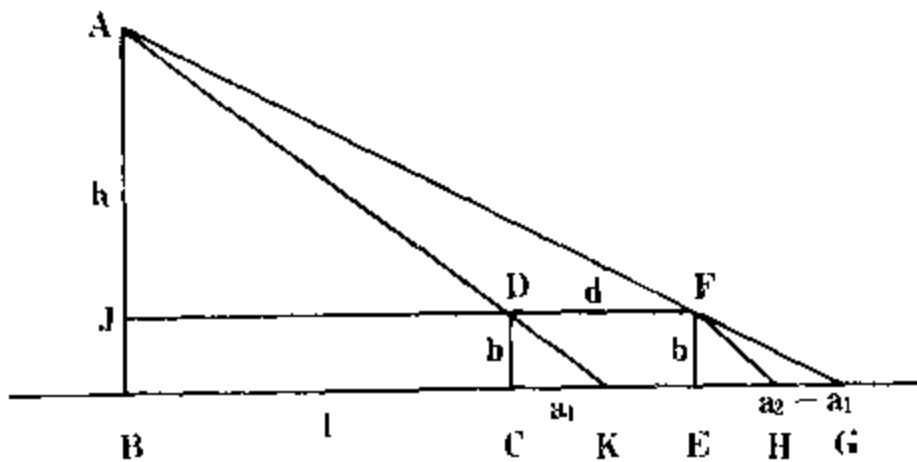


图 5.3 重差术计算方法

高为 b , 两表之间的距离为 d , 目标距前表的距离 BC 为 l , 前表影长 CK 为 a_1 , 后表影长 EG 为 a_2 。作 FH 平行 DK , 则 $\triangle ADF \sim \triangle FHG$, 有:

$$\frac{DF}{HG} = \frac{d}{a_2 - a_1} = \frac{AD}{FH} = \frac{AD}{DK} = \frac{l}{a_1} = \frac{h - b}{b}$$

$$\text{故 } l = \frac{a_1 d}{a_2 - a_1}, \quad h = \frac{bd}{a_2 - a_1} + b$$

根据寸差千里的假定, d 为千里, $a_2 - a_1$ 为一寸, 如 A 为太阳, C 为阳城, 表高八尺, a_1 为一尺五寸, 则求得 l 是 1.5 万华里, h 是 8 万华里, 这就是阳城距南方戴日下的距离和太阳的高度。显然, 这里是把地面当成了平面计算的。

浑天论者对大地形状的看法也有矛盾之处。张衡的《浑天仪注》中说:“浑天如鸡子。天体圆如弹丸, 地如鸡中黄……”这里把天比做鸡蛋, 地比做蛋黄, 是认为大地为球形了吧? 可是, 张衡在《灵宪》中说:“天体于阳, 故圆以动, 地体于阴, 故平以静。”又说地是平的, 这同鸡蛋黄没有共同之处。《灵宪》中还继续说明了天地和日月的大小:“八极之维, 径二亿三万二千三百里, 南北则短减千里, 东西则广增千里。自地至天, 半于八极, 则地之深亦如之”。“日月经千里”, “其径当天周七百三十六分之一, 地广二百三十二分之一”。^① 这表明了地的直径同天的直径都是 23.23 万华里, 是日月直径的 232 倍, 天周是日月直径的 736 倍, 为 73.6 万华里。这里张衡用的圆周率是 $\sqrt{10}$ 。从地到天半于八极, 为直径 23.23 万华里之半, 地的深度也是此数, 这就说明地是上平下圆的半球, 占据了天的下半部(见图 5.4)。这可能就是张衡所说的“地平以静”的真实状况。

地中说为我们了解古人认识的大地形状提供了另一个线索。所谓地中, 是指地面上的一个地方, 这就意味着大地不是球形, 地面是有界的, 因为, 球形大地的中心当在球体内部, 球面上是没有

^① 原文为 242, 今据钱宝琮先生校改。

中心之点的。在一个有界的地面上,地中即为地面的中心,按天圆地方说,大地有每边 81 万华里的方形表面,地中即为正方形之中心;按周髀书中的说法,大地是圆拱形的,最高处为极下,这儿就是地中;按张衡的《灵宪》,地中就是圆形地面中心,也即天球的中心。然而历史上所说的地中是指阳城(今河南省登封县内告城镇)。《周礼》说,夏至之景尺有五寸者为地中,此地并非极下,在地理上无任何特殊意义,只能认为是一个人为的规定之地。

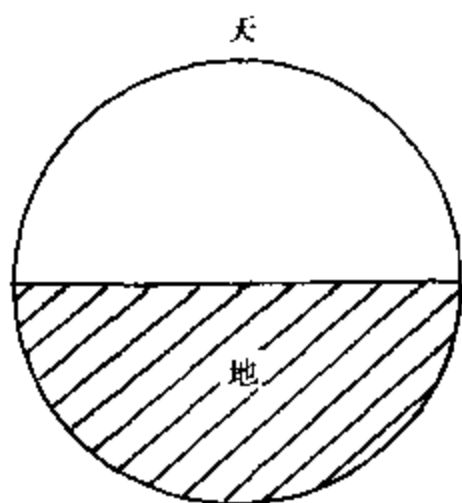


图 5.4 地体形状
—上平下圆的半球

千里寸差和地中阳城两说为盖天和浑天论者普遍采纳,这是基于地平的观点作出的人为假设,因而地平的观点就被人们不言而喻地使用着。吴国浑天家王蕃计算周天度之长是一个有趣的例子:

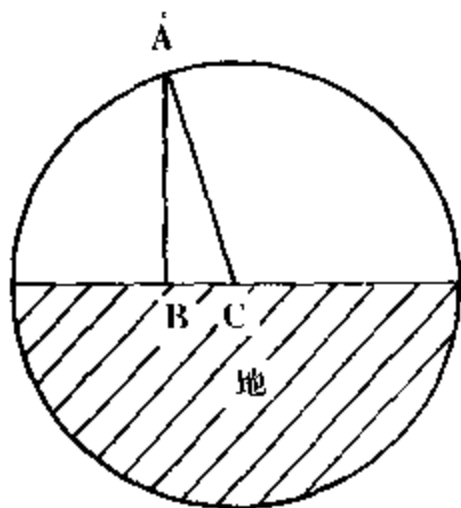


图 5.5 周天度之长的
计算原理

“吴中常侍王蕃,考先儒所传,以戴日下万五千里为勾股,斜射阳城,考周径之率以揆天度,当千四百六里二十四步有余。”(《新唐书·天文志》)这个数字是如何算来的?请见图 5.3 和图 5.4。将图 5.3 中的 C 点放在图 5.4 的球心上, A 点是夏至太阳在天球上的位置, B 为地面上的一点,即夏至戴日下点(如图 5.5)。根据勾股定理, AB 为 8 万华里, BC 为 1.5 万华里,可求得 CA 为 8.1394 万华里,这就是天球的半径。以圆周率乘之,以半周天度除

之,即得天球上 1 度之长为 1406 华里。这里王蕃将盖天说的勾股

同浑天说的天圆地平说巧妙地结合起来了。

地平的观点似乎在后来受到了怀疑,这是因为寸差千里的看法被否定而引起。隋代刘焯已感到寸差千里之说与事实不符,建议在河南平地上进行实际测量以做出检验,后来唐代一行和南宫说等人具体实施了这一测量,发现表距千里影差不止一寸,而且发现表距同影差之间没有固定的关系。一行更进一步认为重差术只能用于近距离测量,远了就会产生误差,他说:“古人所以恃勾股术,谓其有证于近事,顾未知目视不能及远,远则微差,其差不已,遂与术错。”(《新唐书·天文志》)这本是很好的认识,由此可以感到大地不是平面,因为在重差勾股术中组成三角形的是太阳、戴日下和观测地三点;从太阳到戴日下和观测地二点都是直线,只有从观测地到戴日下二点间的地面可能不是直线。遗憾的是一行没有跨出这一步,他步了吴国王蕃的后尘,仍以为大地是平的,并用王蕃的方法算出天球上1度之长应比王蕃的1406华里减少三分之二。他说:“今测日影,距阳城五千余里已居戴日之南,则一度之广皆宜三分去二,计南北极相去才八万余里,其径五万余里。”(《旧唐书·天文志》)这一数据仍可用图5.5来解释。按一行所说,图中BC只有5000华里,只及原数1.5万华里的三分之一,而太阳夏至斜射阳城的角度不变,因而按相似三角形的原理,AC的长也只及原数8.1394万华里的三分之一,天球的直径只有5.4262万华里,半周天8.5599万华里,每度469华里,只及1406华里的三分之一。这里一行用的圆周率是3.155,同王蕃一样。

由于一行仍将地面作为平的看待,所以他所理解的各地北极出地度就同现代我们所说的北极出地度有概念上的不同了。图5.6显示了一行等人理解的各地北极出地度和现代人理解的各地北极出地度的不同。图中A、B、C是地面上三个不同地方,一行等人认为 a 、 b 、 c 角分别是三地的北极高,而现代的观点认为 α 、 β 、 γ 分别是三地的北极高,它是当地的切线与北极方向间的夹角。然而,一

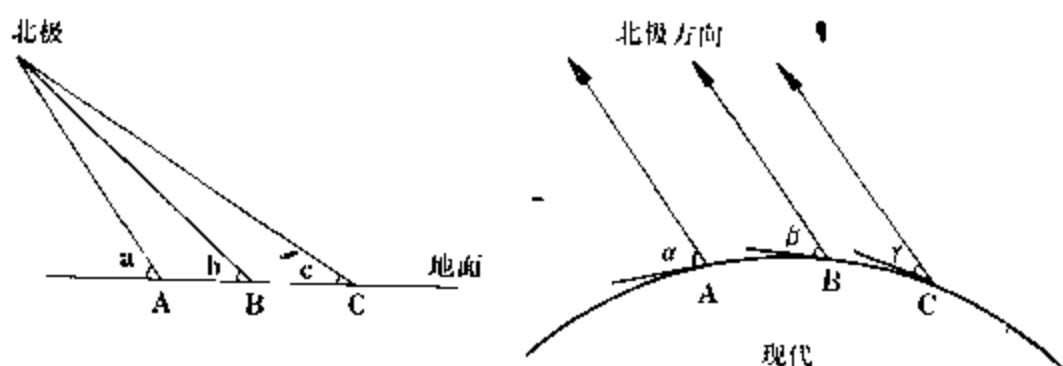


图 5.6 古今北极出地度的比较

行等人通过观测得到的正是 α 、 β 、 γ 角，而不是 a 、 b 、 c 角，因而他们的测量值确是各地的真实的北极高度。有的文章以一行并未认识到北极高的真实天文意义而否认一行北极高的测量即为纬度测量是不妥的。^① 当然，我们在承认这是纬度测量的同时，并不以此证明一行已有了大地球形的概念。

跟此问题相似的是一行的子午线测量，这无疑是中国古代科技史的一项重要成就。一行等人通过在河南省平原上的大地测量否定了寸差千里之说，也否定了影差同表距间有固定的关系的说法，而改用北极高度差 1 度地面距离 351 华里来表达，这是一个进步。但是，正如图 5.6 所示，一行的本意是当 a 、 b 、 c 角相差 1 度时，AB 和 BC 的长为 351 华里，但实际上他们测量所得的是 α 、 β 、 γ 角，AB 和 BC 是地面上子午线的弧长。虽然一行等人的测量结果如此，但他们并未由此对大地形状有什么进一步的认识。

更耐人寻味的是在交州的天文观测，《旧唐书·天文志》云：“测影使者大相元太云：交州望极，才出地二十余度。以八月自海中南望老人星殊高。老人星下，环星灿然，其明大者甚众，图所不载，

^① 参见《自然科学史研究》5 卷 1 期，1986 年，第 55 页。

莫辨其名。大率去南极二十度以上，其星皆见。乃古浑天家以为常没地中伏而不见之所也。”这一段叙述使我们想起了古希腊学者证明地为球形的一个证据，即越向南走，南天星渐高，南天星见，北天星渐低而逐渐没入地下，说明地是圆弧状的，而且不是十分之大。在交州观星所见的情况正是这一条证据，甚至他们已想到这是古浑天家所说的南方恒隐圈之内的星，遗憾的是他们并未进一步想到，如果地是平的，这种情况是不可能见到的。

还有一点也是古希腊学者提到的证据，即月食时被食部分是弧形的，由此证明地为球形，中国学者也早已知道月食是因为月球进入了地影（如《灵宪》），但他们就偏偏没有从月食的弧形阴影想到地为球形。

这种种遗憾背后说明了什么？这里用得上一句名言：“发现，偏爱有准备的头脑”。这不能说中国古代学者不勤奋，上述现象他们也观测到了；也不能说中国学者不聪明，他们做出了一件件科学发明。但在地为球体这一问题上他们似乎是那样迟钝，那样茫然，这不应从其他方面去找原因，这只能说明了思想领域的束缚——“天道曰圆，地道曰方”，千百年来孔圣之言被奉为不可逾越的经典，就像一条无形的绳索束缚了天文学家的思路。难怪在元代西域天文学家扎马鲁丁制造了一架地球仪，上有七分水面和三分陆地，并有经纬网表示，但未引起元代天文学家的重视。明末欧洲耶稣会士来华，再次将地球说传入，还有人抱着反对的态度。

第五节 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：“长字，徙而有处，宇南宇北，在且有在莫，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^①：

姑射谪女问九天先生曰：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？

① 元《聊斋志异》。

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。譬如蚶居人腹，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。”《豢龙子》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，只能停留在思辩的范畴内，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。

第六章 恒 星

天高夜气严，列宿森就位。
大星光相射，小星闹为沸，
天人不相干，嗟彼本何事。
世俗疆指摘，一一立名字，
南箕与北斗，乃是家人器，
天亦岂有之，无乃遂自谓。
迫观知何如，远想偶有似，
茫茫不可晓，使我常叹喟。

——苏 轼

第一节 星名琐谈

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象用线联结起来，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。

(1)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。

(2)人物类:人、子、孙、老人、丈人、农丈人、王良、造父、奚仲、织女,等等。

(3)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、掇提、御女、七公、太尊、文昌、三公、九卿,等等。

(4)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、铁锁、钺、羽林军,等等。

(5)动物类:鱼、龟、鳖、狗、天狗、天狼、狗国、野鸡、腾蛇、天鸡,等等。

(6)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。

(7)贸易类:列肆、屠肆、车肆、斛、帛度、天钱、酒旗、市楼,等等。

(8)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。

(9)自然类:月星、霹雳、雷电、云雨、积水、梗河、天阴,等等。

(10)其他类:阿星、燿、常陈、玄戈、平星、招摇、天饑、卷舌、附耳、傅说、伐星、四读、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星。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,份量又重、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,故也被称为犁星或犁头星。

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!

第二节 三垣二十八宿

这是我国特有的天空分划体系,历来为研究者重视。人们研究它的目的是想探求除了作为天空分划之外的更深层的天文学含义。如二十八宿如何起源,起源时间和地点,沿赤道划分还是沿黄道划分成二十八宿,距星怎样选取,距度为何广狭不均,同印度等地的关系等等。这些问题的讨论往往没有一致的结论。

关于三垣,讨论得不多。它是紫微垣、太微垣、天市垣的总称,起源似乎较晚。在《开元占经》中辑录有石氏的占语,其中有紫微垣和天市垣的名字,太微只作为星名。这三个星宿都是作为石氏中宫的星而著录的,它们并没有成为星空分划。直到《史记·天官书》、《汉书·天文志》中,这三个星宫也只是中宫的星名,到隋唐时代的《玄象诗》中才出现太微垣的名称。它们成为星空分划是从《步天歌》开始的,比起二十八宿来就晚多了。

二十八宿的问题复杂得多,从史料来看,它也有一个形成的过程。《尧典》中有四仲中星,提到昴、鸟、火(心)、虚四宿;《诗经》中提到参、昴、定(营室)、牛、女、火、箕、斗、毕等宿。1978年出土的战国早期墓葬中出现二十八宿的全部名称,但室和璧是作为营室的两部分东营和西营,中央配有北斗,周围配有青龙白虎图像。

作为天空分划,为何要分成二十八?研究家们曾提出了多种看法:

第一,月亮恒星周期说。认为月球行天一周约27天多,月一天经一宿故有二十七宿或二十八宿的分划。

第二,土星恒星周期说。认为土星行天一周是28年,土星又称填星,一年填一宿。

第三,四七相配说。周天分四象,东方苍龙,西方白虎,南方朱雀,北方玄武(龟蛇合体),每象含七宿,得二十八宿。

第四,一七求和说。因为 $28=1+2+3+4+5+6+7$ 。

比较多的人倾向于一、三两说,但第一说遇到一个困难:二十八宿的间距小到1度大到33度,而月球运动速度没有如此悬殊。这一困难对于第二说也同样存在,第二说还有另一个困难是,土星的恒星周期是29.5年,不是古人认为的28年。第四说缺乏天文学含义,也不大符合中国古代的习惯。相比之下,第三说最能令人相信。

四象的出现比较早,《尧典》中已有雏形。春秋战国时期五行说兴起,以五行配五色、五方,对天空也出现了五宫说。《史记·天官书》中就是将全天分成五宫,东西南北四宫外有中宫,中宫以北斗为主,认为“斗为帝车,运于中央,临制四乡。分阴阳、建四时、均五行、移节度、定诸记,皆系于斗”。北斗有七星,所谓“璇玑玉衡以齐七政”。这似乎同七曜又有数字上的联系。故张衡《灵宪》曰:“众星列布,其以神著,有五列焉,是为三十五名。一居中央,谓之北斗,……四布于方,为二十八宿。”从这里可以看出一个线索,即五宫与七曜的配合成35,四方得28,中央得7,这是二十八宿的一个发展渊源。

考察二十八宿各名称的含义同四象的关系会给人不少启发。下面结合东南西北各宿予以说明:

东方苍龙七宿“角亢氏房心尾箕”。其中“心”和“箕”两个名称在古老的文献中就已出现,心原名大火,又名商星;箕是农具,用以簸扬,它们跟苍龙没有什么联系。但是角亢氏房尾五个名字都跟龙有些关系,其中角、尾无需解释,亢为咽喉,氏为根本;房同旁,当大火改称心,意为中央时,房处其旁,意义妥当。这里我们看到了按苍龙的含义改造、完整东方七宿的迹象。

南方朱雀七宿“井鬼柳星张翼轸”。这七宿中只有翼为鸟类特

有，軫本意是车后与轭相联的横木，用来表示尾部也还确当，张表示翼肢的伸展也算贴切。而前四宿的名称都有本身的具体含义，与鸟无关，但《史记·天官书》认为，柳为鸟喙，星为脖颈，张为鸟喙，都同鸟的形象相联。井鬼二字仍与鸟无法沟通，正如箕无法同苍龙沟通一样，这似乎说明了二十八宿的个别名称同四象是无共同起源的，只是后来才人为地凑在一起，这种情况在西方和北方七宿中看得更明显。

西方白虎七宿“奎娄胃昂毕觜参”。这里昂毕参三宿的名称在《尧典》和《诗经》等古老文献中已出现，昂为留，本意是庄稼成熟，一撮籽粒留下来，由昂星成团的形象而得名；毕是捕兔的网，是生产工具；参同三，是由三个明亮的星排成一线而得名。它们同白虎都没有关系。奎是两脾之间，像二片屁股，由星组的形象而得名；“娄”本是北方一种兽名，是一种猪；胃为受食之腑，身体之脏器之一，《史记·天官书》认为奎为天豕。东北鄂伦春人称毕宿是猪，这都同古意相近。猪和虎都是兽类，可以通融。只是《史记·天官书》又将参宿说成白虎，觜为虎首，七宿中同时容纳了虎和猪，令人费解。其实觜又名鱓，是一种巨龟，而龟是北方七宿的象征性动物，放在西方七宿中似乎是弄错了。司马迁将错就错，硬说觜是虎首就更错了。

北方玄武七宿“斗牛女虚危室壁”。这七宿中只有危宿晚出，壁由室宿分出来，室本为定，《诗经》中就有“定之方中，作于楚宫”句，这些名称同龟蛇均无关系。很可能觜宿原来在危宿位置上，二者都是三个星，后来因为西方只有六宿，故将觜宿挪过去，放在毕参之间，由于地盘很小，所以只占1度。箕宿可能原来也在北方七宿中，因为东方苍龙从角到尾也只有六宿，故将箕宿划归东方，又从室宿中分出一壁宿，使北方保持七宿。

总结上述，笔者认为四象同二十八宿相配可能经历了这样的过程：四象同二十八宿中若干宿名是独立起源的，互不相干，五行

说兴起后全天按五行说分成五官，中宫北斗七星象征七曜，故出现以四象配四方，每方七宿之说，由于当时宿名尚不足 28 个，故按四象名称改造，完整 28 个宿名，经个别调整后出现四象二十八宿体系，可见四象促进了二十八宿的形成。

第三节 甘石巫三家星

这是隋唐之前比较流行的全天恒星名称和星占的几家不同派别。甘德、石申都是战国时代人，著有《天文》和《天文星占》，在唐代《开元占经》中辑录有部分内容；传说巫咸是更早时代的人，他也有不少星占著作，后代也有辑录。到三国时代吴国太史令陈卓就把三家流派做了总结，成为全天 283 官 1464 星的系统，长期流传，故称甘石巫三家星。

在三垣二十八宿的全天分划系统建立之前，三家星也有一种全天分划体系，那是将全天分成三大块，一为中宫，即二十八宿以北的星；二为二十八宿，相当于黄赤道带；三为外宫，包括二十八宿南方诸星。这种体系为陈卓所总结。李淳风著《晋书·天文志》时采用了这一体系，他也是将全天分三大块，一是中宫，二是二十八宿，三是星官在二十八宿之外者。在《史记》中则记载了另一种全天分划体系，即五官说，中宫和东南西北四宫。这三种全天分划体系可能以三家星派为最早，次为五官说，再演变为三垣二十八宿体系。

三家星流行于不同地域，时代也较早，所以对它的研究可了解早期认识恒星的情况。现在如将 283 官 1464 星按甘、石、巫三家流派来分类比较就可知道不少情况。

首先是总数，《晋书·天文志》为 283 官、1464 星，而《隋书·天文志》为 283 官、1565 星，详细的统计发现为 283 官、1465 星，其中：

石氏	92 官	632 星
甘氏	118 官	506 星
巫氏	44 官	144 星
二十八宿	28 官	182 星
不属任何家的	1 官	1 星(神官)

《史记·天官书》共列 92 官 500 多星,除 7 官外均列于石氏名下,而那 7 官中可能是由于石氏占文遗失了。《史记索隐》曾提及有些句于出于石氏星经,清孙星衍考证天官书,也认为“书中亦多用《石氏星经》”,可见《史记·天官书》的取材多来源于三家星。

再看石甘巫三家星的互相重叠情况,44 官巫咸星官中与甘氏无一重合,只有 4 官石氏有占文;118 官甘氏星官中石巫都无占文者有 85 官;92 官石氏星官中甘巫均无占文的只有 10 官。可见,石氏系统流传最广,甘巫二家有很大的独立性,尤其巫咸星官则很少为外人引用。《史记正义》讲巫咸本是吴国人,葬于今江苏常熟县北海虞山上。陈卓也是吴国人,在吴国当过多年太史令,巫咸星官能流传下来可能同他有很大的关系。

既然全天星名星数来源于不同的流派,总结成一体后往往留有各流派的痕迹。陈卓以不同颜色表三家星,南北朝时代所制浑象和星图上也以不同颜色表示,《步天歌》的歌词中用不同词汇以示区分,唐敦煌星图以不同颜色表示,直到宋代《新仪象法要》一书中的星图,也还有空圈与实圈之不同,可见三家星对我国星图和浑象的影响。

第四节 星 图

地有地图,天有星图。星图表示了恒星的分布和排列图形,为了表示恒星的位置,又划有一些标志性的线圈,如黄赤道、恒星圈之类,这类似于地图上的经纬线。

中国古代的星图是重要的天文资料,尤其是全天星图,在世界上也不多见。现在我们几乎看不到一张文艺复兴之前的欧洲古星图,而中国古代全天星图传世的可上溯到公元 8 世纪初。

如果将中国古星图做个大体的分类,则可分二类。一类是示意性的,用于装饰,常见于建筑物上和墓葬中,这类星图准确性不高,或只有局部天区;另一是科学性的,描述恒星排列位置,记载天象观测,位置准确程度较高,星数较多,为便于表现,又有盖图式、横图式、半球式、分月式多种。

示意性星图随着出土文物不断可以收集到,如东汉画像砖上



图 6.1 东汉画像石刻中的北斗七星图

的牛郎织女星图(见图 6.1),山东武梁祠汉代石刻中的北斗七星图;洛阳北魏墓葬顶部的圆形苍穹上所绘星空银河图,唐代铸造的四象二十八宿铜镜,唐章怀太子墓道壁画中的青龙白虎图、墓顶天穹星图,等等。

这类星图中,有几幅颇有价值,可帮助我们了解古代人认识的星空形象。杭州市博物馆存有五代吴越王钱元瓘和后妃吴汉月的墓盖石,上面刻有二十八宿及北极附近的恒星约 180 颗,并有内外规和赤道(见图 6.2)。两幅星图直径 1.9 米左右,石厚约 25 厘米,虽然星数较少,但位置较逼真,而且这是现存最早的石刻星图,时代为公元 950 年左右。



图 6.2 五代钱元瓘墓石刻星图

还有两幅星图也是墓葬中出土的，它反映了我国少数民族的天文知识和中外交流的情况。一幅 1973 年出土于新疆吐鲁番阿斯塔那的唐墓中，墓室四壁画有二十八宿，用细线将星点连接，象征性地表示出各宿的星形；东北壁星宿间绘一红色圆形的太阳，图中有金鸟；西南壁则绘一白色圆形的月亮，图中有玉兔；中央又划了弯月，表示月相变化；还有几条白色线条，表示银河（见图 6.3）。这些知识同中原地区的天空知识和有关神话一致，充分反映了新疆各族人民同中原文化紧密连系的情景。

1971年在河北省宣化辽代墓葬中发现一幅彩色星象画,中央嵌一铜镜,四周有莲花瓣形状的图案;外面是北斗七星,东方绘一太阳,又黑白相间地绘有8个圆圈,表示月亮、五行星、罗候和计都,连太阳一共是九曜;再向外是二十八宿星象,均有细线相联结成图形;最外面又有12个圆圈,内画黄道十二宫的图形,其图像和名称均是中西合流的。我们都知道,

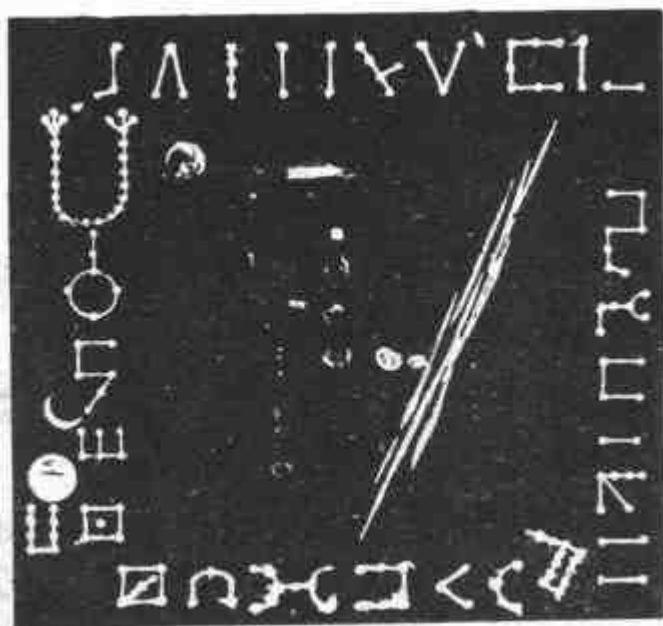


图 6.3 新疆阿斯塔那星图

关于黄道十二宫和罗候计都之说均不起源于中国,隋唐时代随佛教从印度传入我国,但在星图上反映出来,而且与中国传统的星象结合在一起这还是首次见到,所以800多年前的这幅辽墓星图对研究中外天文学交流就是很有价值的了。

科学性星图一般为天文学家使用,它们的绘制有一定的观测依据,因此准确性较高。这类星图的起源可上溯到盖天学说的盖图。盖天说认为天象一个圆盖,日月星辰附着在天盖之上,天盖的旋转带动星辰视运动,离人近时可见,否则就不见了。因而盖天学者创造了一种盖图,由两张绢子构成,一张稍大的黄色,绘有全天星宿和赤道等;一张稍小的青色,上面画一个圆圈,表示人目可见的范围。两张绢子重叠着放置,从青色绢上的圆圈内能见到黄色绢上的部分星象,这些就是可以见到的星空部分,否则就是不可见的了(见图6.4)。这种盖图的黄图画实际上就是一幅全天星图,中心是北极,中衡就是赤道。这种盖图后来发展成全天星图的一种形式,流传时间很长也很普遍,直到《隋书·天文志》上还称这种盖天

式的星图为盖图。

汉代的全天星图就是这种形式,但图上内衡中衡和外衡的天文意义已发生了变化,这是因为汉代星图基于浑天说而绘制,而盖图按盖天学说而绘。在上一章中已叙述了浑天与盖天学说的不同,所以这一变化是不难理解的。盖图上的外衡表示冬至日道,汉代官图上的外规表示南极附近的恒隐圈;盖图上内衡表示夏至日道,

汉代官图上内规则表示北极附近的恒显圈;盖图上的中规是春秋分日道,汉代官图上中规表示赤道,此外还有一圈与中规相交,这是黄道。现在我们没有看到汉代全天星图的实物,只是根据东汉蔡邕所著的《月令章句》中描述的东汉官图,大致推测它的形状如图 6.5 所示。

在星图发展史上,总结甘石巫三家星的吴国太史令陈卓有重要的贡献,他总结了三家星,得到 283 官 1464 星的数字,并绘全天星图。虽然这幅星图没有流传下来,但它对后代星图影响很大,从后代的星图中我们可以探索到它的形状。有一幅朝鲜古星图很值得研究,它可能同陈卓星图有更直接的关系,这一点在后而第八章中详细论及。

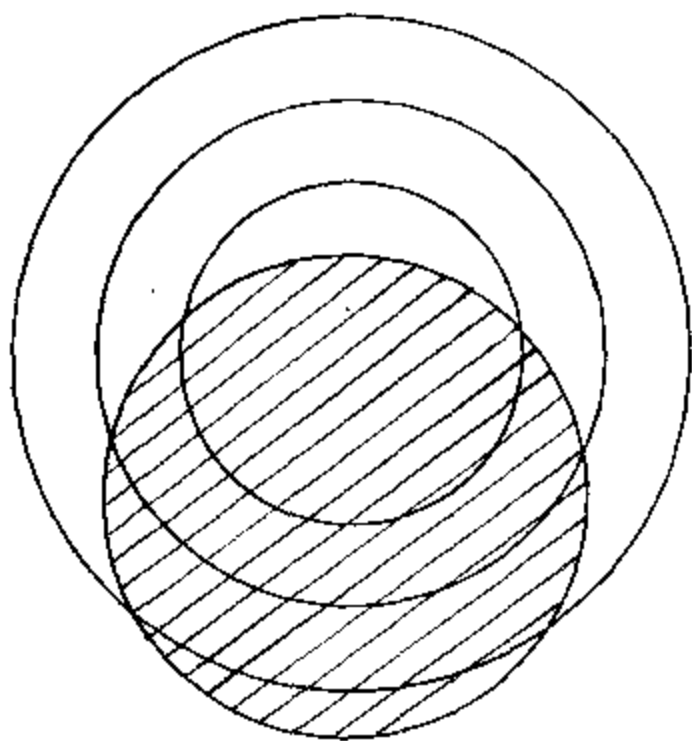


图 6.4 盖图示意

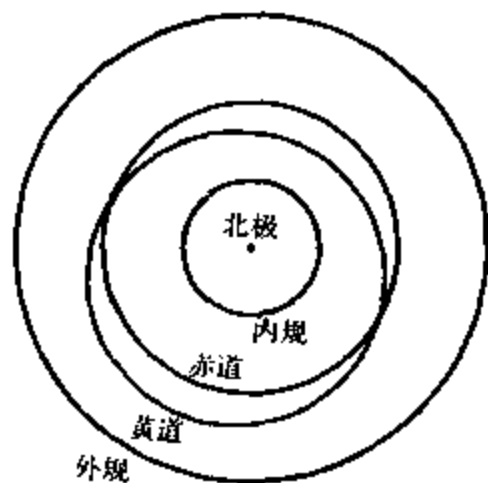


图 6.5 东汉官图示意

不管是盖图还是东汉的官图,都是用极投影的方式在一张平面的图上显示球形天穹上的星象,因为球面不能展成平面,所以必然会有失真之处,而这种极投影的全天星图赤道以南的天区失真更大。其表现形式是北极附近显得狭小,南方天空则显宽大。

为了减少这种失真,隋代开始出现了横图,虽然隋代的横图没有留传下来,我们可以想象这是将赤道附近的天区展成长方形,是一种圆筒投影,唐代绘制的敦煌星图采用了这种方式。现藏伦敦大英博物馆的这份星图卷子,其赤道带天区以横图表示,并又分成十二段,每段表示一个月的太阳所在天空,是为分月式。而北极附近星空仍为一圆圈(见图 6.6)。这份星图是世界上现存最早的一幅

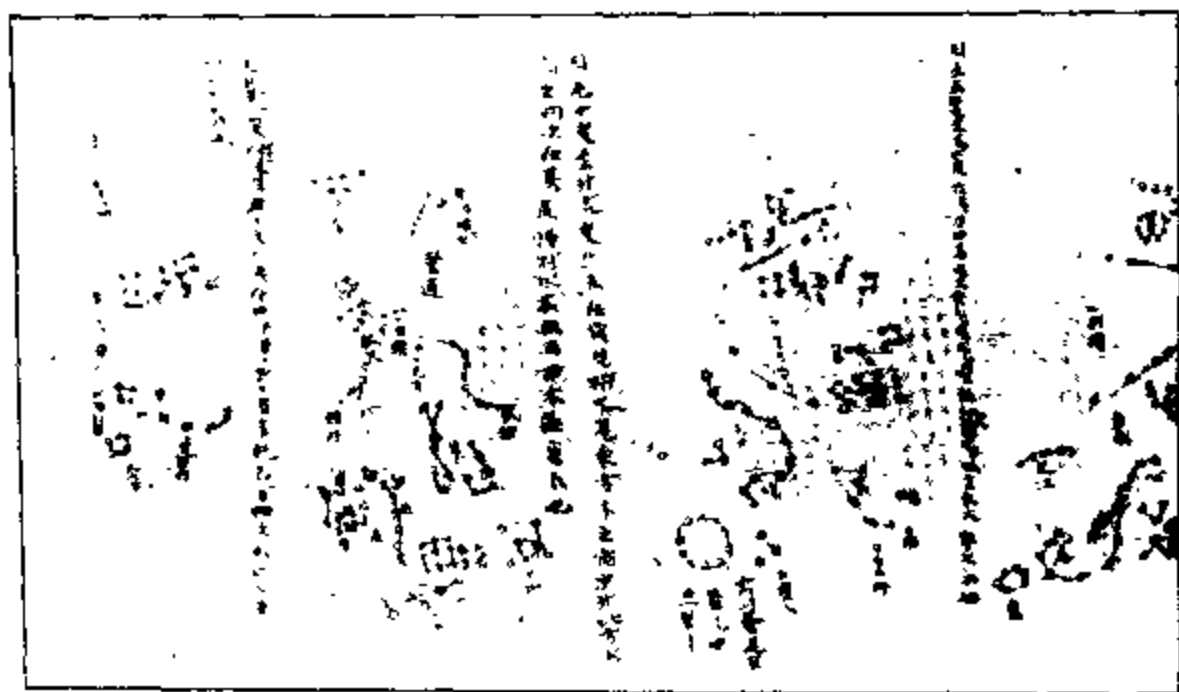


图 6.6 敦煌星图(局部)

全天星图,共有星 1350 颗,绘制于 8 世纪初。

沿着这种星图形式的发展,到宋代又出现了半球式星图,首见于苏颂所撰《新仪象法要》,这是将天球沿赤道分成南北两半球,以极投影方式分别绘出南北两半球的星象。由于中国地处北半球,南

极附近一部分星空永不升起,所以北半球的观测者看不到,故这幅南半球星图在南极附近恒隐圈内一片空白,这种处理方法在我国星图史上也是首见。

尽管到北宋时代已出现了多种星图形式,但古老的盖图式全天星图也还在流传,南宋刻石了一块著名的天文图碑,现藏于苏州博物馆,它很早就传遍世界,成为世界古星图中的一件珍品。这幅石刻星图采用盖图式样,上有黄赤道,内外规和银河又有二十八宿的分界经线,外围还刻有周天度和分野及二十八宿距度,有星

1400 余颗(见图 6.7)。

根据星象位置和所载数据可以判断此图是采用了北宋元丰年间(1078—1085 年)的全天恒星观测数据,1190 年由黄裳绘制并献给南宋嘉王赵扩,在 1247 年由王致远主持刻在石碑上。石碑总高八尺、宽三尺五寸,上为天文图,下为说明文字。从刻石到现在已 700 多年,保存完好,实属罕见。近年来从该星图的研究中得到了不少历史信息,为现代天文学研究提供了帮助。



图 6.7 苏州石刻天文图

代天文学研究提供了帮助。

中国古星图发展到宋代可算到了高潮,而苏州石刻星图的形式在晚清时代还在继续发挥影响。明代的星图中发现了一幅石刻星图,形制同苏州图极相似,现藏常熟县博物馆。按图上的文字说

明,这是担心苏州石刻星图年久湮没而仿苏州星图刻制的,主持人计宗道和杨之器对苏州图上的一些缺漏做了订正。计有 283 官 1466 星之多,刻于明正德元年(公元 1506 年)。另一幅明代星图在福建莆田县的天妃宫中发现,这幅全天星图是挂轴式,跟航海活动有关,也采用我国传统的盖图形式,但星象上有西方传入天文知识的影响,所以可判断是明末的作品。

1977 年在北京隆福寺修建活动中发现了另一幅明代星图,置于正觉殿的藻井顶部,用传统的盖图式样画在藻井天花板上。板呈八角形,上画圆形天文图,直径 174 厘米。图中有内规、中规和外规,还有二十八宿分界经线,边缘有星度分野,有星 1420 颗。这些同苏州石刻星图颇相似,制成年代为明景泰四年(1453 年),但其底本当不晚于唐代,所以这是一份古老星图的抄本,说不定与隋唐时代或更早的星图有联系。目前此图藏于北京天文馆。

清代星图多受到西方天文学知识的影响,往往在传统的盖图式样上附有星等标、星气等符号。在内蒙古呼和浩特市五塔寺的塔身上嵌有一幅石刻古星图,用蒙文说明。这份石刻蒙文星图在国内还是首见,其形式仍为盖图式样,有星 1400 多,据考证是清初绘制,乾隆年间刻石砌在塔身上的。在杭州玉皇顶上还有一圆形石刻星图,为清代晚期所刻。这是传统的盖图式样,也没有采用西方天文学知识,直径约 1 米,无疑是中国古老星图的传流刻本。

第五节 星 表

星图是星空的形象表示,星表则是星空的数值表示。任何一个星的位置可用它的坐标表达,我国古代一般采用赤道式坐标。战国时代石申在编《石氏星表》时,对 120 多颗恒星的位置就用去极度(赤纬的余角)和入宿度(赤经差)来表示,这是我国第一份古星表,在世界上也是最早的。

由于石申的原著已佚失,现在见到的石氏星表数据来自唐代的《开元占经》。不少研究者对这些数据做了研究,希望得出这些数据所反映的观测时代。因为各人采用的方法不同,得到了各不相同的结论,下面是有关学者一些主要的看法:

上田穰	{ 公元前 360 年(角元氏房心五宿) { 公元 200 年(牛、女……昴十六宿) { 其余七宿无法确定	
潘鼐		同上,但将前 360 年改为前 450 年
席泽宗		西汉时代
藪内清	前 70 年	
前山胜保	前 60 年	

要肯定或否定哪一种看法都是没有根据的,不过有些情况应予以通盘考虑。上述年代是根据二十八宿的标志星(古人称距星)而推算出来的,这些距星古今有没有变化? 1977 年在安徽阜阳发掘了一个西汉早期墓葬,出土了一件二十八宿圆盘,上面刻有二十八宿距度。这些距度数据与《开元占经》所引的“古度”相同,据研究,古度同今度的不同往往由于距星的选取不同,古代更多地选用亮星。如果古今距星有变化的话,那么上述推算就要作出修定了。

此外《石氏星表》中除二十八个距星的数据,还有其他几十个星的数据,似也应该通盘给予考虑。对于那些年代较晚的说法,目前的考古新发现对其很不利,从长沙马王堆汉墓中出的《五星占》,记载了公元前 3 世纪的行星运行资料,表明那时已有测角工具,在石氏的时代有可能对恒星做出坐标位置的测量。

第二份全天星表是基于宋代皇祐年间的观测,其资料保存在《灵台秘苑》和《文献通考·象纬考》之中,有星 360 颗,能与现代星名证认的 345 颗。这份星表的精度大约半度,测定年代为公元 1052 年。

第三份全天星表由元代郭守敬等人完成,过去鲜为人知,因为

《元史·天文志》中提及的郭守敬恒星观测数据已经失传。可喜的是1984年有一位研究生在做硕士学位论文时在北京图书馆发现了一明抄本《天文汇抄》，其中有“三垣列舍入宿去极集”一册。这是一个星图和星表合为一体的著作，在星图上某星的旁边注明该星的入宿度和去极度，总计有星官267座，1375星，给出坐标的星739颗，所以这既是一个全天星图，又是一份全天星表。据研究，《天文汇抄》成书于1490年左右，而星图上星的坐标约为1280年所测，这同郭守敬制仪器进行观测的年份一致，故可确定这就是郭守敬等人编的全天星表。这份星表的误差约15分，比起宋代的精度大有提高。^①

明代留下了二份阿拉伯星表，对研究中外天文学交流提供了资料。明洪武十五年（1382年），明政府命译西域天文书四卷，次年完成，在《涵芬楼秘笈》中保存有《明译天文书》就是当时的译作。书中首次介绍了星等的概念，这是西方从托勒玫以来就一直流传的观点。《明译天文书》中有30颗星的星等和黄经值，是波斯天文学家阔识牙尔原作。另一份星表在贝琳所著的《七政推步》一书中，这是一本介绍阿拉伯天文学的书，写成于1477年，其中的星表有星277颗，给出星等和黄经黄纬，并且首次做了中西星名对照，这对后来中国人学习欧洲天文知识很有帮助。该星表的数据可能是元代上都天文台的阿拉伯学者所测。

除了全天星表之外，二十八宿星表是我国天文史上较丰富的一个内容，它包括二十八宿的距星数据，主要是距度和去极度。距度是距星之间的赤经差，去极度是赤纬的余角。由于岁差的关系，北天极的位置经常变化，赤经的起算点、春分点在恒星间的位置也经常变化，因此，不同时代各距星的坐标不同，距度和去极度也不同。目前利用电子计算机考虑岁差和自行的影响，可以推算出各时

^① 陈鹰：“郭守敬的恒星观测工作新探”，《自然科学史研究》1986年3期。

代这 28 个距星的坐标,作为理论值它就可以同各时代的测量值进行比较,得出各时代测量值的误差情况。

历代二十八宿观测情况如表 6.1:

表 6.1 历代二十八宿观测误差比较

时代	资料来源	宿度 平均误差(度)	去极度 平均误差(度)
战国?	二十八宿圆盘 《开元占经》	1	
西汉(-104)	《汉书·律历志》	1	
唐(724)	《旧唐书·天文志》	1	
宋景祐(1034)	《乾象通鉴》 《宋史·天文志》	0.72	1.63
宋皇祐(1052)	《灵台秘苑》 《文献通考》 《宋史·律历志》	0.45	0.37
宋元丰(1087)	《元史·历志》	0.40	
宋崇宁(1106)	《宋史·纪元历经》	0.16	
元(1279)	《天文汇抄》 《元史·历志》	0.075	0.075

这一简明的统计显示了中国古代恒星位置观测精度的不断提高。

第七章 古代天象记录的应用研究

今人不见古时月，
今月曾经照古人。
古人今人若流水，
共看明月皆如此。

——李 白

第一节 应用历史天文学简介

本世纪 60 年代，一个新的天文学史领域受到人们的重视，尤其是一些身居天文学前沿的研究家们以渴求与关注的心情回顾历史上的天文观测记录。他们从什么地方得到启示的呢？原来，1968 年射电天文学家观测到了奇突的脉冲星，理论上预言几十年的中子星在宇宙中证实了。特别是金牛座蟹状星云里中子星的发现，使人们的视线回溯到了公元 1054 年 7 月 4 日的早晨：一颗明亮的星在大白天里与日争辉，这颗超新星的爆发形成了蟹状星云，并留下了残核——中子星 NP0532。历史上的天文事件与现代天文学的研究建立了联系，这个桥梁就是应用历史天文学。

人们曾“各自为政”地称呼这一领域，有人称为历史天文学，有人称为实用天文学或应用天文学，有人干脆称古天文的应用研究，笔者使用应用历史天文学一词。因为它既要对天文学史中的古天象记录进行发掘和整理，还要依照天文学史的术语解释这些古代天象记录的含义，找出其天文学内涵；它不单单是天文学史问题，还要同现代天文学的研究课题相联系，即将古代天象应用到现代

天文学研究中。所以应用历史天文学一词能较完整地表达这一领域的性质。1979年,英国学者弗·斯蒂芬逊首次提出了这一个名词。

这一新领域的出现是天文学研究对象的性质所决定的。万物都在变化之中,大自然瞬息万变,天体也在不断演化。从整体来看,天文学的研究对象——天体和宇宙演化的时间尺度是很长的,而一个人的一生相对来说只是短暂的一瞬,因此,依靠一个人的终身观测不可能觉察天体的演变。然而,历史上的天象记录能使我们看到古代的天象,这犹如延长了我们的寿命,古代的天文观测资料对天体来说犹如昨天一般,而它对我们来说永远是不过时的,这就是古代天象记录仍能在今天的天文学研究中发挥作用的原因。

应用历史天文学需要大量的古代天象记录作为研究的基本资料,而中国是古代天象记录最系统完整的保存者,因而这一学科在我国有广阔的前景。事实上,早在20年代中国天文学会成立的时候,高平子先生就提出了研究中国天文学史的四条原则,其中有一条就是“以科学需要应用古测天象”,其后有朱文鑫先生等人做了许多古天象记录的收集整理研究工作,《历代日食考》就是其中之一。50年代竺可桢先生又提出整理研究古代新星超新星的记录,由席泽宗、薄树人二位先生完成的《增订古新星新表》受到了全世界的关注。近10年来在我国天文学史的研究中,收集古天象记录并应用于现代问题已成为一个重要的方面,在日月食、彗流陨、极光、超新星、行星亮度、恒星颜色、变星等问题上都取得了可喜的成果,受到国际天文界的重视。

在国外,这个新的研究领域也吸引了许多研究者。早在上一世纪,中国古籍中的天象记录已引起西方科学家的注意,他们请汉学家帮助理解这些文字简短、词意难懂的古记录的天文含义。1846年,法国汉学家毕奥(Biot)首次将宋代马端临《文献通考·象纬考》中的天象译成了法文出版。1942年荷兰汉学家戴文达(Dyven-

dak)同著名天文学家奥尔特(Oort)一起研究了宋代1054年的客星记录,提出蟹状星云同1054年客星的关系。70年代以来,更多的学者在超新星、日月食、太阳黑子、极光等方面做了许多工作,如英国的斯蒂芬逊(F. Stephenson)、牛顿(R. R. Newton),美国的艾迪(A. Eddy)相继发表了很多论文。国际天文学联合会(IAU)1982年在希腊召开的第十八届国际天文学大会上有一专题讨论,1985年在印度召开的东方天文学史会议上也有许多题目涉及这一领域。在英美等国出版的天文学史杂志中大量刊登应用历史天文学的论文,还有一些专著出版,国际上这一领域空前活跃起来。

与应用历史天文学同时活跃起来的有相邻的考古天文学,或史前天文学,通过古代遗迹专门研究文字记载出现之前的天文学状况。还有实验天文学史,模拟古人的天文学方法和环境,考证古天象记录的真实性和可靠性。此外,为研究古记录而相应发展起来的工具书,如《历史上的太阳、月亮、行星经度表》、《古代恒星位置表》、《历代日食月食典》等也相继编纂出版,为这一领域的研究提供了方便。

第二节 古代天象记录的寻求

我国有系统地编年史,从司马迁著《史记》以来形成了一个传统,即后一代为前一代修史书。各朝各代的史料通过官方机构编写的史书流传下来,就是著名的二十四史,通称正史。正史的有关章节专门收集天象记录,一些比较重要的天象在帝王的本纪中也有反映,可以互相印证。除了正史,在其他史书中也有专门收集天象记录的篇章,如《通志》、《文献通考》、《会要》、《古今图书集成》等,这些书为我们收集古代天象提供了方便。此外,各地的地方史志也分别收集了当地所见的古代天象,这又是一批古代天象记录的源泉,目前已组织大量人力做了普查。还有一些诗词、笔记、壁画、星

图等有时也出现特殊的天象记事。

东方的日本、朝鲜、越南诸国,历史上受中国天文学的影响很大,也很注重天象观测,留下了丰富的天象记录。有些偏南或偏北的天象,由于地域的不同可见情况有差异,还有气象因素的影响,因而他们的记录往往可以同中国的记录互相补充参照。阿拉伯世界也对天象有些观测,发掘阿拉伯文献对古天象的收集是不可缺少的。欧洲中世纪是宗教势力统治下的黑暗世界,留下的天象资料极少,即使有零星的传世,其价值远不如东方。因此,东方中国及其邻国的古天象记录为世界所瞩目,不少资料被整理出来后很快传遍全球,并译成欧洲文字。

本世纪 20 年代以来,我国学者在这一领域做了许多工作,已从浩如烟海的古籍中分门别类地整理了大量天象记录,为进一步的研究打下了基础。

对古代日食,明末徐光启就曾做过统计,从汉代到元代共 596 次。朱文鑫先生的《历代日食考》据二十四史和《图书集成·庶征典》统计,到清乾隆年间共 921 次。对于应用历史天文学来说,越古老的日食价值越大,而且在收集古代日食记录时要多注意见食地点、食甚时刻、最大食分、食延时间及所见景象的描述,以便得到更多的古代信息。此外,日全食和日环食比偏食的意义重大,应予以特殊的注意。外国古代日食,巴比伦、埃及、古希腊均有一些,但它们的见食时间需借助现代食典给以考定,而食甚时刻仍不能确定,所以意义远不及东方中国、日本和朝鲜等国的。至于文艺复兴之后的欧洲日食记录,地点、时刻和食分都较为科学,特别是望远镜出现以后的观测更是详尽,但是正如前面所说,它们的时代不古,对于现代问题的研究意义不太大。

古代月食,中国有记录的可能达 2000 次以上,其中月全食也有 400 次之多。月食对于现代天文学问题的研究原则上和日食有同样的意义,但由于月食见食时间长,可见区域广,要确定某地见

月食的食甚时刻不容易准确,尤其是古代月食记录中有关时刻的描述常有不确切或笼统之嫌,且夜间计时也不如白天精确,所以利用月食来研究现代天文学问题会有不少误差。正因为此,对月食记录的收集研究尚不多。

行星是天象中引人注目的对象,它们亮度大,位置经常移动,还时常发生行星同月亮靠得很近,甚至被月亮所掩的情况,行星之间也常常遇到一起或一线排开,这些天象古代记录中均有反映。以往人们总以为用电子计算机可以随时算出它们的位置,无需收集这些资料,但现在的研究表明,有些内容仍有重大的应用价值,如五星联珠、太白昼见、行星见伏度等。所以,这些资料也已经做了不少收集工作,五星联珠记录收集有40多条,太白昼见至清乾隆年间有近1000次,行星见伏度从西汉至明代初年有记录33组。

彗星见是一种奇异天象,它的出现往往引起人们的恐慌,所以历来受到重视,对它的观测记录很多。1962年华裔科学家何丙郁教授收集了历代彗星记录共581条,迄1600年止,逐条译成英文,指出具体位置,并附有中国古星名古星图的英文译名,为彗星记录的收集打下了良好的基础。这些彗星记录有的是彗星,也有一部分是客星,即新星超新星,使用时应当注意。

彗星记录中包含一些周期彗星的多次回归记录,尤其是哈雷彗星的回归记录,中国有最古老的记载,那是公元前613年,甚至可追溯到公元前1056年。从公元前240年起每隔75—76年就有哈雷彗星回归纪录,直到1910年,共31次没有间断,这一份资料对研究哈雷彗星的物理性质和力学性质很有价值。

彗星初见时无尾,很像一颗星,故有时被称做客星,容易同另一类天象混淆。客星一般指天空中出现的新星或超新星,它们本来看不到,突然发亮,过一段时间后又消失不见,好像到天空来做客一样,故此得名。它们的位置都是不移动的,所以在被称为客星的记录中区别是彗星还是新星或超新星并不难,只要看记录中是否

有客星位置移动的描写,有时还会出现尾巴,那更是彗星了。

中国古代的客星记录很丰富,其中既有新星也有超新星。1921年瑞典汉学家伦德马克(Lundmark)就曾编过一个《新星总表》,有记录60项,日本山本一清教授也曾收集过古代新星记录,共42项。1955年,席泽宗教授收集了中国古籍中的新星记录,又参考日本的史料编出了《古新星新表》,迄1690年,共收集记录90项,其中我国古记录79项,已被译成英、俄文。1965年席泽宗和薄树人又对该表进行增订,增加了朝鲜、越南和欧洲的几项记录,并对客星位置做了考证,也被译成英文出版。

太阳黑子和极光是太阳活动的表现,古代虽然没有望远镜,但在日出没前后或雾天里,大黑子群仍然肉眼可见,我国古代天文学家也观测记录了这一天象。许多研究者对此项记录做了收集整理,总计次数在100次左右,70年代由于研究工作的需要,又做过再次收集核查工作,确认有记录110次左右。至于极光的记录由于历史上所用的名称太多,对这些名称各研究者有不同的理解,致使古代极光记录没有一致的看法,多到1000次以上,少者只有100多次。

流星现象非常普遍,几乎每晚都可以看到,所以古代记录也特别多,其中有一类属于流星雨,短时间内集中了许多流星,好像是从同一点掉下来的,这种现象的科学意义比单个流星大得多。流星雨的出现往往同彗星有关,它们有演化的关系,所以受到重视。1966年庄天山系统收集了中国历史上的流星雨记事,至明代末年共147条,其中有天琴座、英仙座、狮子座流星雨的多次出现,还有5次白昼流星雨事件,又指出了5个辐射点。流星至地即为陨星,分铁质和石质两大类,我国古籍中也有不少古陨石的记载,据统计至明末也有六七十次。

70年代开始中国科学院等单位组织全国各方面人士普查了全国各地的地方志,又得到了一批古天象记录,可以同正史中的记

录互为补充,特别是地方志多系明清时代所编写,所以明以后地方志中的天象纪录非常丰富,补充了明史和清史稿的不足。目前,正在普查的基础上编辑出版《中国古代天象记录总表》,相信该书的出版一定会对应用历史天文学的研究提供巨大的资料帮助。

日本学者神田茂在 1935 年编出了《日本天文史料》一书,70 年代再版。书中收集了日本古籍中的大量天象记录,有日月食、彗流客星、行星现象、星昼见、月掩星等项,时间到 1600 年。逐条给出西历对照和资料出处,是一本很有价值的书。对朝鲜和越南的古天象资料,我们希望能在将来收集出版。

第三节 古日食与地球自转问题

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一问题,随着计时测时科学的发展,本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鸚鵡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

表 7.1:

表 7.1 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:

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

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

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(Oppolzer)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。

本世纪20年代天文学家福瑟林厄姆(J. K. Fotheringham)和德西特(Desitter)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近一倍，但这必竟开拓了这一领域的研究方法。^①1939年，琼斯(S. Jones)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。^②这一数据为许多人公认，研究工作暂告一段落。

1938年狄拉克(Dirac)提出，引力常数G减少的问题需要验证。1961年迪克(Dicke)得出G的减小不会大于每年 10^{-11} 。而人

① J. K. Fotheringham, M. N. R. A. S., 80, 578, (1920).

Desitter, Bull, Astro, Inst. Netherland, 4, 21, (1927).

② S. Jones, M. N. R. A. S., 99, 541, (1939).

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 2×10^{-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。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,各自的效果列于表 7.2^①。

表 7.2 引起日长变化的诸因素

原因	加速度(秒/世纪 ²)	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(R. R. Newton)、姆勒(P. M. Muller)、斯蒂芬逊(F. R. Stephenson)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^②。

① 张国栋:《陕西天文台台刊》1982 年 2 期,第 11 页。

② R. R. Newton, Science, 166. 3907, (1969).

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。

最近,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 ΔT 。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 ΔT 值随时间的变化图,可以看出越到古代 ΔT 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。^①

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 ΔT 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。^②

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 ΔT 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

① 参见《天体物理学报》4 卷 2 期,第 107 页。

② 参见《第三届中国科学史国际会议论文集》,“诗经日食与地球自转”。

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,月掩恒量等,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。

第四节 彗流陨记录的研究

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(Halley)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、1835 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(H. F. Michielsen)首次指出,非引力效应会使哈雷彗星的

速度减慢。^①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^②,因而其结果同张钰哲1978年的计算略有不同(见表7.3)^③。

表 7.3 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	75. 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
-10	1222. 9. 28	1222. 11. 7	宋嘉定十五年	79. 12	79. 675	-1
-11	1145. 4. 18	1145. 6. 18	宋绍兴十五年	79. 02	79. 004	-2
-12	1066. 3. 20	1066. 5. 4	宋治平三年	79. 26	78. 509	-4
-13	989. 9. 5	989. 10. 9	宋端拱二年	77. 14	76. 584	-1
-14	912. 7. 18	912. 7. 8	后梁乾化二年	77. 45	77. 516	-2
-15	837. 2. 28	837. 1. 6	唐开成二年	76. 90	75. 554	-5
-16	760. 5. 20	760. 4. 19	唐乾元三年	77. 00	75. 132	-2
-17	684. 10. 2	684. 9. 27	唐光宅元年	77. 62	77. 529	-2

① H. F. Michielsen, Jour, Spacer, Rockets, 5. 328, (1968).

② TaoKiang, Mon. Not. R. Astro. Soc, 197. 633-646, (1981).

③ 张钰哲,《天文学报》19卷1期,1978年,第108页。

-18	607. 3. 15	607. 4. 2	隋大业三年	77. 47	78. 246	-4
-19	530. 9. 27	530. 10. 18	梁中大通二年	78. 90	78. 869	-3
-20	451. 6. 28	451. 6. 29	刘宋元嘉二 十八年	79. 29	78. 419	-3
-21	374. 2. 16	374. 1. 21	晋宁康二年	78. 76	77. 382	-3
-22	295. 4. 20	295. 3. 18	晋元康五年	79. 13	78. 528	-3
-23	218. 5. 17	218. 3. 8	汉建安二十三年	77. 37	77. 906	-4
-24	141. 3. 22	141. 2. 13	汉永和六年	77. 23	77. 548	-4
-25	66. 1. 25	65. 12. 23	汉永平八年	76. 55	76. 425	-7
-26	-11. 10. 10	-11. 9. 27	汉元延元年	76. 33	74. 965	-5
-27	-86. 8. 6	-86. 8. 15	汉武帝后元二年	77. 12	76. 998	
-28	-163. 11. 12	-162. 1. 20	汉文帝后元二年	76. 88	77. 094	
-29	-239. 5. 25	-239. 8. 2	秦王政七年	76. 75	76. 488	
-30	-314. 9. 8	-314. 12. 6	周慎靓王六年	76. 17	76. 208	
-31	-390. 9. 14	-390. 12. 8	周安王十一年	76. 12	76. 641	
-32	-465. 7. 18	465. 9. 2	周贞定王三年	76. 15	73. 767	
-33	-539. 5. 10	-539. 11. 1	周景王五年	75. 73	75. 326	
-34	-615. 7. 28	-614. 7. 1	周顷王四年	75. 70	74. 833	
-35	-689. 1. 22	-689. 12. 20	周庄王八年	74. 35	74. 940	
-36	-762. 8. 5	-761. 1. 11	周平王九年	74. 27	72. 850	
-37	-835. 5. 9	-833. 3. 12	周共和八年	74. 97	73. 817	
-38	-910. 5. 20	-907. 6. 27	周懿王	75. 06	75. 193	
-39	-985. 12. 2	-982. 8. 17	周昭王	74. 53	75. 288	
-40	-1058. 12. 3	-1056. 3. 7	周武王?	72. 68	74. 101	
-41	-1128. 4. 3			70. 52		

-42	-1197.5.11		68.89
-43	-1265.9.5		68.15
-44	-1333.8.25		69.82
-45	-1403.10.15		71.86

江涛从计算中发现,从公元前 240 年到 1910 年的 29 次回归记录中有 14 次彗星同地球接近到 0.25 天文单位之内(地球到太阳的平均距离为一个天文单位,约 1.495 亿公里),最近的 1 次是 837 年,接近到 0.04 天文单位,唐代对这次回归的记录特别详细。其他还有 2 次(607 年和 374 年)也非常接近,距离是 0.09 天文单位,141 年回归接近到 0.17 天文单位。这 4 次接近均是 4 月份。但是从公元前 315 年到公元前 1404 年的 16 次回归中,只有 2 次(前 1266 年和前 1404 年)接近到 0.25 天文单位之内。这可能是公元前 240 年之前观测记录特别少的原因。但他感到奇怪的是公元前 164 年 9—10 月份,彗星与地球最近为 0.1 天文单位,而古代记录在该时期却没有见到。张钰哲认为,这次中国古记录中年和月有误,所见方位与计算相符。

1972 年,美国天文学家布莱迪(Brady)从计算中发现,每次哈雷彗星过近日点时刻有 513 年的周期性剩余,他认为这可能同一个大质量的冥外行星有关。^①江涛从天体力学的理论出发指出,对于理想的太阳—木星—彗星三体系统,这一种周期是固有的性质。^②有趣的是江涛同张钰哲的计算之间也有大约 600 年的周期性差异,在张的计算中,初始轨道只用 1909—1911 年间的观测,且没有考虑非引力效应,也不用历史记录随时进行修正,因而这一差别的就是理想的三体运动模型所造成。可见在对古代哈雷

① J. L. Brady, P. A. S. P., 84. 314, (1972).

② TaoKiang, M. N. R. A. S., 162. 271, (1973).

彗星的轨道计算中,非引力效应和用古代记录随时进行修正是必要的。

通过多种方法计算,总的发现是哈雷彗星的轨道根数在逐次变化。公元前 240 年以来,其周期、近日距、轨道偏心率大致保持不变,而在公元前 240 年之前,由于没有观测资料随时进行修正,近日距在减小,周期在增长,亮度逐渐变暗,这对研究其演化是很有价值的信息。

1985—1986 年回归时人们对哈雷彗星做了许多研究,特别是对彗核的近距离观测和物理性质分析,基本证实了以前设想的脏雪球模型,冰核周围的气壳每次回归时都要损失一些质量,必然使哈雷彗星逐渐减弱,直至瓦解。

彗星同流星雨的关系在 100 多年前已被观测到,那是由比拉彗星的分裂瓦解而揭示了秘密。1826 年发现了这个短周期彗星,绕日周期是 6.62 年,每次回归前天文学家都预先计算了轨道,但在 1846 年回归时它却在一夜之间分裂成两块,一星期后就成了两个差不多大的彗星,到 1852 年再见到时,俨然就是两颗彗星在同一个轨道上运动。可这就是它们最后一次露面,以后的回归年份中都找不到它们的踪影,直到 1872 年 11 月 27 日,根据计算这一天应是地球同它们的轨道相遇的日子,当晚人们看到了壮观的流星雨,历时六七个小时,总流星量在 16 万颗以上。所有的流星似乎都从仙女座的一点发出来,这就是辐射点。人们想到比拉彗星这位久不回归的老朋友,发现这场流星雨就是比拉彗星瓦解以后的残片落进了地球大气层,最后烧掉消失了。1885 年 11 月 27 日,人们又一次看到了一场流星雨,但规模已不如 13 年前,可见比拉彗星的残片已进一步瓦解,所剩无几了。

彗星瓦解成流星雨的观测事实揭示了一个演化程序,即流星雨是彗星的归宿,而单个流星可能又是流星雨进一步瓦解的产物。

当然,有许多彗星的轨道不同地球轨道相交,它们瓦解后不会落到地球上成为我们见到的流星雨,而是成群结队地在其轨道上运动,这就是宇宙中的流星群。也有些逐渐脱离原轨道而散布于空间,成为单个流星体。当空间飞行器在飞行途中跟这些“散兵游勇”相遇时,说不定就会酿成一场灾难。

现在已经弄清了 8 个著名的流星群同彗星有关,这些彗星有的已经瓦解,有的还未瓦解。至于有些未能找到对应彗星的流星群,它们的母体彗星可能在古代早已瓦解了。

在我国丰富的古代彗星记录中,彗星分裂的现象早有记录。《新唐书·天文志》载:“乾宁三年十月(896 年 11 月),有客星三,一大二小,在虚危间,乍合乍离,相随东行,状如斗。经三日而二小星先没,其大星后没。”这可能就是一次能追寻其后踪迹的线索。我国古代的流星群记录有 100 多条,彗星记录更多,沟通它们之间的关系,从历史上再来寻找彗星和流星雨关系的例证也是有意义的研究课题,可惜现在尚未看到这类工作。

陨石历来是研究天体的重要标本,现在已从陨石中得知空间含有很多种有机分子,给生命起源和演化研究提供了资料。古代陨石由于落地时间长,已受到地球上有机物的浸染,这一方面的研究价值已失去,但对历史上的陨石记录做一些统计分析还是有意义的。

古代陨石的资料过去只收集到不到 100 条,这对统计研究似嫌太少。本世纪 70 年代大量明清地方志被查阅,得到数百条古陨石记录,使统计研究有了基础。首先是频数统计:每陨落一次陨石的平均年数,夏商时代由于记录遗失很多,达 500 年以上才有 1 次;明清以后,记录频繁,且都保持较好,平均每 2 年总有 1 次。这一情况可以想象得到,不足为奇。奇怪的是从秦汉到元朝的 1500 年间,号称发达的唐代却是陨石记录最少的时期,平均 58 年才记

录 1 次,而汉代是 23 年,宋代是 18 年,这种现象恐怕就不能以记录遗失来解释了。

再做 100 年、50 年、5 年频数统计,可以看出,存在明显的起伏变化,唐代 688 年到 896 年是延续最长的一个低潮期,200 多年中一次陨石记录也没有。有人认为要对这种起伏变化做出解释是不容易的,但可能有二方面原因一定要提及,一是陨石降落有自身的客观规律,二是人们的科技水平、社会状态、关心程度、人口密度和分布。陨石降落密度和人口密度分布的统计表明,两者密切相关。我国历史上陨石记录最多的地区是:河南、江苏(包括上海)、河北(包括京津)和山东,这四个地区正是我国人口最多、科学文化最发达的地区。若以平均分布密度来统计,则是江苏、河南、山东、河北,这正好是人口密度的排列顺序。出现这种相关也是可以想象的,因为陨石是要人去发现并记录的。^①

从月份的分布来看,夏季最多,约占 35%,春秋季节差不多,各约占 25%,冬季只占 15%。上半年 60%,下半年 40%。这个结果与地球在不同季节和月份在太空处于不同的环境,人们的活动程度受季节和月份的影响有关。按陨落时间来分析,白天多黑夜少,约是 6:4,这可能是由于白天的陨石落下时与地球相对速度较小,不易烧毁而到达地面的机会较多,也同白天人们的活动较多有关。

关于陨石降落的时序分析,因为大量的陨石记录出现在明清时代,使统计工作不得不分段进行。1479 年之前和之后可分成两段,这可能是由于 1479 年以前的记载不详,有较多遗漏,也可能是陨石降落有超过人类文明史的更长周期。但在两个时段中 1 年内陨石频数和 10 年内陨石频数的相关分析都表明,存在着 240 年的周期性,这恐怕不是偶然的巧合。此外,在 620—1479 年时段和

^① 揭锐光等:《我国古代陨石的降落频率和地理分布的初步研究》,1980 油印本。

1400—1920年时段,都出现60年的周期性,这又是一个意外的结果。当然,这仅仅是根据中国局部地区的资料分析所得,它是否显示了全球性的规律,还有待更多的资料来验证。另外,陨石现象并非是孤立的天文事件,应把它同极光、太阳黑子、地震、气象、水文等因素都集中起来做综合性的相关分析。^①这在下一节里详细论及。

第五节 太阳黑子和极光史料的意义

太阳黑子是太阳表面上温度较低的区域。出现黑子是正常现象,用望远镜观测几乎每天都可以看到黑子,在**太阳**活动比较频繁的年份会出现较多的黑子,甚至出现黑子群。在早晨或傍晚,太阳穿过薄云浓雾的时候,光度大大减弱,肉眼也可见到:这种现象我国古代的天文学家不仅观测到多次,而且留下了生动的记录。可以想见,中国古代记录的黑子当然是比较大的黑子群,是**太阳**活动频繁的重要标志。

太阳黑子出现有11年的周期性,这是100多年前发现的,当时天体物理学尚未诞生,对太阳的物理性质研究尚未开始,德国天文爱好者施瓦布(H. Schwabe)从1826年起每天观测太阳的黑子数目,连续工作了17年,到1843年他宣布发现了11年的周期。天文学家接着又发现地磁扰乱也有11年的周期,于是向前追溯太阳黑子的观测记录,得到1750年以来这一周期是确实存在的。20世纪的观测也证实了这一点,因而**太阳**黑子的11年周期成为大家公认的基本规律之一。

但这毕竟是以近200多年的观测为基础的,过去的情况如何?

^① 张淑媛等:“陨石的周期”,《第三届中国科技史国际学术讨论会论文集》,1984年。

我国有 2000 多年的太阳黑子记录,最早的确切时日记录在公元前 43 年。将公元前 43 年至明末 1638 年间 100 多次肉眼可见大黑子群进行统计分析,发现 11 年的周期仍是存在的,这就为 2000 年来太阳活动的研究提供了巨大的帮助^①。

但是,早在 1894 年就曾有二位天文学家斯波勒(Spörer)和孟德尔(Mounder)指出,在 1645—1715 年间没有观测到太阳黑子,他们提出这一期间可能是一个太阳活动的极小期,后人遂称为孟德尔极小期。1976 年 6 月,美国青年天文学家艾迪(A. Eddy)博士在日地物理国际讨论会上,又引用树木年轮中碳-14 含量等其他资料,重申“11 年周期完全可能,只不过是太阳历史最近期的一种暂时面貌”,“当人们困难地搜寻历史记录的时候,11 年周期这种情况在近代以前(或许在 1700 年前后)其实是很少存在的”。^{②③}。

艾迪提出的问题是值得深入研究的,中国古代的黑子记录在正史中迄止于 1638 年,以后没有出现。日本神田茂收集了中朝日三国正史中的古代黑子记录,在 1639—1720 年间也是一条没有。在西方望远镜出现后可以看到很多小黑子,但望远镜发明后的 100 年内(1610—1710)太阳黑子的观测非常零散,直到 1749 年国际上才正式规定采用沃尔夫相对数由专门天文台连续观测,故 1750 年以前的望远镜资料也不能应用。因此,要对这一时期的太阳活动情况做出分析,非要有新资料不可。

弥补这一缺陷的是中国地方志,据查在各县志中发现 1643—1684 年间出现了 7 次黑子记录,除其中有 1 次可能是日食外,其余 6 次可以肯定是黑子记录,可见这一期间太阳活动是存在的。若

① 参见《天文学报》17 卷 2 期,1976 年,第 218 页。

② J. A. Eddy, The Sun Since the Bronze Physics of Solar Planetary Environments, Proceeding of the International Symposium Solar—Terrestrial Physics. June, 1976, 958—972.

③ Science, 192, No. 4245, 1189—1202. (1976).

以地方志的资料考察 17 世纪的太阳活动,发现从 1603—1684 年共有记录 33 条,11 年的周期还是存在,只是在 1640 年以后的时期中其活动强度确是减弱了。^①而且 1684 年以后仍未找到黑子记录。

当然,单凭太阳黑子这一种现象做出的结论还是单薄的。太阳活动所引起的后果是多方面的,地磁扰动、极光、气象异常等都可以用来做综合分析,中国的北极光记录就是一份很好的资料。云南天文台罗葆荣、李维宝从古代极光和大于 5.5 级地震的统计中发现,两者都呈现 11 年左右的短周期,说明 2000 年来 11 年的周期是稳定的。

在分析古代黑子、极光、碳-14 等资料中也还发现有中长期的周期性,如公元 60 年、250 年等,无疑这些中长周期的发现又进一步加深了对太阳活动的认识。甚至有的研究者又将更多的地球物理现象同天文现象综合起来考察,发现了更长期的变化规律。重要的一个就是 16—17 世纪的特殊时期,在这一时期我国陨石降落明显呈高峰状,彗星出现也是一个大峰值,太阳黑子呈现上述的极小期;气候上我国出现 5000 年来气温最低的“小冰期”,欧洲和世界其他地方也是寒冷时期;这一时期地震特别活跃,单我国 8 级以上大震就有 8 次之多,日本、意大利等地火山爆发也特别强烈;超新星爆发平均每 1000 年才 2 次,可这期间不到 100 年就有 3 次,等等。一系列资料表明这一时期确为一个特殊时期,有人称之为“明清宇宙期”^②,时间约为 1501—1700 年的 200 年。造成这一现象的原因可能同太阳系所处的宇宙环境有关。因为太阳带着太阳系天体家族在绕银河系中心运动,而银河系里的不同区域情况千差万别,明清宇宙期内太阳系可能到达一个星际物质密度较大的

① 参见《南京大学学报》(自然科学版)1979 年 2 期,第 31—38 页。

② 徐道一:《古天文资料与地震等自然现象关系的探讨》,1980 年 4 月。

区域,造成彗星、陨石增多,超新星爆发频繁,宇宙线强度明显增加。外界的因素影响了太阳系内部的运动,压抑了太阳的活动,使太阳活动处于低潮,地球气温下降,地壳内部活动增强。宇宙环境的变化引起了地象和天象的特殊变化,这一问题在从分析古代记录 and 地质资料中提起,目前的研究工作还刚刚开始,这一种解释之外也可能还有其他解释,相信今后会有更大的发展。

第六节 行星现象和太阳变化

肉眼可见的大行星除地球外还有 5 个,即水星、金星、火星、木星和土星,我国古代统称五星,或叫五纬。它们绕日运行,不断改变在恒星间的位置,因而造成许多特殊天象,如行星掩恒星、行星互掩、行星会聚、五星联珠,还有同月亮的掩、合等。行星和月亮的运动可以用天体力学规律计算,因而古代的行星现象就是天体力学理论的实际检验,现代借助高速电子计算机可以将历史上任何时刻的行星位置计算出来,编成行星位置表,如斯塔曼和金格利希的“太阳,行星黄经表”,前 2500—2000 年,每 10 天一个值;塔克曼“太阳、月亮行星位置表”,前 601—1649 年,每 5 天一个值。这些工作为古代行星现象的研究提供了方便。利用这些表我们发现了“汉高祖元年十月五星聚东井”的天象记事是真实的,只是为了凑合刘邦得天下建立汉朝的历史事件,人为地将出现天象的时间提前了 10 个月。五星联珠和行星会聚的天象可用以确定某些重大历史事件发生的年代,为历史年代学的研究提供天象依据。如武王伐纣之年,史学界争论多年没有结论,而有的史书载“周将伐殷,五星聚房”,按公元前十一二世纪五星聚房发生于公元前 1076 年初,这为武王伐纣的年代提出了另一种看法。^①

^① 刘金沂:“历史上的五星联珠”,《自然杂志》5 卷 7 期,1982 年。

行星靠反射太阳光而发亮,因而行星的亮度必然跟太阳的辐射有关。古历法中的行星见伏度提供了行星在太阳附近可以看到的角距离,这个数据是行星亮度的反映。因为太阳很亮,太阳附近的星星被淹没在阳光中而看不见,但早晨或傍晚当行星距离太阳远到一定程度时就变得可见了,这个距离就叫见伏度。见是看见,表示超过这个限度为可见,伏是不可见,表示小于这个限度为不可见。显然,当行星越亮时这个限度就小,行星越暗时这个限度就大,这就是见伏度同行星亮度的关系。

从汉初《三统历》开始每个历法都列出了5个行星的见伏度数据,现列于表7.4。表中“+”号表示有余,“-”号表示不足,资料来源栏的页码是指中华书局出版的《历代天文律历志汇编》一书中的。

表 7.4 各历五星见伏度

历名	水	金	火	木	土	观测地	年代	资料来源
三统	15 ⁺	15 ⁺	16 ⁺	15 ⁺	15 ⁺	西安	前 104	1423 页
四分	16	9	16 ⁺	13 ⁺	15 ⁺	洛阳	85	1525
乾象	16	9	16 ⁺	14 ⁻	15 ⁻	洛阳	约 180	1610
景初	18	10	16 ⁺	14 ⁻	17 ⁻	洛阳	237	1641
元嘉	17	10	16.5 ⁺	13.5 ⁺	15.5 ⁺	南京	443	1738
大明	16	10	16 ⁺	14 ⁻	16 ⁻	南京	463	1756
正光	17	10	16	13.5	15.5	洛阳	520	1809
兴和	17	10	16 ⁺	14 ⁻	16 ⁻	洛阳	540	1847
皇极	17	11	16	14	16.5	西安	600	1963
大业	17	11	17	14	17	西安	608	1919
戊寅	17	11	17	14	17	西安	618	2128
麟德	17	11	17	13	17	西安	664	2156
大衍	17	11	17	14	17	西安	727	2262
五纪	17	11	17	14	17	西安	762	2292

续表

历名	水	金	火	木	土	观测地	年代	资料来源		
正元	17	11	17	14	17	西安	783	2308		
宣明	17	11	17	14	17	西安	821	2341		
崇玄	17	11	17	14	17	西安	892	2379		
钦天	17	11 ⁺	19 ⁻	14 ⁻	17 ⁻	开封	956	2425		
	晨见夕伏 夕见晨伏									
崇天	21	14	11	10	20	13	16	开封	1023	2607
明天	18		11.25	18	14	18.5		开封	1064	2675
观天	21	15	11.5	19	13.5	16.5		开封	1091	2775
纪元	19	14	10.5	19	13	17		开封	1106	2833
统元	19	14.5	10.5	19	13	17		杭州	1135	2931
乾道	19	14.5	10.5	19	13	17		杭州	1167	2931
淳熙	19	15	10.5	19	13	17		杭州	1176	2931
金大明	19	14	10.5	19	13	17		北京	1181	3262
会元	21	16	10	20	13	17		杭州	1191	2931
统天	20.5	15.5	10.5	19.5	13	18		杭州	1199	2998
开禧	20.5	15.5	10.5	19.5	13	18		杭州	1207	2998
西征庚午	19	14	10.5	19	13	17		北京	1220	3499
成天	20.5	15.5	10.5	19.5	13	18		杭州	1270	2998
授时	19	16.5	10.5	19	13	18		北京	1280	3423
大统	19	16.5	10.5	19	13	18		北京	1368	3731

该表清楚地显示了木星的见伏度逐渐减小,而其余4星见伏度增大,这一趋势反映的历史事实到底如何,从天文学上做出解释是很有意义的。

四行星见伏度增大,表示它们亮度降低,其原因不外有三,一是太阳变暗,二是行星反照率减低,三是观测地点、地球大气、观测

者的人为因素影响。但是4个行星的反照率不可能都一致地减低,观测条件对4个行星也都是相同的,所以我们只能将更多的注意力倾向于太阳的变化。然而这些因素对于木星也是同样作用的,木星的见伏度为何没有增大反而减小了呢?这只能从木星本身找原因了。

根据现代的观测,木星发出的总辐射大于从太阳那儿接受的辐射,说明木星有本身的能源。这一点已引起天体物理学界的重视。中国古代对木星见伏度的观测资料说明木星在增亮的现象同现代的观测一致,有人甚至认为这一巨大的行星30亿年后可能成为第二个太阳。根据中国古代对木星的观测可以估算它的增亮速率,在近2000多年内它大约每1000年增亮0.003等。^①

太阳的亮度是否变化,从四行星见伏度增大已发现一些迹象,有人认为太阳的直径可能在变化,或者是缩小,或者是脉动,即有时扩大,有时缩小,这也可从古代观测资料中找到线索。1979年美国天文学家艾迪和鲍纳扎提出了太阳正在收缩的看法,^②他们系统研究了格林威治天文台1836—1953年间每天中午太阳直径的观测资料,又分析了美国海军天文台1846年以来的太阳中天观测资料,认为太阳的水平宽度每百年收缩约0.1%(相当于2弧秒),或者说每小时收缩约1.5米。这是一种很快的速度,如果按这种趋势发展下去,20万年之后太阳将要消失。艾迪等人认为这是不可能的,收缩可能是近期的现象,太阳可能是处在短期的脉动之中。

问题提出后引起了不少研究者的注意,两个权威天文台的100多年资料是不易轻易否定的,另一组天文学家索菲亚、奥基夫和莱什着手分析1850年以来太阳常数的观测资料,^③所谓太阳常

① 刘金沂:“木星在增亮吗?”,《天体物理学报》3卷2期,第84—91页,1983年。

② J. A. Eddy and A. Boornazian, Bull. Amer. astro. Soc, 11. 437, (1979).

③ S. Sofia, J. O'keefe, J. R. Lesh, Science 204 No. 4399, 1306—08, (1979).

数是一个表示太阳辐射能量的数据,规定在地球大气层外距离太阳一个天文单位处垂直于太阳光束的方向上每平方厘米每分钟接受到太阳的总辐射量,现在的测量结果为 $1.97 \text{ 卡/厘米}^2 \cdot \text{分钟}$ 。这个数虽不大,但地球的截面积很大,所以地球得到的太阳总辐射还是很多的,地球上的一切能源除了地心能和原子能都是来自太阳,但地球接受到的比起太阳慷慨地辐射出来的还是小巫见大巫,只是 $1/22$ 亿,即使这一点的太阳辐射,维持了地球上的万物和生命活动。

在太阳表面温度不变的情况下,太阳常数是同太阳半径的大小有关的,可以想见,太阳越大,它从表面辐射出的能量就越多。因而测量太阳常数的变化可以探求太阳半径的变化。上面三位天文学家分析了 1850—1937 年间近百年的资料,结果是太阳常数的变化不超过 0.3% ,相应于太阳半径的变化不大于 0.25 弧秒,这一数据只及艾迪等人的十分之一。

1980 年又有一组天文学家对 250 年以来可以用做判断太阳直径变化的几种现象做了系统分析,他们所用的是太阳直径的子午环测量、水星凌日观测和日全食食延时间观测。

格林威治天文台从 1836 年起用子午环测量太阳前后两边缘过子午线的时刻及太阳中天时上边缘和下边缘的天顶距,得出每天的太阳水平直径和垂直直径数据。水平直径测量主要使用计时器,1915 年以后又加上超人差测微器,结果是从 1890 年以来的测量值明显地不断下降,太阳半径约每百年缩小 1 弧秒;垂直方向的测量 1851 年以后使用艾里台长(Airy)的新子午仪,其缩小趋势不如水平方向显著。他们认为仪器的测量误差对结果影响颇大,太阳半径的缩小比仪器的误差要小些。

水星凌日是水星走到太阳和地球之间,从地球上看来水星圆面呈一个小黑点从日面上通过,该天文现象总发生在 5 月份和 11 月份,平均每百年约有 14 次。最长时间在 5 月份,是 8 小时,在 11

月份是6小时。只要记录下水星进入日面和离开日面的精确时刻，就可以由此计算太阳的直径。按理论计算，只要时刻记录精度为1秒，所求出太阳直径精度可达0.1弧秒，而时刻记录的误差主要来自水星进入日面和离开日面的瞬间不易判断。莫里松曾就1723年至1973年共250年间的30次水星凌日观测的2000多个数据做了分析，发现太阳半径在959.63弧秒上下波动变化，总的趋势是每百年缩小 0.14 ± 0.08 弧秒，而测量误差大约是 ± 0.1 到 ± 0.2 弧秒之间。^①

日全食食延时间是指全食共经历的时间长度，这也同太阳直径有密切关系，利用食延时间来探讨太阳直径变化的原理同水星凌日法一致。共分析了7次日全食(1715、1842、1851、1878、1900、1925、1966年)，发现太阳和月亮视圆面半径在平均距离处为959.63和932.58弧秒。根据计算1966年5月20日日全食时月轮只比日轮小0.07弧秒，天文学家马修斯(J. H. Mathers)在希腊一个小岛上观测，该地精确地处在日食中心线的中心，食甚时他拍摄的胶片上显示出有50处倍利珠，经复原可以画出当时的月轮详图，从而可以对太阳半径作出 0.22 ± 0.20 弧秒的修正。加上这一修正值，发现日食食延时间的观测精度与水星凌日法相近，得出太阳半径的缩小约每百年 0.08 ± 0.07 弧秒，比艾迪等人的值小了一个数量级(约为1/10)。

综合上述三种观测资料的结果，帕金松、莫里松和斯蒂芬逊认为，最近250年来太阳的直径是不变化的。上述种种变化的分析结果表明其变化值均比仪器、观测手段和人为误差带来的不利影响为小。但他们也承认，根据水星凌日的30次观测发现太阳半径在平均值附近波动，引起太阳表面积有0.02%的周期性起伏，其周

^① L. V. Morrison, C. G. Ward, M. N. R. A. S. 173, 183—206, (1975).

期约为 80 年。^①

相比起来,中国古代的时刻记录不可能有上述这些观测精确,然而,中国记录的时代较老,也应该为该项研究做出一些贡献。笔者认为,如果太阳半径在缓慢减小,或有大约 80 年的周期性脉动,在古代的日食观测中似应有所反映。如果古代日轮半径较大,日环食的机会就应多些,尤其是那些用目前的计算指出古代某次日全食而实际看到的是日环食,这将是值得分析的事。

在我国古代的日食记录中有 1292 年 1 月 21 日的环食记录,“有物渐入日中,日体如金环然,不能既”,^②按食典计算,此次食确为环食,计算与观测一致。但 1742 年 6 月 3 日的全食,食带经过日本,食典计算为日全食,而日本的纪录为“宽保二年五月己未朔(1742 年 6 月 3 日)日食既,如金环,少时众星见”,^③这似乎是看见了环食后又见全食的情景,这一次日食似乎可作为当时日轮较大的证据。

另一项古记录是金星昼见,我国古代有记录近千次,时间延续 2000 年。金星能达到大白天可见的亮度一般在大距或方照前后,根据记录日期可求得该日金星与太阳的角距离,一般在 45—48 度之间,这表明金星却是很亮的时期。系统分析近 2000 年来的这一份资料可见,昼见时角距离带有周期性的变化,这可能反映了金星亮度的周期性变化,可能也跟太阳的半径变化有关。^④总之,中国古代的行星资料目前的研究尚在开始阶段,它是可以在现代天文学问题的研究中发挥作用的。

① J. H. Parkinson, L. V. Morrison, F. R. Stephenson, *Nature* 288, 548—551, (1980).

② 《元史·天文志》。

③ 渡边敏夫:《日食月食宝典》第 321 页。

④ 刘金沂、顾立功:《太阳昼见考》,待发表。

第七节 古代客星与现代遗迹

古代客星,现在天文学上称为新星和超新星,它们并不是新出现的星,而是原来较暗的星在几天之内突然增亮几万至几千万倍。这是恒星在演化过程中的一种剧烈爆发过程,有的星爆发时抛出大量物质,抛射速度为每秒 500—2000 公里,爆发过程结束后星体亮度逐渐变暗,又回到过去的暗星状态,这种一般称为新星。这种新星还可能再爆发,直至结束恒星的一生。而爆发特别剧烈的就是超新星,经过爆发或者将物质全部抛出成为一团星云,结束其生命,或者其核心部分留下一些残核,成为白矮星、中子星或黑洞,进入恒星的晚期演化阶段或终结阶段。这些超新星爆发留下的遗迹都是强的射电源、X 射线源或宇宙线源,也是星际重元素的主要提供者。

发现古代客星同现代天文学研究对象之间有联系是几十年前的事。我国古代的天象资料在 1846 年首次以西方文字在法国出版以后,不少研究者纷纷利用这一份资料。1921 年,瑞典天文学家伦德马克(K. Lundmark)编制新星表时列出了我国宋史中的一条资料,这是 1054 年天关客星的记录:“仁宗至和元年五月己丑客星出天关东南可数寸。岁余消没。”伦德马克同时给出一个小注,指出该客星的位置在金牛座蟹状星云附近。

1921 年美国天文学家邓肯(J. Duncan)拍摄了蟹状星云照片,发现该星云各个细节比以前的照片向外分散了,他大体推算出这个向外扩散的运动开始于 900 年前。1928 年美国天文学家哈勃(E. Hubble)也指出,900 年前开始的扩散运动可能同中国人记录到的天关客星有关,但此时尚未引起天文界更大的关注。直到 1942 年荷兰天文学家奥尔特(J. H. Oort)和汉学家戴文达(J. Duyvendak)共同研究了中国的古记录,确认天关客星是一个超新

星,由于它的爆发抛出物质而形成蟹状星云,^①这一来才广泛引起注意。人们感到天体在不到 1000 年的时间内发生了巨大的变化,古代天象同现代天文学对象间有联系。这是一个很生动的演化实例。

随着射电天文学的兴起,天空中发现了许多射电源,蟹状星云是最强的一个,天文学家感到许多强射电源是超新星遗迹。50 年代,我国天文史家席泽宗系统收集中国古代的客星记录,并设法寻找与之对应的射电源,1965 年席泽宗和薄树人收集了中朝日三国历史上的客星记录,编成《增订古新星新表》,在古代记录和射电源之间进行证认。当时的证认工作还是停留在位置证认方面,但它已引起世界天文界的广泛兴趣。

60 年代蟹状星云脉冲星的发现使超新星遗迹的研究成了天体物理学研究的重要方面,它同恒星晚期演化和高能天体物理现象密切联系,因而古代客星记录的证认工作得到了进一步发展,找到了几颗著名古代客星的遗迹,它们是:^{②③④}

185 年南门客星——RCW86(G315.4—2.3)

386 年南斗客星——G11.2—0.3

1006 年骑官客星——MSH14—415

1054 年天关客星——蟹状星云(M1)

1181 年传舍客星——3C58

1572 年阁道客星——3C10

(第谷超新星)

1604 年尾分客星——3C358

(克普勒超新星)

① J. Duyvendak and J. H. Oort, *T'oung Pao* 36, 174, (1942).

② D. H. Clark and F. R. Stephenson, *The Historical Supernovae*. (1977).

③ 薄树人等:“1054 年天关客星的遗迹”,《中国天文学史文集》第一集,1978 年。

④ 刘金沂:“1181 年超新星和 3C58”,《自然科学史研究》,1983 年 1 期。

由于卫星探测技术的发展,超新星遗迹的数量不断增加,1981年已公布了132个超新星遗迹表。并且现代天文学已有一些方法可以判断其中有些是极年轻的,这些年轻的遗迹有可能在古代客星记录中找到对应体,因此六七十年代在古代记录与现代遗迹间进行证认的研究工作得到了新的进展。

现已收集到了古代客星记录96次以上(包括中、日、朝、阿拉伯及欧洲记载),其中我国的80项。将它们在银道坐标中的分布和132个超新星遗迹沿银经的分布比较会发现,遗迹的分布在银河系中心的方向上集中,而古代客星记录在银河系中心方向和反中心方向都有集中的趋势,反银心方向探测到的超新星遗迹颇少,这可能是今后要加强探索的区域。古代客星记录较为集中的两个方向一是银经 $340-40$ 度之间,另一个是 $100-140$ 度之间(银心方向为银经零度),而这两个方向正是太阳附近银河系旋臂所在的位置。我们知道银河系中的旋臂是物质集中的地方,星云物质很多,许多恒星在那里生成,而客星爆发是恒星晚期演化的一个过程,可见旋臂是银河系中年轻的恒星诞生、年老的恒星死亡的地方。

过去寻找古代客星记录同超新星遗迹的对应往往只从位置上着手,忽视了物理性质上的联系。1983年刘金沂提出一种四维证认法,^①认为要证认某一个古代客星记录同现今观测到的超新星遗迹有联系,应该在方位、距离、年龄三方面都有较好的符合,可用 x, y, z, t 四个量来描述。

方位系指古代客星记录与超新星遗迹在天球上的方向,可用经纬度 x, y 来表征,如古代记录的方位与超新星遗迹的方位相近,可认为 x, y 得到证认。这是建立联系的基础,其后面可进行下二个量的证认。

z 表示距离。超新星遗迹的距离可用现代天文学方法定出,古

^① 1983年全国射电天文学会议论文,载《北京天文台台刊》该会议专集,1984年。

代记录中一般没有距离,但有时出现视星等 m (即眼睛看上去的光亮程度,越亮的星 m 值越小,太阳的视星等是 -26.7 等,北极星是 2 等,肉眼刚可见的星是 6 等)。如果某一对古代记录和超新星遗迹已满足方位相近的条件,就可以用视星等 m 和该遗迹的距离 r 通过公式

$$M = m + 5 - 5 \lg r - A(r)$$

来求得绝对星等 M 。上式中 r 已知, $A(r)$ 是跟距离 r 有关的消光因子,可以根据超新星遗迹所在的方位和距离估计一个值。求得的 M 是绝对星等,它表示恒星的真实亮度。打一个比方,两个同样亮的灯放在不同的距离上看,显然是远灯显暗,近灯显亮,故看上去的亮暗程度并不表示它们本身的真实情况。要比较它们的亮度必须将它们放在同样远的地方看。根据这一道理,天文学上比较恒星的亮度是看它们的绝对星等,即将恒星都放在一个标准距离处的视星等。这个标准距离为 32.6 光年,我们的太阳在这个距离上只是一个 5 等小星。

如果得到的 M 值大体符合超新星的平均极大星等 -17 等到 -19 等,可认为 z 方面得到证认。

t 是年龄,从客星出现至今就是它的年龄。超新星遗迹的线直径 D 可用天文学方法测出,它的线大小是从古代超新星爆发以来逐渐膨胀而形成的,所以其膨胀速度 v 是:

$$v = \frac{D/2}{t}$$

由此求出速度 v 值,看它是否合理。 v 值一般不应大于每秒 2 万公里,一般在每秒几千公里的程度,这样可判断 t 方面是否得到证认。当然有些超新星遗迹可以直接求出膨胀速度,拿这个速度同计算值比较也可做出判断。

要在四个方面都得到证认往往是不容易的,因为古代的记录给出的信息太少,消光因子 $A(r)$ 难以估计准确,超新星遗迹的距

离测定会有误差,古代记录中客星方位的理解和视星等的估计也都会出现偏差。因此,即使是四维证认成功的一组对象也只能理解为是可能的结果,还要通过现代研究不断去证实。

目前,利用四维证认法确实取得了一些成绩,如前述大家比较公认的7组古代客星遗迹用这一方法都得到了满意的结果。同时又发现了一些新的证认对象,如公元437年出现在井宿的客星,大白天可以看见黄而带红,它可能同超新星遗迹IC443相对应;还有公元前134年中国和古希腊都见到的房宿客星,可能就是年轻遗迹RCW103的前身。

目前,超新星遗迹的研究正在深入发展,中国古代客星记录中还有很多未能找到证认对象。有的研究者认为,客星爆发后的形成物可能是多种多样的,也可能在不长的时间内就在宇宙中散布开来,烟消云散,找不到遗迹了,因此,应该放宽思路,寻找新的归宿。有的研究者发现了在相同的位置上时隔不久有二次客星记录,提出超新星有可能出现再次爆发的设想,^①这些都引起了天体物理界的注意。

第八节 古记录中的恒星光色变化

光度变化的星,天文学上称为变星。变星的类型很多,上节介绍的新星和超新星就是属于爆发型变星,但大多数变星的光度变化比较缓慢,不如新星和超新星那样猛烈。因恒星本身时而膨胀时而收缩引起光变的称脉动变星,周期有长有短,长到几百天短到几天,也有不规则变化的。而因二个恒星互相绕转发生遮掩引起光变的称为几何变星,或食变星,当然也有因自转或公转引起的变化,并不发生遮掩,也称几何变星,这种变星一般都有周期性。

^① 王健民:“超新星再次爆发的记载”,《北京天文台台刊》,1978年。

我国古代对恒星光度的变化早有察觉,特别对一些变亮时可见,变暗时不可见的星还留下了观测记录。另有一些奇星出现的事例,还有一些古今明显不同的天文现象,这些都有可能是变星所引起的。变星的研究往往可以增进对恒星演化和天体物理性质的了解,因而对古代可能是变星的对象进行研究是很有现实意义的。

这里列举一些有可能是恒星光度变化引起的现象,供进一步研究。

(1)北斗九星问题。

《宋史·天文志》载:北斗有九星,“第八曰弼星,在第七星右,不见”。“第九曰辅星,在第六星左,常见”。“按北斗与辅星为八,而汉志云有九星,武密及杨惟德皆采用之。史记索隐云,北斗星间相去各九千里,其二阴星不见者,相去八千里”。

北斗七星是众人皆知的,其另外二星名为辅和弼,辅星在第六星开阳之右,现仍可见,但弼星在第七星摇光之左,现在却不见了。按史记索隐的提示,该星与辅星的距离为北斗七星间平均距离的九分之八,在摇光之左的天区中可供入选的目标有三个,二个是变星,6等左右,另一个6.5等的小星。不管真的是哪一个星,都说明它经历了从可见到不可见的变化过程。

(2)昴宿三为何很暗。

昴宿在我国古籍中很早就有记载,《尧典》中就有“日短星昴,以正仲冬”之句。在民间传说中称为七姐妹星,言有七颗星在一起。我国海南岛黎族和黑龙江省鄂伦春族留传的故事中都称它为七兄弟星,后来跑掉一个,剩下六个。现在我们看到昴星团较亮的只有六星,有一个星很暗,非目力特好的人不易见,这就是昴宿三,它的视星等是5.85等,比其余六星的平均星等3.87暗了近2等,难道它在过去曾比较亮而现在迅速变暗了吗?

(3)天牢虚实之由。

《史记·天宫书》曰:“句圆十五星,曰贱人之牢,其牢中星实则

囚多，虚则开出。”唐张守节《正义》曰：“牢口一星为门，欲其开也。”这里指的是北冕星座的半圆形星链，由十五星组成。其中有一个变星是北冕座 R，星等变化在 5.8 到 15 之间。牢口一星为北冕座 S，也是一个变星，星等变化在 6.1 到 12 之间，都是亮时可见暗时不可见。在半圆形附近还有一个北冕座 T，是一个再发新星，星等在 2 到 10.8 之间变化，1866、1946 年都曾爆发过，也许在古代也曾爆发过。由于这些变星的作用使得天牢有虚实的变化，牢口有开闭之现象。

类似的情况在宝瓶星座中也有，这里中国古星名称为羽林军，《宋史·天文志》曰：“‘羽林军’星众，则国安，星稀，则兵动。”这里有一变星为宝瓶座 R，星等周期性地变化在 5.8 和 11.5 之间，周期 387 天左右。

(4) 天囷星数之谜。

天囷位于鲸鱼星座，《晋书》、《隋书》、《宋史》中诸天文志均称天囷十三星，而《开元占经》卷 68 言“天囷十二星在胃南”，北宋苏颂的星图上画出十三星，南宋苏州星图上刻十星，明《观象玩占》星图上画十二星，经常有一星之差。

原来天囷十三星的最南一星为一著名变星，名为鲸鱼座 O，中名叫蒭藁增二，位于天囷与蒭藁之间。这个变星在 1596 年亮到 2 等，为一名聋哑青年所发现。1603 年又突然增亮，以后缓慢变暗，变化在 1.7 等和 10.1 等之间，周期是 331 天多。由于它的时隐时现，造成了天囷星数常有一星之差。

(5) 少微星明润。

《宋会要》记载：“治平三年五月二十二日（1066 年 6 月 27 日）司天台言，瞻见少微星体明润，异于常式。”《玉海》卷 295 也有类似记载。查少微星有四个，其中有一个是双星，双星往往容易发生突然增亮或爆发的现象。但史籍中又有五星之说，而这第五星在何处，为何现在不见？据《福建通志》卷 53 载，“宋政和年间（1111—

1118年)太史奏,少微星见”,这是否说明此间这第五星又曾增亮呢?这些问题至今尚未弄清楚。

(6)积尸气明盛和大星入舆鬼。

《新唐书·天文志》曰:“唐中和元年(881年)有异星出于舆鬼。”朝鲜《增补文献备考》中也有记载:“高丽显宗二十二年九月庚申(1031年10月4日)大星入舆鬼。”“李仁祖二十三年二月(1645年2月26日—3月27日)大星入舆鬼。”“李宣祖二十五年壬辰十一月辛酉(1592年12月8日)舆鬼中积尸气明盛。”这些记录表明在鬼星团附近曾有异星增亮。现代的观测发现这里已记录到耀星30多个,历史上可能也曾出现过。所谓耀星就是在几分钟或几个小时内突然增亮的星。

在日本史籍中还有文昌星微,哭星变的记载,这些都值得研究。

比起恒星的光度变化,恒星的颜色变化是一种短时期内不能发觉的现象。近代天文学研究中尚没有这样的选题,然而古代记录中却反映出恒星颜色的变化,变化的时间尺度在1000年以上。《史记·天官书》记载:“白比狼,赤比心,黄比参左肩,苍比参右肩,黑比奎大星。”这里是用五色来象征五个恒星的顏色。狼,即天狼星,大犬座 α 星,是白色;心,即心宿二,天蝎座 α 星,红色;参右肩,即参宿五,猎户座 γ 星,蓝色;奎大星是奎宿九,仙女座 β 星,暗红色。这四个星的颜色都同古代记录相符,唯有参左肩,即参宿四,猎户座 α 星,现在它是典型的红色恒星,而2000年前的《史记》记载它是黄色的,这反映了它在2000年间的颜色变化。

从天文学的研究知道,恒星的顏色反映了它们的表面温度,温度高达2万度的星呈蓝色,1万度的星呈白色,黄星表面温度约6000至5500度(我们的太阳属于黄色星),橙红色星约4000度,红色星3700度左右。参宿四从黄色变成了红色,表明了它表面温度的下降。

参宿四是一个十分需要研究的恒星,它距离我们 650 光年,质量很大,约是我们太阳的 15 倍到 20 倍,周围有很大的气壳,并不断向外抛射物质,是一个红巨星,有一个暗伴星绕着它转动。参宿四是一个已过中年的恒星,正在向老年过渡,按现代恒星演化理论,从黄到红的这一段演化很快,因而这一古记录为红巨星的演化提供了观测验证。^①

另一个颜色变化的星是天狼星,《史记》中记载的是白色,而古巴比伦和希腊的天文学家都记载它是红色的狗星(天狼星在西方称狗星),遗憾的是古埃及人在公元前 3000 年就注意观测天狼星的出没决定尼罗河水泛滥的时期,但他们未记下天狼星的颜色。而中世纪印度和阿拉伯天文学家都否认是红色的。从各民族的古记录中可见天狼星公元前 1000 年至公元前 1 世纪间为红色,持续了近 1000 年之久,以后是白色亮星。如果从演化角度来解释从红到白只用了 1000 年这一现象,则现今的恒星演化理论都要修改。然而,现有的理论看来是有根据的,因此关于天狼星颜色变化之谜应另找出路。

美国天文学家布瑞车提出,天狼星是一个双星,其伴星虽暗,但体积小、质量大、温度高,是一个白矮星。天狼伴星过去可能是一个红巨星,它的红色盖过了主星的白色,后来天狼伴星演变成一个白矮星,光度减弱,天狼主星的颜色又占了上风;或者天狼伴星抛出的物质形成了红色的云,使它成了红色,后来红云散去它又成了白色之星。^②这两种看法都为天体物理研究和恒星演化研究提出了新的问题和思路。

先师戴文赛教授曾说,要想办法把古代天文学用到天体物理

^① 参见薄树人、王健民、刘金沂:“论参宿四二千年来的颜色变化”,《科技史文集》第 6 集,1978 年。

^② K. Brecher, *Technology Review*, 52—63. (1977. 12).

研究中来。看来,古代记录中的恒星光色变化和行星亮度变化是通向这一桥梁的阶梯。爱尔兰冬锡克天文台的江涛博士说,近期中国学者有三篇论文是使天体物理学家最感兴趣的,一是参宿四的颜色变化,一是超新星再爆发的历史记载,一是木星可能增亮的分析。^①

^① Tao Kiang, *The Observatory*, 104 No. 1058. 22. (1984).

第八章 古代天文学对外域的影响

七星在北户，
河汉声西流。
羲和鞭白日，
少昊行清秋。
——杜 甫

第一节 中国古典天文学在世界上的地位

如果说科学无国界的话，那是对近代科学而言的。在古代，由于交通、通讯的落后，各民族各地区的交流很不充分，甚至不曾发生过，他们在各自的聚居地发展起带有民族风格和地区特色的科学和文明，这可算是古典科学的特征之一。

在世界上的文明发祥地，确实存在着这类自成体系、各有特点的科学文明。天文学是人们跟宇宙星空打交道而萌发的一门科学，虽然他们都面对着相同的宇宙，然而各有其描述方式和思维逻辑。尼罗河畔的古埃及，小亚细亚幼发拉底斯河和底格里斯河两河流域的巴比伦，印度半岛和东方的中国，美洲印第安土著中的玛雅民族，都曾创立了地区性的天文学文明。在后来历史发展中，他们之间虽有不少交往和融会，但有的仍保持了固有的特色，有的甚至原封不动地沿着自己的道路走过了发生、发展、消亡的全程。

世界古代天文学可分成三大流派。

古埃及和巴比伦天文学在四五千年前诞生发展起来，在 2000 多年前由古希腊天文学所继承，向东影响到伊朗和印度，七八世纪时阿拉伯民族接受了古希腊和古印度的天文学，发展起伊斯兰文明，11 世纪时经西班牙进入欧洲大陆，在文艺复兴运动中得到了新的发展。这一大流派以古希腊天文学发展得较为充分，以此为基础，绕了一个大圈子进入了欧洲。

在东方中国，华夏文明发展起先进的东方古典天文学体系，并向东、向南影响到日本、朝鲜、越南、南亚和东南亚地区，虽跟古代印度和阿拉伯文明有不少交往，但始终保持固有的中国古典体系直到近代天文学的兴起。

另一支诞生于中美洲的玛雅天文学，在 8 世纪后的几百年间有了较大的发展，它既不受亚非欧地区天文学的影响，也不受中国古典天文体系的影响，独立地发展、消亡。

三大流派在平行地发展着，相互发生了一定的交叉融合，又产生了一些兼带几种派系的混合形式，可用图 8.1 简略地表示。

从图 8.1 中可以看出，中国古典天文学在世界天文学史中的位置，它对外域的影响主要表现在亚洲东方和东南亚一带。因此，本章内容的重点在对日本和朝鲜等国古代天文学的影响，次点是东南亚一带，再次才是印度、阿拉伯和欧洲。

需要说明的是，自古以来文化交往总是相互的，双方都从对方获得新的东西。但由于传入的东西留在了国中，而传出的东西流落外域，因而，过去虽曾有一些关于中外天文学交流的研究，但都偏重于传进中国的一面，而对传出的一方面没有很多的论及，致使中国古代天文学对外域的影响这一课题的研究基础尚很薄弱，这一方面正是今后要花大力气去深入发掘资料、探讨途径的领域。有鉴于此，这里叙述的内容只是引玉之砖，希望能引起有志同仁来致力耕耘，在这块未开垦的土地上建成硕果累累的花园。

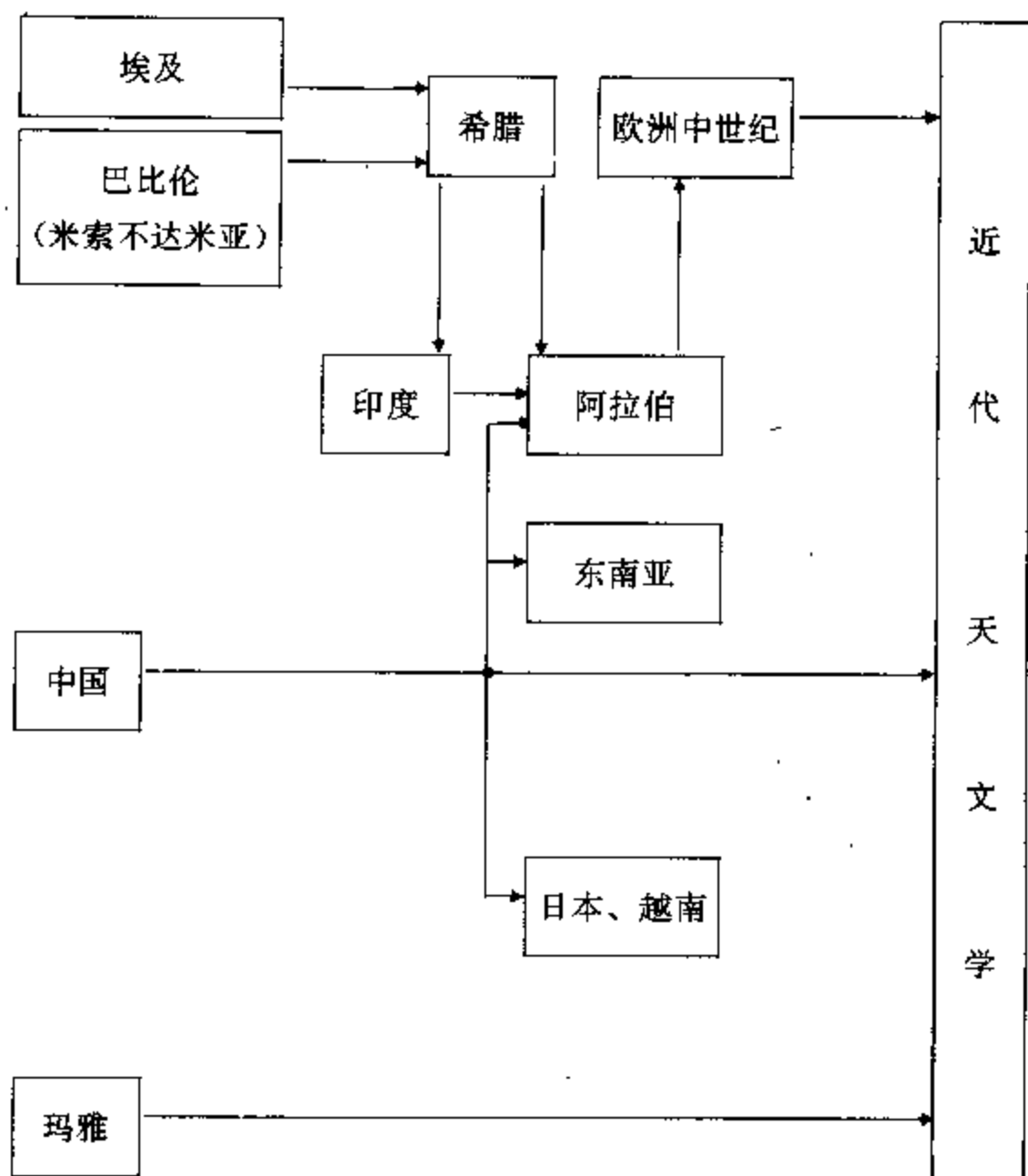


图 8. 1 天文学各流派的演变过程

第二节 日本古代天文学的中国背景

中日两国，一衣带水，互相往来的历史延续 2000 年之久。通过两国官方和民间大量频繁的交往，中国古代的政治、经济、文化、科学都传到日本，并对日本社会产生了巨大的影响。查看日本天文学史的发展全部过程，中国的背景异常浓重。日本著名科

学史家、东京大学的中山茂博士有一句极精练的语言，概括日本天文学史为——中国的背景和西方的影响，自是恰到好处。

中国的背景，指在16世纪以前，日本古代天文学的建立和发展是在中国古典体系上的重建，通过官方派遣的使者和民间人士的来往，中国的天文制度、天文学思想、历法、天文仪器源源不断流往日本，甚至日本长期以来颁行中国历法，按中国政府的体制建立相应的天文机构。

西方的影响，指从中国以外的地方传入日本的天文学知识，主要指17世纪以后，欧洲耶稣会士东来，带来古希腊天文学和欧洲新近发展起来的近代天文学知识。这中间有的是传教士直接在日本登陆，大量的仍是通过中国再转往日本的。因此，虽然在17世纪以后，中国古典天文体系逐渐衰落，正朝近代天文学转化，日本天文学也处在这一状态中，但在日本的这一进程，初期仍是通过中国的渠道影响至日本的。

本世纪早期，日本史学家小川清彦（1882—1946）先生对日本最古老的一本编年史《日本书记》中的历日资料做了系统收集整理，并同中国的历日进行比较，他提出，日本天文学在进入它的科学化阶段之前，不与中国和高丽文化有密切接触是不可能的。中国文化早期在日本的传播和影响可分成三个阶段来叙述：

诞生时期：7世纪之前；

占主导地位时期：7—9世纪；

中日结合时期：10—16世纪初。

中国古典天文学在日本的影响与此同步，但总处于超前的地位。而在第三阶段中，中国天文学的影响已深入到日本天文学家的研究工作中，成为他们自己谱写日本天文学的思想基础和理论依据。

在第一阶段中，中日两国的交往还是零星的和断续的，此时一方面通过朝鲜半岛上的高丽转递信息，互赠方物；一方面则取

道高丽从海上直达中国。但是由于中国国内政治形势的变化以及日本国内的稳定情况，这种交往常常中断。魏景初三年（239年）日本使节到达洛阳，魏明帝重赐金帛，二把五尺刀和铜镜数枚，铅丹五十斤等；次年遣使赴日本，颁与金印紫绶；243年，日本使者再次到达洛阳，献上方物；265年两晋代替了魏，266年，日本使者又至表示祝贺。此后双方的联系中断了约150年，直到东晋义熙九年（413年）才又恢复，并在刘宋朝的421至478年间有频繁的遣使往来。刘宋以后，南朝历经齐、梁、陈诸朝，政局不稳，北朝历经五胡十六国，更是纷乱杂陈，中日间的联系又中断了100年之久。直到隋开皇二十年（600年），日本第一次遣隋使到达隋都大兴（即唐长安），开始了中日交往的新局面，即第二阶段。

在第一阶段中，中国出现了许多著名的天文学家和天文学作品，如魏景初元年杨伟撰《景初历》，刘宋元嘉年间何承天撰《元嘉历》，祖冲之撰《大明历》；虞喜发现岁差，张子信发现太阳视运动不均匀；孔挺、斛兰等人铸浑仪，陈卓总全天星官名数绘全天星图，钱乐之作浑象；天地结构方面除盖天、浑天、宣夜说之外，又提出安天、穷天等学说。总之，南北朝时期是中国古典天文学有很大进展的一个时期，此时中日间的交往断断续续，而且日本方面的主要精力似乎放在取得中国君主的正式封号，以利征服其他部落达到兼并统一的政治局面。因而天文学在此阶段进入日本的实属零星。

尽管如此，南北朝时期的中国天文算学知识在日本官方民间还是被应用着。在宫廷建筑、税收制度等上面都需用着计算和测量知识，许多从中国到日本定居的“归化人”凭自己的技艺和文化知识立足脚跟，受到朝廷重用，被授与官职。中村新太郎所著《日中两千年》一书中说，归化人带去的“文字、计算等知识技能，对于当时日本的统治者来说，确实是不可缺少的”。在天文学方面，日本统治者也有特殊的需要，公元533年，在同中国的直接交往

暂时中断时，转向朝鲜半岛的百济国首领，要求派医、易和历学者去日本，次年即 534 年，居住在朝鲜的中国人易博士王道良、历博士王保孙等赴日，将中国的天文历算知识输入日本，其中最重要的是将何承天创立的《元嘉历》传到了日本。

在第二阶段中，中国正处隋唐时代，天文学大量进入日本，而当时的日本天文界则完全照搬中国的天文制度和历法。隋唐时期多达 20 次的遣隋使和遣唐使，以及大量的民间来往，及时地将中国天文学的进展和最新成就传往日本，使日本天文学在中国古典的体系下迅速建立起来。

首先是全面采用中国历法，在采用过程中，不加改动地照搬，先后达 1000 多年，如表 8. 1 所示。

表 8. 1 日本采用中国古历法情况

历名	作者	创制年	日本行用年
元嘉	何承天	445 起	604—691
元嘉和仪风参照			692—697
仪风（麟德）	李淳风	665	698—763
大衍	一行	727	764—857
五纪	郭献之		858—861
宣明	徐昂	822	862—1685

其次是从中国传进天文历算书籍和天文仪器，并派人来中国学习。公元 602 年，百济学问僧观勒到达日本，带去天文、历算、地理、遁甲、方术等书，日本当即派三四名学生选其一门学习，直到取得成绩成为该门的专家。在大量派往中国的留学生和学问僧以及遣唐使中，都有许多好学的青年人，他们一住就是几年或几十年，学成后回国带去大量的天文历算书籍和当时的最新成果。如 735 年，杰出的留学生吉备真备回国，带回了包括 8 年前才成书的

《大衍历经》、《大衍历立成》12卷在内的大量典籍，还有测影铁尺、铜律管等仪器，进献给朝廷。公元780年，第15次遣唐使录事羽粟翼臣归国，及时将《五纪历》带到日本，此时距中国颁行此历才17年。此外，还有不少中国学者赴日，唐代高僧鉴真东渡日本，带去了大量的文化典籍，并长期在日本讲授，是重要的一件大事；859年渤海大使马孝慎赴日也将822年撰成的《宣明历》带到了日本，3年后，日本就改用了《宣明历》，长达823年之久。

再有就是按中国唐代制度建立日本天文机构。公元628年，按中国刻漏体系建造第一个漏壶。675年，建观星台并开始观测天象。702年，按大宝令建立天文机构阴阳寮，首领为阴阳头，这相当于唐代的太史令，在阴阳寮里有4个技术性的科，即阴阳、历、天文和漏刻，其中有阴阳师、阴阳博士、历博士、天文博士、漏刻博士、守辰丁等，各科还有10名学生，这同《唐六典》里中国天文机构的组成相对应。在阴阳寮里学习的学生，有5门必修课，都是中国天文著作，其中有《史记·天官书》、《汉书·天文志》、《晋书·天文志》、《韩杨天文要集》等。在757年，还规定历科的学生必读《汉书·律历志》、《晋书·律历志》、《九章算术》、《周髀算经》、《六章》、《定天论》等书，也都是中国古代著作。

由于这一系列制度上的保证和学术上的影响，日本天文学完全建立在中国古典天文学的体系上，因而形成同中国相一致的古典天文学特色，以代数学体系描述天体运动，以阴阳、气等哲学概念解释天空，勤于天象观测并记录正常和异常天象，致使日本古代天象记录从飞鸟奈良时代（相当于中国唐代）起保留下一份系统详尽的天象资料，成为当代天文学的一大财富。

进入第三阶段以后，两国间的政治形势发生了变化，遣唐使废除后，官方的大规模交往中断，佛教僧侣和商贾还时有入宋者，元代以后中日之间一度发生了战争，也多少影响了民间的来往。但由于前二阶段的基础已在日本深入扎根，这一阶段中在日本天文

学的发展过程仍沿着中国古典天文学的路子走下去。但是由于此时交往的不及时，中国天算新成果不能象隋唐时期那样迅速到达日本，这促使了日本学者在中国天算体系的基础上独立地进行研究和天象观测，并吸收从佛教地区和穆斯林地区传入的一些其他天文知识，掺杂在日本天文学史中。

唐以后中国历经了五代分裂局面，接着是北宋、南宋、辽、金、元各代。五代时期全国历法不统一，日本同吴越国从海上有所来往。10世纪初，日本朝廷制成《大学式》，经、算文章生员组织在严密的系统中，天算学又受到重视。937年朝廷令大宰府抄呈中国当年及次年的历本。957年，赴吴越国僧日延从中国归来，他在中国天台山上学习了当时流行于民间的《符天历》，回国后将《符天历立成》传给掌管天文历算的贺茂保宪，2年后贺茂依《符天历》自编历书进献朝廷，遂将《符天历》同当时行用的《宣明历》互相参照行用，这是日本学者自己的研究开始进入历法。贺茂后来将天文历法二道分别授与其弟子安倍晴明和儿子光荣，自此在日本天文和历道遂分成二家。

宋元时代通过民间的渠道和朝鲜的桥梁，中国的许多天文典籍流入日本，从《史记·天官书》以后几无遗漏。日本学者在宋元时期官方交往减少，中国限制民间私习天文，日本国内在武人当道、政出多门的影响下，则转入深入研究中国天算典籍、消化吸收中国天文知识的新阶段，是明清之后日本天文有一个新发展的准备时期。

明朝初年，中日关系有一段重归与好的时期，明太祖朱元璋于洪武三年遣赵秩赴日，与日本怀良亲王相处甚洽，日本次年遣和尚祖来送赵秩回国，并修表称臣。太祖嘉之，又命僧祖阐、克勤等8人赴日，赐怀良亲王以大统历。这是《授时历》从官方角度首次进入日本，但只留在朝廷里。此后，中国发生了宫廷政变，成祖迁都北京。日本结束了南北分裂局面，足利义满成功地统一

了日本。1401年他遣商人肥富和信亲僧人祖阿赴中国，想探求中国同日本开展贸易的可能。明惠帝在次年遣禅僧天伦道彝和一庵一如送祖阿回国，又“班示大统历使奉正朔”，《授时历》再次被带到日本。

这一次日本政府虽未正式行用，仍用《宣明历》算历，但有许多学者对《授时历》进行了研究，写成学习心得，甚至出版书籍、教授学生。如1673年小川正意编成《新勘授时历》、1680年涉川春海著《日本长历》、关孝和著《授时发明》等。1681年，春海再次上表指出《宣明历》与天不符，要求改历。1684年改行《大统历》，1685年又颁行春海根据《授时历》编成的《贞享历》，结束了日本长期搬用中国历法的历史。

日本古代天文学在天文仪器、星图绘制、天象观测等方面亦长期依据中国传统，都可见它赖以建立发展起来的中国背景。

第三节 朝鲜古代天文学的特点

朝鲜古代天文学同日本相似，也受到中国体系的巨大影响，是按中国体系重建的又一个例子。由于中朝两国山水相连、交通便利，因而朝鲜历史上受中国的影响比起日本来更快更充分。有这样的历史背景，朝鲜天文学的特点亦如中国，有区别于印度、阿拉伯和古希腊等古老天文体系的许多东西，这在本书开头第一章已有详细论述。总之，朝鲜、日本和中国古典天文学是东方天文体系的样本。

朝鲜古典天文学自古吸收中国的天文成就和方法，重视天象观测，精于历法计算，努力研制天文仪器，依地心单层球模型以代数学方法描述天体运动。朝鲜的许多学者都到中国学习过，或者本身就是中国人移居朝鲜者。朝鲜的天文机构亦按中国制度建立，包括行政管理的官员和天文、漏刻、历算等技术性的学者。但

是，值得指出的是朝鲜学者在学习中国天文学的同时，没有放弃自己的独立研究，他们考虑到自己所处的地理位置跟中国有别，在历法计算和仪器制造上都注意到这一差别。

公元7世纪以前，朝鲜半岛上有三个独立的政治实体，这就是新罗、百济、高句丽，史称三国时期。它们都同中国有密切的交往，大量吸收汉文化，其中天文、历算、医卜、遁甲、方技等书籍和知识早就进入朝鲜。刘宋何承天的《元嘉历》就是通过朝鲜半岛传到日本去的。许多天文医卜等技术书籍也由居住在朝鲜的中国人或朝鲜人传到日本去。可见，朝鲜比日本更早地接受了中国古典天文学的影响。

《三国史记》是朝鲜一部古老的史书，仿中国司马迁《史记》的写作方式和结构记述朝鲜早期历史，其中有很多同中国交往的资料，更有许多可贵的天象观测记录，如日食、彗星、流星，以及大量气象记录。这些记录中描述天空位置的术语，所用星名、星官名都同中国一致。

7—10世纪，这相当于我国隋唐时代，朝鲜半岛为新罗和渤海国分治。这一时期，由于隋唐天文学的发展，朝鲜在天文仪器、天文台建设、天文观测、历法等方面均有发展。此期间朝鲜庆州瞻星台的建立值得提出，该台位于庆州东北的半月城，建于647年，至今保存，是世界上最古老的天文台建筑。瞻星台以27层石块砌成，下圆上方，台高9.1米，下直径4.93米，上直径2.85米，在离地4.16米处有方形窗户，朝向正南方。

据有关学者考证，该台砌成这一特殊形状是依据了中国古老的天圆地方说，27层石块表征建台的时候是新罗统治的第27年，顶部木结构方形平台上有各种环圈相套的浑仪。但另一些学者则认为顶部并非平台，而是敞开圆顶形式。顶部内表面东半由石板铺地，西部为木板，不过，至于说有一架浑仪永久性地安装在顶上看来证据尚不充足。还有的研究者认为，该台的作用是观日影，

类似日晷，同时也可以指示四个准标方向。尽管众说纷纭，这一瞻星台的历史价值和研究价值确实吸引了不少学者的兴趣。

10世纪以后，半岛为高丽所统一。此时中国处于宋元时期，天文学发展到高潮，大量的天文书籍和新成果进入朝鲜，为李朝天文学的高度发展打下了基础。李朝是14世纪末由李成桂建立的统一王朝，国号朝鲜，统治时期达400多年，相当于中国的明清时代。其建国之初即重视天文学研究。以后不断有所发展，取得了很大的成就。

李氏朝鲜刚建立，李成桂即命当时皇家天文机构书云观的天文学家权近等11人绘制全天星图，并出示高句丽早期的一古星图抄本。权近等人认为，该古星图年久已不符天象，应根据观测和推算重新修定。于是在1395年6月写成中星表一篇，将旧图中24节气的昏旦中星依观测作了改正，1395年12月重刻在石碑上。现在汉城皇宫花园昌庆苑内有石碑天文图一块，题名天家列次分野之图，即为此图。图的说明文字表明，这一天文图的石刻本原存平壤城，因战乱沉没江中，年久淹没。

该星图是典型的中国盖图式样，有恒显圈、恒隐圈、黄赤道和28条经线，边缘刻十二辰，分野、二十八宿、星官名数也同中国古星图相当。尤其是图下方和周围的说明，全部采用中国古书中的文字，早至《三统历》，晚至晋隋天文志，其间也引有葛洪、何承天、祖暅的话，可见该图的底本年代不晚于唐李淳风，按旧中星数据，大体与《元嘉历》相同，所以看来还是唐初之前的一古图抄本。此外该图采用黄道十二宫的名称，是受到巴比伦和印度天文学的影响，但为适应中国 $365\frac{1}{4}$ 度的全天分划系统，又将每宫30度变成有六宫均为30度，有五宫为31度，另一宫为 $30\frac{1}{4}$ 度，可算中外合璧，这一做法为朝鲜学者的创造。

朝鲜也同日本一样，采用中国历法，最初行用《元嘉历》。据

《三国史记》载，624年，高句丽使者来唐，获得了《戊寅历》。新罗在674年行用中国的《麟德历》。8世纪末9世纪初新罗改用《宣明历》，高丽王朝一直沿用。同时朝鲜学者努力研究中国历法，在1062年有一批天文学家撰成不少历法，如金成泽的《十精历》，李仁显的《七曜历》，韩为行的《见行历》，梁元尧的《遁甲历》，金正的《太一历》等，但均未行用。1218年，金德明还写成《新撰历》、《高丽师星曜书》、《高丽日历》等著作。1281年，忽必烈将郭守敬的《授时历》赐给高丽，1298年，高丽派崔诚之、忠宣赴元大都学习《授时历》。后来姜保在1343年出版了《授时历捷法立成》。明初，朱元璋又颁《大统历》给朝鲜。1370年成准得赴明抄写《大统历》回国。在行用时，他们对《授时历》作了一点修改，并按自己的地理位置做了些计算上的改动。李朝学者比较研究了宣明、授时、大统等中国历法，李世宗15年，命天文学家郑麟趾、郑招、郑钦之、金淡、李纯之等人撰《七政算》，1442年出版了七政算内篇二章二卷，七政算外篇三章五卷，是朝鲜学习的重要著作，内篇系中国古历的传统，外篇则采用伊斯兰历法中的本轮均轮体系，实际上是托勒玫的方法。

李朝学者通过对中国古代天文学的研究和吸收，在天文仪器、天象观测、历法等方面均有自己的成果，他们制的仰釜日晷采用了郭守敬仰仪的式样及原理，但按当地纬度重新刻度；他们也制造过浑仪、浑象、漏壶、正方案，还仿中国北宋苏颂水运仪象台的构思造成了能自动运行的水钟，并联接浑仪。尤其是1664—1669年间李敏哲和宋以颖制造的水钟，既有中国的传统构思，又有阿拉伯和欧洲的钟表技术。李朝学者还对地转理论进行过研究，提出自己的看法。朝鲜的天象记录，系统而详尽，亦有中国之传统，在《三国史记》、《新罗史》、《高丽史》、《李朝实录》中均可见到。此外，朝鲜学者的观象监日记、天变臚录、历代妖星录等，收集了许多奇异天象，为现代天文研究提供了宝贵资料。

第四节 东南亚一带的汉历

南亚和东南亚地区位于中国和印度与阿拉伯世界的中间地带，历史上这一地区很早就同中国从海上和陆路产生许多交往，又加上华侨的大量移居和中国少数民族同该地区民族间的关联，中国文化早就传播到这一地区。中国的天算和其他知识在这一地区的生活中起着重要的作用。

越南在历史上很长时间内奉汉历正朔，使用中国历法，因此越南的天文学史也同日本、朝鲜一样，受到中国古典天文学的深刻影响。越南历法也即中国古历，至今越南人民的许多民间节日，如春节、清明、端午、中秋等都同中国一致。

中南半岛西端的缅甸，历来是中印陆路交通的要冲，我国的西南少数民族和华侨向南移居，缅甸也是重要的通路和聚集地，从我国云南西南边境小镇畹町沿江而下可达曼德勒和仰光。在历史上曼德勒是缅甸的首都，据说在曼德勒的皇城是按北京故宫的形式修建的，该城正方形每边 2 公里，城墙由砖垒成，高 8 米，厚 3 米，四周有护城河，宽 60 米。皇城内的王宫金碧辉煌，1885 年被英军占领，珍宝被劫掠一空。后来又被日军占领养马，英军狂轰滥炸，使其破坏殆尽，至今只剩遗址了。在缅甸到处可见中国风格的建筑，还有华侨捐资修建的观音寺，寺内碑上刻有 630 位华侨的名字和他们的店号。

缅甸同中国的往来从东汉时就有记载，我国古书上称缅甸为掸国或膘国。汉和帝永元九年（97 年）曾赐金印紫绶（《后汉书·西南夷传》）。唐贞元十七年（802 年），缅甸奉唐朝正朔，改为建寅之月为缅甸历一月，其历元起 638 年 3 月 21 日春分，即唐贞观十二年戊戌闰二月初一。缅甸历为阴阳合历，年长 365 天，月长 29 或 30 天，分大小月，前半月称白分，后半月称黑分。由于

十二月与 365 天相差 11 天，故 19 年安排 7 个闰月，固定于六月之后，称为闰六月，但每隔三五年又要在五月末安排一个闰日，以补太阳年与 365 天间之余数。这种又闰月又闰日的做法在现今我国境内德宏傣族行用的《傣历》中也采用，它同缅甸历是一致的。此外，缅甸历中在新年前 3 天为泼水节，大约相当于清明节后 10 天，也同《傣历》相同。

缅甸向东有泰国，泰国从元代起才从柬埔寨属下独立出来，建立素可泰王朝。1282 年，素可泰国王兰甘亨创立泰文字母，才开始有文字记载的文明史。素可泰王朝元代译为速古台，留下的史料主要有几十块碑碣，现认读整理出 20 块，其中 7 块都有使用干支纪年纪日的文字。从这些碑碣中关系到历法的部分来看，纪年既有六十干支，又有十二生肖，日名既有黑分、白分的日序，又有干支名称；此外，还有七日一轮的曜日。从语言学角度考证，其干支发音大部借古汉字之音以泰文拼写，显然是受到中国的影响；从民族学的角度来研究，素可泰人以及老挝的寮人，越北的里泰人、缅甸和阿萨姆掸人的先民可能是从中国南方迁徙去的，他们同我国境内的少数民族傣、掸壮、侗族都有紧密的关系，因而他们的历法中受到中国历之影响是有根源的。后来，由于历史的复杂因素和印度佛教的广泛传播，印度历的影响深入进来，他们的历法成为混有中印历法特色的历法。

泰国向东有柬埔寨，我国史书上称扶南、真腊、高棉等，这是一个历史悠久的古国，同我国的交往也很早。公元 3 世纪我国使节出使扶南国，当时扶南已有“书记府库，文字有类胡”，说明此时已使用从印度传去的文字。柬埔寨是中南半岛上最早印度化的国家，其历法也使用印度历，有闰月和闰日，月分黑白，月名同与印度历，但也有明显的中国历特点，如六十周期，以十二生肖和十相配，日分昼夜，夜分四更。

柬埔寨北面有老挝，亦称寮，上寮同中国接壤，东面是行用

汉历的越南，下寮南面是用印度历之柬埔寨，故老挝历法也受到中国和印度历之影响。

总结这一地区的历法，其中国历的影响可有下列三项：

其一，是六十周期和十二生肖周期。仅管印度古代也有六十周期和十二生肖，但同中国有本质的不同。印度的六十周期是五个十二形成的，十二是木星周期，它的名称各有专名，而中国的六十周期是以十干和十二支相配合而成的。在中南半岛上的诸国中，虽然有的改用十二生肖代替地支，用十个数字代表十干，或以其他名称代替，但都是两两相配的，而且按数学上的排列规则，十和十二可排列出 120 个花样来，但中国只取了 60 个，砍去了其中的一半，如没有甲丑，乙寅……在中南半岛诸国历法中也都取消了这 60 个排列。

其二，是一天分十二或十六时段，白天称时，夜里用更。时有长达现今 2 小时者，相当于我国的时辰，也有 1 小时者，相当于半时辰，更有的长达二个时辰，有的长达一个半时辰。未见二十四时段者。

其三，是年首有用中国的建子之月为一月，有用建寅或建卯之月为一月者。但岁首一般用太阳进白羊宫（春分）之日，因岁差又不断有所改变，这是同中国历无关的。

第五节 中印交流

中国和印度都是文明古国，印度古代天文学也有悠久的发展历史，只是因为早期的资料未能留下，只能从后代编成的书中知道一些片断的情况。公元 2 世纪后，印度天文学有了新的发展，5 世纪以后，编成了一些体现印度天文学特点的书籍。在这一发展过程中，印度从西方的巴比伦和古希腊获得了不少知识，因而受到它们的影响比较大，后来阿拉伯天文学兴起，印度天文学又给

阿拉伯天文学以一定的影响。

中印之间自古就有交往，早在汉代就见之记载，中印之间的来往主要有三条通道，一是丝绸之路，经河西走廊向西，过喀什，越葱岭帕米尔拐向南；一条是经过云南、缅甸、巴基斯坦直向印度；第三条是海路，经南中国海向西，到达斯里兰卡和印度。随着印度佛教的兴起，佛教僧侣的来往增多，从南北朝到隋唐时期，中印之间的文化交流大量增加，印度的天文学、数学也进入中国，中国天算中零的采用，可算是一个影响。唐代印度血统的瞿昙氏家族，长期供职司天监，传进了印度的《九执历》，又编写了《开元占经》一书，书中留下了《九执历》的资料，至今成了研究印度历法的重要文献。

中国的天文学对印度的影响，过去讨论得最多的是二十八宿问题。印度也有二十八宿或二十七宿之说，前辈学者大都认为印度二十八宿是从中国传去的，这固然有一些理由，但仔细分析中印两国的二十八宿会发现，两者是有本质的不同。除了一些星的选区不同外，更重要的不同在于印度二十八宿大体是均匀分布的，固有“月站”之说，它体现了月亮在恒星间的运动规律；而中国二十八宿是不均匀的，大到33度，小到1度，任何一种天体的运动都不表现为这种运动形式，所以它仅起一些标志点的作用。有的研究者以二十八宿沿赤道划分作为印度二十八宿来自中国的判据，看来是靠不住的，二十八宿的形成，有一个长期的过程，其间还有不少调整，以调整后的二十八宿分布判断它沿赤道划分其理由是不充分的，况且二十八宿逐步形成的时候，黄道赤道的概念还早未产生。

在本书的第六章第二节中，笔者根据中国二十八宿的特色，提出了四七相配说的起源模式。以往的研究者，大都忽视了二十八宿与北斗之间的密切联系，1977年在湖北出土的战国中期一个漆箱盖上中央部分画的是北斗，周围一圈是二十八宿，最外是青龙

白虎图像，这一文物有力地证明了二十八宿同北斗与四象的关系。张衡《灵宪》说：“众星列布，其以神著，有五列焉，是为三十五名。一居中央，谓之北斗。……四布於方，为二十八宿。”这体现了二十八宿乃四七相配的结果。漆箱盖二十八宿的名字只有 27 个，是将营写成东营和西营而成为 28 的，这说明二十八宿中的营宿是最后一个分出来的，这体现了二十八宿的不断补充和完整过程。

四七相配说符合中国古代的哲学思想逻辑。首先，四象和北斗符合五行学说的观点；其次，四七符合阴阳学说。《易·系辞传》曰：“天数五，地数五，五位相得而各有合。”四是地数为阴，七是天数为阳。因而二十八宿起源于中国是肯定的。而印度的二十八宿或二十七宿很可能有本身的起源，笔者认为现在还很难说印度二十八宿是中国传去的。

第六节 阿拉伯民族与中国

阿拉伯国家历史上与中国关系密切，丝绸之路就通过阿拉伯国家，中国史书上称阿拉伯国家为大食国，又分为白衣大食、黑衣大食和绿衣大食。而印度天文学兴起不久，阿拉伯天文学也兴起，它大量吸收印度的天文学，从西方也吸收古希腊的天文学，将许多希腊著作译成阿拉伯文。穆罕默德建立伊斯兰教以后，中国与阿拉伯之间的交流与人才交往就更多了，尤其是蒙古大帝国建立后，天文学家之间的交往更多了。元初以来，回回历法传到中国，阿拉伯国家的仪器进入中原，特别是扎马鲁丁从马拉干城到达蒙古，在上都建回回司天台，又做 7 件西域仪象，在元史里有详细记载。13 世纪初，中国丘处机（1148—1227）赴西域谒成吉思汗，沿途记载了 1220 年 5 月 20 日日全食的情景，到达马拉干后，同当地的天文学家讨论这个问题。据说，当时在马拉干工作

的中国天文学家有不少人，在伊儿汗表中，专门有一节讲中国历法的。随着人员和回教徒的往来，回历在我国广为传播，中国天文学在阿拉伯也有一定的影响。

天文学与数学的交流往往是同时的，杜石然先生有两篇讲中阿数学交流的文章，读者可参阅《自然科学史研究》1984年第3卷第4期和《宋元数学史论文集》（钱宝琮主编，1966年，科学出版社）。

第七节 中国古典天文学进入欧洲

中国古典天文学进入欧洲并引起注意，大约从传教士进入中国以后，当时传教士从中国寄回大量书信。最早引起欧洲人注意的是天象记录，有人认为开普勒发现行星三定律，参考了郭守敬的观测资料，现在看来这一点并不可靠，问题是观测精度不够，但是中国天象记录，确实使欧洲人感到惊叹。在欧洲黑暗的中世纪，天象观测全被取消了，而中国系统地长期地保持着观测天象的传统，包括客星、彗星、行星现象、太阳黑子等丰富的内容，以至后来科学家们要求与汉学家合作，系统研究这些资料。1843年在巴黎，由毕奥（Biot）出版了中国天象资料集，详细翻译了《文献通考》、《象纬考》中的天象记录，这是第一本在欧洲出版介绍中国古典天文学天象记录的书。

引起欧洲人注意的其他内容是十干十二支及六十干支表，以及24节气。荷兰汉学家戴文达，在《通报》上发表了一篇文章，讲最早欧洲的中国学研究，详细讲述了这一系列问题。18世纪末年，拉普拉斯的巨著《天体力学》在附录中有一个例题，讲中国的内容。总之，欧洲天文学的发展注意到了中国古典天文学，但基本上是按照自己的路子走的。近代天文学的兴起与中国古典天文学的关系是不密切的，所以，当近代天文学传入中国以后，其

系统与中国古典的相去甚大，经过几百年的努力，才逐步走上了现代化的道路。

第八节 域外学者对中国天文学的研究

由于中国天文学的伟大成就引起了国外许多学者的注意。最早在日本，上世纪末本世纪初，新城新藏、饭岛忠夫开创了用现代天文学的方法来研究中国古典天文学的成就，著有《东洋天文学史研究》、《中国古代史和天文学》。后来，以蕞内清教授为首的中国天文学史研究班在京都大学人文科学研究所建立，他们系统研究了中国的天文历法，蕞内清教授著有《隋唐历法史之研究》、《中国的天文和历法》，后来又组织编纂了《中国中世纪的科学和技术》、《宋元时代的科学和技术》、《明清时代的科学和技术》，这个研究班，培养了很多人才，出了许多成果，成了一个研究中国天文学史的中心。

另一个地方是英国剑桥，从本世纪 40 年代开始，李约瑟博士转向了中国科学史的研究，他的第一项工作就是天文学史，他团结了王铃、鲁桂珍、何丙郁等人，现在成立了东亚科学史图书馆，收集了很多资料。

60 年代开始，席文教授在美国开始了中国科学史研究，他注意到中西科学的交流，是从天文学开始的，他研究了王锡阐的五星行度解。70 年代以来，世界上许多人认识到中国古代科学的重要和成就，连续 4 届召开了中国科学史国际会议，分别在比利时的鲁汶大学、香港大学、北京和澳大利亚举行，每次会上都有国外学者提供的天文学史论文。

在世界其他许多地方，虽没有形成中心，但研究工作做得很深入，如法国、马来西亚、澳大利亚、新加坡等，此外，还有一些零星的研究者，在进行一些专题研究。

70年代以来，中国天象记录再次受到关注，英国的斯蒂芬森等人，专门写了《历史超新星》一书，其他国家这项研究也正在蓬勃地开展。

第九章 中西天文学合流

星辰北拱疏还密，
河汉西流纵复横。

——陆 游

第一节 明清之际的天文学形势

中国古典天文学经历了宋元时代的高度发展，到明代显得停滞不前。朱元璋建立明朝以后，按元代旧制建司天监于南京，从职人员基本上是元太史院的旧人，仪器也是元大都郭守敬等人所造的。明朝行用《大统历》，实为元《授时历》，只是做了一些细微的改动。同时又将元太史院中的回回大师调往南京，让他们负责编算每年的回回历法，还翻译了两本阿拉伯天文学著作：一是《七政推步》，一是《明译天文书》。明司天监的工作除了编算民用历书每年颁行和坚持异常天象的观测以供宫廷星占之外，没有什么新的进展。清朝政府还禁止民间私习天文历法，这就更加把天文学禁锢在司天监内，切断了天文学得以发展的群众基础。

从明初到万历末年的 200 多年间，虽然《大统历》推算历法和预告日月食发生了多次差错，但无人能给予纠正，甚至皇帝下诏征集民间能通历学者备选，全国竟无一人敢应。这种万马齐喑的局面确是郭守敬以后中国天文学史上的悲剧。

诚然，明初曾有郑和 7 次下西洋的壮举，远洋航行中使用了天文导航的过洋牵星术。这完全有赖于宋元以来民间航海知识的积累和郑和船队的伟大实践，跟明朝的宫廷天文学没有什么直接

关系。对于皇家官办的明司天监来说，它只要完成历书的编算和异常天象的观测，就可以向皇上交差，没有任何其他动力能促使它有新的作为。当然明代的思想统治和科举取士制度，墨守陈规、祖制不可变的守旧思想也是重要的社会背景。

同东方的明朝统治相比，欧洲此时正是文艺复兴时期，封建宗教统治的强大势力正在受到宗教改革运动的挑战，思想领域的革命冲击着神学和经院哲学，资本主义的兴起解放了生产力，产生了许多思想家和科学家。1543年，也就是明朝嘉靖二十二年，波兰天文学家哥白尼出版了不朽名著《天体运行论》，建立了科学的太阳系模型。1609年，即明朝万历三十七年，意大利天文学家伽利略第一次用望远镜观测天空，发现了人们前所未见的天空景象。同一年，德国天文学家开普勒发现行星绕太阳运动的轨道是椭圆，遵守面积定律；10年后，又发现第三定律，建立起太阳系行星的运动法则。1642年，即明朝末代皇帝崇祯吊死在北京景山的前2年，伽利略去世，却唤来了英国伟大科学家牛顿的诞生。

欧洲在明末清初的100多年间出现了天文学的飞速发展，近代天文学很快传向世界各地，影响着各文明古国在本土发展起来的古典天文学体系。尤其是东方中国的古典体系，所受的影响可以称得上冲击。因为中国古代天文学的体系发展得很完整，成就很大，跟西方的古典体系差距甚大，在漫长的历史过程中虽不断有外来天文学知识的传人，但均未对其产生足够的影响。现在到了中国古典天文学停顿不前、走向衰落的时期，从欧洲来的天文学知识正好填补了人们对新天文学的追求。但是中国古典天文学向近代体系的转变却不是一帆风顺的，它前后经历了大约300年的时间，这真是一个痛苦而坎坷的历程。

这一曲折过程的出现是有其复杂原因的。首先，是思想领域方面，对于外来天文学知识历来不屑一顾，但到了明末因内部衰微，遂出现三种态度，一是欢迎、吸收，但又兼收并蓄，将自己

的优点也抛弃；二是拒不接受，“宁可使中夏无好历法，不可使中夏有西洋人”；三是存有戒心，保持距离。不同的态度必然带来不同的结果，使初期的过程出现曲折。其次，是承担介绍欧洲天文学知识的人有复杂的背景。欧洲资本主义兴起，宗教改革中旧教的势力遭到打击，他们跑出欧洲，到东方寻找新的地盘，来华的耶稣会是代表欧洲封建阶级的守旧派势力，他们维护中世纪的宗教统治，反对新思想和新科学。耶稣会士到中国来的目的是传教，但为了站稳脚跟，不得不采取学术传教的方针。然而，他们反对哥白尼的新天文学体系，主张公元2世纪时托勒玫的宇宙体系，后来又采用折衷的在欧洲并无市场的第谷体系，这也使中国古典天文学向近代的转化走过了一段弯路。再次，是中国皇帝和政府的政策变化，行政命令干扰学术活动。清政府在对待国外传教士的方针上几度变化，时而允许留驻京师，时而全部驱逐出境；外国教士的命运随着一些权臣的沉浮而升降，时而优宠尤加，时而充军凌迟。中国知识界不学外语，而由外国教士学中文和满文，所介绍的知识随洋人之意而定，甚至有些介绍最新科学成果的书籍已带到北京，而外国教士不说中国人就一无所知。

当然，中西天文学合流的进程如此曲折复杂还有深刻的社会哲学因素。两种传统文化的融会历来就不是轻而易举的，甚至从严格上的意义上来讲是不可能完全融会的，这些科学史上的理论问题还可以留待将来继续探讨。下面仅选择一些有代表性的著作和事件对中西天文学合流的过程做一个大概的描述。

第二节 《崇祯历书》和第谷体系

明代天文学的停顿到了万历年间已酿成了严重后果，万历二十年（1592年）五月甲戌夜发生月食，而钦天监推算与实际相差一天，这种错误对于古代天文学发达的中国来说简直是不可容忍

的。3年后，朱载堉和邢云路分别上书改历，并献出自己编撰的新历法。但是顽固守旧的钦天监竭力反对，他们对皇世子朱载堉没有办法，却反诬邢云路“私习历法”犯了祖宗的禁令，改历的建议被取消。万历三十八年（1610年）十一月壬寅朔日食，钦天监推算食分和时刻又发生较大错误，改历建议又起，这一次反映比较强烈，连钦天监的主管部门礼部都已同意，并推荐了邢云路、范守己、徐光启、李之藻等人，但最终还是被旧势力阻挠而未成。

崇祯二年（1629年）五月乙酉朔日食，钦天监预报又发生明显错误，改历之议复起。此时，徐光启正担任礼部侍郎，由于他的努力，崇祯帝才同意改历，在宣武门内成立历局，并任命徐光启主持此事。这时最初来华的耶稣会传教士利玛窦已在19年前死于北京，徐光启、李之藻等人曾同他交往，翻译了《几何原本》前9卷，传入了托勒玫的九重天宇宙结构，地为圆球的概念，天文仪器星盘等西方古典天文数学知识。他们深知要改革历法，必须利用欧洲天文学知识中的几何学方法。而对中国传统历法比较熟悉的人邢云路、朱载堉、范守己等人此时已相继去世，因而他们决定此次改历以西法为基础，并推荐了传教士龙华民、邓玉函、汤若望、罗雅谷等人来历局工作。

明末的改历从崇祯二年九月开始，至七年十一月结束，成书137卷，名为《崇祯历书》。这本书是中西天文学合流的第一部著作，以介绍欧洲天文学知识为主。按徐光启的计划，它包括五个部分：法原，即天文学理论，天体运动轨道之类；法数，即天文表，天文数据之类；法算，即天文计算中所使用的数学方法，主要是几何学和三角学；法器，即天文仪器；会通，即中西各种度量的换算表。《崇祯历书》的章节安排则按中国古历法的体系，日躔、月离、交食、行星、恒星等。

就内容来看，《崇祯历书》抛弃了中国古历的代数学体系，以西方天文学的框架进行日月行星运动的推算。首先建立起一个宇

宙结构体系，这是丹麦天文观测家第谷所创立的介乎哥白尼日心说和托勒玫地心说的中间体系。按第谷体系，月亮绕地球运行，五大行星绕太阳运行，太阳又带着五行星绕地球运行，地球居于中心不动。我们所看到的行星视运动是它们双重运动叠加的结果。这一点就同中国古历法的推算步骤无共同之处了，中国古历法中考虑日月五星的运动时从不考虑它们的绕转关系，无需建立各行星的轨道体系。

在日月五星各有其绕转轨道的基础上，又建立本轮和均轮系统。天体在均轮上运动，均轮心在本轮上运动，本轮心又在本天上运动，本天心对太阳月亮来说是地球，对各行星来说是太阳。只要选择各天体的运动速度，就可以组合出日月的不均匀运动和行星的顺留逆等变化，这一套方法在公元前已由古希腊天文学家设计出来，同中国古历传统的代数学方法又是毫无共同之处的。

此外，《崇祯历书》中引入了明确的地球概念，采用经纬度制，周天 360 度制，一日 96 刻制，数字的 60 进位制，赤经坐标从春分点开始分成十二次，每次 30 度，赤纬坐标从赤道向天极计量共 90 度；引进黄道和黄极概念，建立黄道坐标系；引入球面和平面三角学，以三角计算代替中国古历中的经验公式和“弧矢割圆术”等等，这一切都同中国古典天文学的体系不同。

尽管这一套体系和方法与欧洲近代天文学的发展状况还有很大差距，第谷体系也是违背客观实际的，但是《崇祯历书》在相当程度上将中国古典的天文体系转到了近代天文学的轨道上，为今后接受新的天文学知识打下了基础。当然，那时的欧洲天文学家们研究的重点还在于太阳系的结构和运动，对于太阳系之外的恒星世界是个什么样子也所知甚少，因而，对中国古典天文学的改造也仅在太阳系的知识方面有积极进步的意义，面对恒星、对宇宙总体的看法方面还要等待近代天文学的进一步发展。

徐光启在《崇祯历书》编撰过程中逝世，他原先设想的计划

因而受到一定程度的影响。虽经他的继承人李天经的努力，这部书总算最后编成了，但反对派和保守势力也再次抬头，他们支持墨守旧法的魏文魁等人又成立了一个历局，因地处东城，故称东局，跟李天经领导的位于西城宣武门内的西局开展争论。明政府这时已是风烛残年，摇摇欲坠，无力顾及这类历法问题上的矛盾。《崇祯历书》在1634年底完成，10年后明朝灭亡，它未能在实际中得到行用。

清兵入关，建立清朝，传教士汤若望乘机将《崇祯历书》稍加修改成103卷献给清政府，并称这是他多年制造仪器、亲自观测所建立起来的一套新方法。其时清朝刚刚入关立国，急需一个新历法颁行天下，于是立即同意采用，1644年11月任命汤若望为钦天监监正，所献历书称《西洋新法历书》，据此编算的每年历本称为《时宪历》。其实这就是徐光启、李天经等人主持编成的《崇祯历书》。

第三节 北京古观象台及《灵台仪象志》

北京古观象台是明清二代的皇家天文台，担负着观测天象、编算历书的重任。在我国封建社会里，颁历和解释天象乃是皇权的象征，所以司天重地是一般人不能擅入的禁苑。

北京古天文台最早可上溯到700多年前的金代。金灭宋以后，建都北京，称为“中都”，城址在现广安门一带。为了进行天文观测，将北宋开封的天文仪器运到北京，这就是北京有天文台以来最早的一批仪器。

元灭金后，称北京为“大都”，并重建新城，在新城东南角建天文台。元大都的南城墙约相当于现在的东西长安街，故这个天文台大约就在现今建国门古观象台北侧不远的地方。元大都天文台上的仪器由著名天文学家郭守敬等人研制，而北宋的仪器放在

金朝的天文台（当时称清台）上就被遗弃不用了。

我们现在见到的建国门古观象台，首建于明代正统年间。明代开国时定都于南京，司天台设在南京城内的鸡鸣寺山上，将元代的仪器及宋金旧仪都从北京运到了南京。燕王朱棣迁都北京后，永乐年间忙于营建故宫等宫廷建筑，无暇兴建天文台，只用临时的仪器进行观测，到正统年间才开始在元大都城东南角楼旧址兴建观象台，在台下建晷影堂等一组建筑，使观象台初具现在所见的规模。又依元代郭守敬的仪器式样，从南京做成木模到北京仿铸仪器安装于台上。

清代对明代观象台上的仪器进行了彻底的改造，所有明代仪器都在康熙乾隆年间全部撤下，换成掺有西方天文学影响的 8 件天文仪器。8 件仪器中有 6 件铸于 1673 年（康熙十二年），一件铸于 1715 年（康熙五十四年），一件铸于 1744 年（乾隆九年）。现在仍存放在北京建国门古观象台上。

最初的 6 件仪器是由比利时传教士南怀仁（Le P. Ferdinandus Verbiest）主持铸造的。此时，欧洲传教士同杨光先为代表的守旧势力经过了一场殊死的斗争，汤若望于康熙五年（1666 年）死于狱中，钦天监由杨光先和吴明烜负责主持，但他们不懂历法，经常出现错误。康熙七年^{*}（1668 年）冬，康熙帝令内院大学士图海等 20 人至观象台测验 1669 年立春、雨水时刻，月亮和火木二行星位置。结果南怀仁预推位置与天象符合，而钦天监吴明烜等人所推失实。康熙帝遂命南怀仁负责“治理历法”，推算 1670 年历书，而杨光先被革职。南怀仁提出应制造新式天文仪器，于是从 1669 至 1673 年共铸成 6 件。为了说明新仪的结构、原理、安装和使用方法，南怀仁编撰了《灵台仪象志》一书，参加工作的还有钦天监官员、天文生等 30 人，于 1674 年正月二十九日奏报清政府。

《灵台仪象志》全书 16 卷。卷首有南怀仁写的序言一篇、奏

表一篇，前 4 卷为文字，中 10 卷为表格，末 2 卷为配图。

序言和奏表主要讲述三个问题，即制仪、撰书的缘起，以地球为中心的七政运行结构，仪器制造、安装和使用之困难，寓意做成此事实不在易。

文字部分主要有四个内容，包括仪器、力学和运动学、光学及地学。仪器方面讲新制六仪按赤道、黄道、地平三种坐标体系构思，又加天体仪为天空的总体显示，纪限仪是三种坐标体系之外测任二星角距离的仪器。详述六仪的结构、用途、使用方法，刻度游标使读数精度提高的原理。阐述了用不同坐标体系的仪器测量同一天体坐标互为吻合的道理。同时评价我国古代天文仪器的制造是“从来创仪者多用心于缀饰，而罕加意于适用”，这一评价看来是值得商榷的。

力学和运动学方面主要有杠杆及材料断裂问题，物质的比重，物体之重心，滑轮省力，螺旋的作用，垂线球仪即单摆的知识，单摆的等时性，周期与振幅无关、周期平方同摆线长度成正比，作为单摆计时的例子，介绍自由落体的行程与时间平方成正比等。

光学方面有颜色的合成，日光通过三棱玻璃被分解成各色光，光线在不同介质分界面上的折射，给出入射角与折射角的对应表。

地学方面主要有测地半径法，测某地南北线的方法，罗经偏角，长距离水平测量要考虑地球曲率，测云高法，气水火土四元素说，气温计和湿度计的原理及结构，地面上经纬度差与距离的换算表，不同纬圈上 1 度与赤道 1 度长的比例表，度分秒与里的换算表得。

表格部分主要是 1800 多个恒星的黄道和赤道经纬度表，黄赤二道坐标换算表，赤道地平二坐标换算表等。

插图部分共 117 幅，是制造新仪和讲述上面知识时所用的插图，为便于理解文意而作，是颇有价值的一部分。

清初新制六仪全部属于古典仪器，没有装配望远镜，凭肉眼

观察，用途均属方位天文和实用天文方面。其设计思想按欧洲古典的第谷式，功能单一，要测的各种坐标单独铸仪，因而仪器结构简单，打破了中国古典仪器环圈叠套、各种坐标共于一仪的传统，既便于观测，也不遮掩天区。刻度装有游标，提高读数精度。这些都比传统的中国古典仪器先进。

但是，当时世界上天文仪器的制造已抛弃了古典体系，积极进行折射望远镜的改革和反射望远镜的研制。在南怀仁的时代，欧洲各国相继制成多架长焦距的折射镜，研究设计出三种光路的反射镜系统，发明了动丝测微器，可在望远镜视场里测微小角距，设计了新的计时器摆钟等。南怀仁在北京铸造新仪的同时，欧洲各国纷纷建立综合性的近代天文台，如 1669 年法国聘请意大利天文学家卡西尼主持巴黎天文台的建设，1675 年英国由弗兰斯梯德主持格林威治天文台的建设等。

看看欧洲同时代的天文仪器进展，比比南怀仁在北京制造的 6 件古典式仪器，其差距之大自然不必说了。当然南怀仁对欧洲的新进展不一定完全知晓，但在他动身来华的 1658 年，欧洲天文学观测已普遍使用望远镜，在中国也曾制造过望远镜，出版过介绍望远镜的书，就在《灵台仪象志》里也引用了汤若望《远镜说》中介绍的望远镜知识和观测结果，这些是南怀仁很了解的。

因此，这 6 件仪器的地位应该是：它们比中国传统的古典天文仪器有进步之处，但在当时世界上已属落后之列。

《灵台仪象志》的绝大部分篇幅用在星表和坐标换算表方面。关于星表，北京天文馆的伊世同在其新著《中西对照恒星图表》的编后记中已有确当的评述，它属于明末《崇祯历书》星表的系统，对清代中后期恒星命名的影响较少。书中黄道星表历元 1672. 0，系取自《崇祯历书》星表，仅在其黄经值上加 37 分作为岁差改正而得，黄纬值完全相同。其赤道星表历元 1673. 0，看来不是依《崇祯历书》星表加岁差改正得来，可能是据黄道星表换算或查表

所得。

根据对表格部分的初步考察,《灵台仪象志》中的星表和换算表是一份颇有差错、又不太完整的资料(如赤黄换算表仅给出黄纬零度到士9度的值),这可能跟当时成书仓促有关^①。书中曾讲到这些表是以曲线三角形之理编出来的,但又没有说明所用的公式,用的人只知其然而不知其所以然,且表中一些错误的数字未得纠正,看来均未经过实测校验。书中表格为一些特殊情况下的值,又不完整,不能满足实际工作的需要,因而不可能是供实际应用的表。

《灵台仪象志》介绍的力学和运动学知识已有严敦杰先生的详细论述,见《科学史集刊》第七册(1964)。这些内容大部分译自伽利略的《力学》和《关于两门新科学(力学和弹性学)的对话和数学证明》两书。由于明末邓玉函、王征的《远西奇器图说》和清初南怀仁的工作,伽利略的一些力学、运动学成果在我国得到早期传播。

书中介绍的光学知识主要为折射现象,这一现象在汤若望的《远镜说》里已有介绍,南怀仁进一步给出了不同介质分界面上入射角与折射角的对应表,这是认识折射规律的重要步骤。1985年王冰著文详细分析了折射定律的认识过程,评价了南怀仁的贡献,认为该书介绍了17世纪初以前西方对折射现象的认识和定量结果,使我国对折射现象的认识从定性阶段进入定量阶段,但是该书的出版距折射定律的发现几近半个世纪,却未正确介绍这一定律,暴露了传教士来华带来西方科学知识的局限性。^②

《灵台仪象志》还首次向中国介绍了温度计(气温计)和湿度

^① 刘金沂:“《灵台仪象志》评价”,《中国科技史料》5卷4期,第101~107页,1984年。

^② 王冰:“南怀仁《新制灵台仪象志》所述之折射”,《自然科学史研究》4卷2期,第195—198页,1985年。

计的制造原理和方法，其中气温计的知识是 17 世纪早期的成果，而湿度计的知识要比西方书籍中记述的同类作品为早，这是应予肯定的。^①

总的看来，《灵台仪象志》虽有一些不足之处，但是该书在当时的中国出现还是一件有价值的事，它在中国天文学史、天文仪器制造史上都有一定的地位。书中的科学插图，比北宋的《新仪象法要》要详细丰富。在其他知识方面，也不愧为最早向中国传递西方科学技术知识的书籍之一。

《灵台仪象志》星表是明末清初我国星表系统的代表之一。在中国历史上全天星表都是以入宿度和去极度来表示的赤道坐标系，而该星表改变了这一传统，又新增黄道和地平两个系统，且几种坐标系可以互换。这也就向中国介绍了一种新的测量思想和方法，即通过不同坐标系统的仪器分别进行多次测量而互相校核，可以提高天文测量的精度。不足的是该书在球面三角公式已传入中国之后未能讲明利用这些公式进行坐标换算的方法，以卷帙浩繁的表格代替基本换算公式，即使读者不知其所以然，也减低了表格的实用价值。

南怀仁设计制造 6 件大型天文仪器，编撰《灵台仪象志》一书，使清代观象台初具规模，盈得了康熙帝的欢心。在这一工作中，南怀仁巩固了他本人的地位，甚至也奠定了其后传教士在清钦天监中领导地位的基础。同时，这对中国天文界继续接受西方近代天文学知识，转变到新的天文学道路上来也有其积极意义。

^① 王冰：“南怀仁介绍的温度计和湿度计试析”，《自然科学史研究》5 卷 1 期，第 76—83 页，1986 年。

第四节 《仪象考成》、《历象考成》 和地心椭圆面积定律

清乾隆九年（1744年）适逢甲子年，《灵台仪象志》的星表已使用70年之久，观测中发现黄赤交角有较大变化，一些恒星位置也与星表不合，于是钦天监奏请重新测算星表。正好该年乾隆帝亲自来到观象台，看见南怀仁所铸六仪和康熙五十四年纪理安造的一仪都是西洋式样和制度，而我国传统浑仪却不见。他下令按古代传统制度再铸一架仪器，因而铸仪和重新编星表的工作同时进行，至十七年（1752年）新仪和星表都告成功，这就是《仪象考成》32卷。前2卷是讲新铸仪器的，乾隆帝亲自命名为玑衡抚辰仪，后30卷是星表。

《仪象考成》星表以1744年为历元，共有恒星3083颗，其中使用中国传统星官名称的有1319星，其余均标出“增星”。据研究，这份星表的底本是1725年英国修订再版的佛兰斯蒂德（J. Flamsteed, 1646—1719）星表，有的星是加了岁差改正，有的星是按自己的测定。^①佛氏其人 是英国格林威治天文台第一任台长，近代精密星表的创始人之一，他在1676—1705年间观测了大量恒星，测定其位置，以此为基础编出了星表，1725年由其友人在伦敦出版。笔者有幸在北京图书馆珍藏的北堂书籍中看到了这一著作，精装三大本牛皮纸封面，名《大英天文志》，其中有不少拉丁文手写注记，当为其时主持编定《仪象考成》星表的耶稣会士戴进贤（Ignatius Kögler, 1680—1746）等人所写。

《仪象考成》星表是清代一份重要星表，在它之前虽有《灵台

^① 伊世同：《中西对照恒星图表》第189页，1981年。

《仪象志》星表，但因该书成书仓促，故星数只有 1800 多个，且黄道星表和赤道星表在星名和星数方面均不能吻合，甚至有一星重复二三次出现的情况。而《仪象考成》星表考定了星名，使传统星象同近代方位天文学的成果联系起来，使中西星名对照工作有了基础。后来，在道光年间又进行了一次恒星重测工作，编成了《仪象考成续编》32 卷，以道光二十四年（1844 年）为历元，有星 3240 颗。这一次是中国学者独立工作，因为钦天监里任职的最后一个传教士高守谦（Verissimus Monteiro da Serra）已在道光六年（1826 年）因病回国。不久以后，鸦片战争爆发，中国的社会性质发生变化，中西天文学的合流也走上了另一阶段，而中西恒星的合流工作此时已打下了基础。

《历象考成》是清代编写的一部历法书籍。因为《西洋新法历书》是依据《崇祯历书》仓促删改而成，书中图与表不合，解释文字难懂，康熙五十三年（1714 年）清政府命令重新修定，改正这些毛病，于康熙六十一年（1722 年）完成，这就是《历象考成》。这本书其实没有什么实质性进步，仍沿袭《崇祯历书》用第谷体系和本轮均轮步算，虽然改用了一些天文常数，但积累误差日大。雍正八年六月初一（1730 年 7 月 5 日）日食预报与天象不符，清政府命传教士戴进贤、徐懋德两人负责修定。他们依照法国天文家卡西尼的计算方法和数据编算了一个日躔月离表，附于《历象考成》之后，既无使用说明，也无理论依据，整个钦天监中只有一个蒙古族天文学家明安图能使用这个表。对于这种情况大家都很不满意，于是又令戴、徐二人增修表解图说，同时有三位中国学者参加，他们是明安图、梅赓成、何国宗。

增修工作在 1742 年完成，共成书 10 卷，就是《历象考成后编》。在这里，理论上的进步是抛弃了本轮均轮体系，改用 100 多年前开普勒发现的行星运动第一和第二定律，即行星绕日运动的

轨道是椭圆，太阳在一个焦点上；行星和太阳的连线在相等时间里扫过相等的面积，合称为椭圆面积定律。但是令人啼笑皆非的是在《后编》中位于椭圆焦点上的不是太阳而是地球，这又退回到地心说了，这种颠倒了开普勒定律真可算天文学史上的一个怪胎，是顽固反对哥白尼日心学说的耶稣会士在中国这个特定地方特定时期内孵育出来的。

大家都知道，卡西尼是法国著名天文学家，曾连续四代人任巴黎天文台台长，第一代卡西尼是意大利人，应法王路易十四之请前往巴黎筹建天文台并任第一任台长，为近代天文学的发展做出了重大贡献。但他在理论上是严重保守的，他是最后一位不愿意接受哥白尼日心理论的著名天文学家，他也拒不接受牛顿的引力定律，反对开普勒的椭圆定律。正是这位在理论上保守的学者成了在中国的耶稣会士依赖的对象，由此也可以看到由耶稣会士来促使中国古典天文学向近代的转化是多么的艰难。

第五节 《谈天》标志着转折

现在我们可以简略总结一下从明末到鸦片战争之前中西天文学合流的情况。

从传教士利玛窦 (Matthew Ricci) 1584 年第一个进入中国，到高守谦 1826 年最后一个撤离，其间大约有 250 年。在这漫长的岁月中，中国钦天监由传教士控制，中国天文学史上的重大事件已如上面四节所述。此外还有许多民间学者对西法进行了研究和阐述，在所编写的书籍中，中国人接触到的西方天文学知识大体上有：

托勒玫的九重天思想； (崇禎历书)

地为球形的概念； (同上)

黄道坐标系； (同上)

圆周 360 度，一日 96 刻，60 进位制；（同上）
星盘及其构造、用途；（浑盖通宪图说）
第谷宇宙体系；（崇祯历书，历象考成）
本轮均轮系统；（同上）
南极星空，星等概念；（赤道南北两总星图，灵台仪象志）
望远镜及月面景象，金星位相，木星卫星等；（远镜说）
日月地三者距离、大小、比例；（物理小识）
地心椭圆面积定律；（历象考成后编）

中国人所见到的新仪器主要是古观象台上的 8 件铜铸仪器，后来，虽有望远镜、太阳系仪、坤輿全图等实物传入，但限于宫廷内部，未能流传民间并发挥其科学作用。

这就是说，200 多年来在中国天文学中掺入的理论体系是混乱的，既有托勒玫的地心说，又有第谷体系，还有地心椭圆面积定律；所使用的仪器还是属于古典类型，没有装备望远镜。这表明当时的中国天文学在理论上尚未完成地心体系向日心体系的转变；在技术上也未实现从古典仪器向望远镜的发展，仍徘徊在向近代天文学转变的道路上。这一状况到李善兰和伟烈亚力（Alexander Wylie, 1815—1887）合译的《谈天》一书出版才开始有所改变。

《谈天》的英文原著者是英国著名天文学家约翰·赫歇耳，书名《天文学纲要》，出版于 1851 年，正是哥白尼的《天体运行论》出版 300 年之际。这 300 年是哥白尼的日心说同统治欧洲达 1000 多年之久的地心说激烈斗争的时期，也是天文学取得突飞猛进的时期。这 300 年在理论方面有开普勒三定律和牛顿万有引力定律的发现，还有经典天体力学理论的建立；在技术方面有伽利略以来天文望远镜的使用和改进，天体测量学的迅速发展。用望远镜发现的许多新现象，尤其是 1728 年光行差、1835 年恒星视差的发现，确证了地球绕日运动，1802 年双星绕转的发现，确证了

引力定律是宇宙间的普遍规律，1846年海王星的发现更是天体力学理论与观测实践互相验证的一个范例。理论上和技术上的发展不断为天文学增添新内容，不断为哥白尼学说提供新证据。

在天文学的新发现面前，许多人抛弃了陈旧错误的地心概念，认识到宇宙的真正规律，连保守势力的堡垒宗教界也在悄悄地改变看法，最后不得不取消了对哥白尼学说的禁令。到《谈天》的写作年代，欧洲土地上地心说已没有了市场，人们在打破了地心体系正确认识了太阳系以后，正在向恒星世界进军，当时的天文学研究已踏上了通向宇宙深处的起点。《天文学纲要》一书全面介绍了欧洲近代天文学的这一发展，可算是当时天文学状况的全面总结。对于要全面了解天文学概况的中国读者来说，它是最合适不过的一本近代天文学的教科书。

正是这一本书在中国的翻译出版，结束了前一段的徘徊状态，使中国天文学走向近代化的进程出现了转机。

第六节 《谈天》的内容

中文本《谈天》首先给读者以明确的近代天文学理论概念。书中未涉及到哥白尼体系同托勒玫体系的斗争，也没有提到第谷的折衷体系，全书以哥白尼体系立论，用开普勒三定律和牛顿引力定律阐述行星绕日运动的原理，一气呵成，开门见山，一扫过去传教士们纠缠不清的本轮均轮、地动天动、日心地心等问题，明确告诉读者：“地为球体，乃行星之一也。”“地绕日，月绕地，已知之无可疑矣！而地何以绕日，月何以绕地，且俱终古不停也，今特推阐其理。”书中正确阐述了天体运动的力学原理，并不时对本轮均轮、水晶球模型等不合实际的设想进行了科学上的反驳。正如李善兰在序言里所指出的：“余与伟烈君所译《谈天》一书，皆主地动及椭圆立说，此二者之故不明，则此书不能读。”

《谈天》给读者建立了清晰的天球概念。这是现在一般天文学教科书中第一章必须讲的知识，它将中国人几千年来视为天壳的球面归结为理性的天球。地和行星都绕日而行，然而我们人类都是住在地球上，居地面观天，人犹居天球之中心。各种天体的运动都是投影在天球上的，要研究它们的运动必需从所看到的视现象推求其本质，这就要了解投影的原理。因而《谈天》从地的形状开始讲述各地所见之天球现象，并专辟一节解释天文学名词概念，天球上的基本点和基本平面，各种天球坐标系，天文投影原理，如平行线在天球上交于一点、平行平面在天球上交于一线，球面三角形的诸要素等，可算是第一个天文学名词词典。

《谈天》重点叙述了太阳系的全貌、力学原理和物理状况。除描述太阳系的中心体为太阳，周围有 8 大行星之外（当时冥王星尚未发现），还有诸小行星、彗星、流星群等绕之运动。许多行星周围有卫星环绕，又组成一个小的系统。由于太阳系天体的互相吸引，每一天体除受中心天体的引力作用之外，还受到摄动，故各天体的轨道在摄动下均缓慢变化。书中没有用繁复的公式而用几何学方法描述摄动力如何作用于行星轨道，作为一个例子书中较详细地叙述了根据天王星轨道所受摄动的情况反推海王星的过程。

在讲述太阳系的天体力学原理之外，还介绍了其他研究成果，其中包括以观测金星凌日测太阳视差的方法；太阳黑子的结构；太阳自转轴倾角，自转周期，日珥日冕为太阳上的气体，临边昏暗效应，对太阳能来源的猜想；月亮环形山、辐射带，根据月掩星观测断定月面上无气，冷热变化剧烈，月面上重力只是地面的 $1/6$ ，没有四季变化；火星极冠，木星条纹，土星光环，解释了光环形状变化的原因；卫星世界中有木、土、天王、海王四行星的众多卫星，利用木卫食定经度的方法；此外还介绍了若干周期彗星的轨道，彗头和彗尾的形状等。虽然天体物理学还正在诞生当中，这

些知识许多已属于太阳系物理状况的研究了。

《谈天》向读者展示了太阳系以外的天体层次。自古以来，天文学的研究多属于太阳系的范围之内，而对恒星只限于星座划分和坐标位置的测定。当人们正确认识了太阳系之后，开始了对恒星世界的整体研究。人们发现恒星不是均匀分布于天空中，它们在银河面上的多向银极方向逐渐减少，这说明恒星向银道面聚集；人们又发现，恒星不是撒满整个天空，恒星之间有不少没有星的黑暗区域，这可能就是恒星世界之外的空间。据此有人认为，恒星确实组成一定的系统，我们的太阳系可能就是它内部的一个小系统。这样的概念已远远超出了太阳系的范围，而向银河系的概念前进了。

对于单个恒星，也发现了许多新现象。如各种类型的周期性变星，突然发亮后又不见的新星，几千对按万有引力定律互相绕转的双星、三合星、聚星、星团、星云等等。尤其是星云状天体，有可以分解成恒星者，有不可分解成恒星者，有圆形、椭圆形或旋涡状者，有不规则形状者，各种各样的天体和恒星集团反映了宇宙物质的多样性，或许会存在更高的天体层次，人们提出了宇宙岛假说、无限阶梯式宇宙结构模型，这都是中国读者过去闻所未闻的新知识和新领域。

此外，《谈天》还从天体测量学的角度总结了影响天体视位置的诸因素，如蒙气差、光行差、地平视差、周年视差、章动、岁差等，除岁差和蒙气差亦为中国古人所认识，地平视差在计算交食时亦已考虑过外，其余均属新知识。更重要的是这些知识都被有机地组织在一个科学的系统之中，使读者以新的概念来理解这些天文学内容，这就为中国的近代天文学打下了思想基础。

第七节 近代天文事业的基础

《谈天》中文本于 1859 年在上海出版以后，对中国天文学产生了巨大影响，1874 年再版，并不断印刷。其后出版的许多科学书籍和杂志，如西学图说、西国天学源流、天文启蒙、天文须知、天文揭要、天学释名、西学略述、格致启蒙、西学关键、泰西事物丛考、格致总学、诸天讲、天文歌略等等，都广泛宣传《谈天》所讲到的许多近代天文知识，并补充了不少新近的成果。1883 年华衡芳所辑《天文须知》说：“阅者从此推求，再细考《谈天》等书，自可得其详也。……”1886 年艾约瑟所译的《天文启蒙》，就星云的本质用分光术加以研究的结果向中国读者介绍，这在欧洲也是很新的知识。此外在《格致总学》里有太阳活动同农业丰欠的关系，无线电通讯中断与太阳黑子的关联现象。1898 年的《西学略述》中描写了太阳和恒星的吸收光谱和化学组成。1904 年的《西学关键》中以问答体的形式讲述太阳绝对星等为 5—6 等，表面温度 6000 度，还提到照相术。这一切都使中国天文界超出了编历和天象观测的传统内容，开始把视野扩大到了广泛的天文学的领域。

1866 年，洋务运动的头面人物恭亲王奕诉奏请在京师同文馆内开设天文算学馆，聘西洋人为教师，学习天文和数学。但由于学生来路不正，贵族子弟不务学习，未能有什么成绩，但也翻译了一些实用天文学著作，起了一点传播天文学知识的作用。与此同时，各国教会在中国办学校，上海、山东等地的教会学校里也有开设天文学课程的，这也是一股传播天文学知识的力量。总之，在《谈天》一书以后，中国古典天文学的体系已逐渐瓦解，代之以近代天文学的传播，这些正是近代天文学在我国得以发展起来的思想基础。

100 多年前，在沦为半殖民地的中国土地上相继出现了一些装备有近代天文仪器的天文台或测候所，如 1877 年法国天主教会在上海徐家汇建的天文台，1894 年日本在台北建的测候所，1898 年德国人在青岛建的海岸信号局，1900 年法国天主教会在上海佘山建的天文台。这些台站搞天文、时间、气象、地磁、地震等工作，目的是服务于各自的国家或军队。当中国收回了丧失的主权接管了这些台站以后，利用它们做基地，发展起了中国的近代天文事业，这在某种意义上来说是为物质基础。

京师同文馆的天文算学馆从 1867 年开张至 1894 年结束，未见培养出什么人才，但在出国留学及国内自学成才的许多人中却有一些致力于天文学研究，后来他们为我国的近代天文事业做出了不少贡献，其中象高鲁、张云、余青松、朱文鑫等人，不但自己从事近代天文学工作，还在 1917 年济南齐鲁大学开设的天算系、1926 年中山大学开设的数学天文系中为培养更多的天文人才努力工作，1922 年还倡导成立了中国天文学会，组织国内外的天文人才。他们可算是中国近代天文事业的人才基础。

总之，在鸦片战争后的 100 多年中，中国社会经受了苦难，中国人民坚持了不屈不挠的斗争，中国天文学也逐渐抛弃古典体系走上了近代天文学的轨道。当然，中国天文学真正走上迅速发展的道路，还是在 1949 年新中国成立以后。

第十章 古代天文学家

观河汉星辰，
远溯鸿蒙探造化；
究躔离仪象，
相期月宫建灵台。

——张钰哲

刘 歆 (? ——23)

江苏丰县人，出身于汉宗室贵族，年少时受到良好的教育。其父刘向亦为西汉著名学者，历史上对他们的研究颇多，尤其清代以来对刘歆和《三统历》的研究更为集中。刘歆一生从事政治活动和学术活动的时间大体相当，其中学术活动又分两个时期，公元前26年至公元前六七年为第一时期，主要是研读各种书籍，如经传、诸子、诗赋、术数等，最后同其父共同完成我国图书目录学的第一部著作《七略》；第二个时期是从王莽执政后的元始元年（公元1年）至始建国二年（公元10年），主要从事天文学工作，编制《三统历谱》。公元23年因参与谋杀王莽未遂而自杀。

《三统历谱》不是一个为了行用而编制的历法，它是刘歆为了解释《春秋》一书中的天象和研究历史年代学问题依照当时行用的《太初历》而编制的。古今研究者一致认为，《三统历谱》即是汉武帝时邓平、落下闳等人创立的《太初历》。由于《汉书·律历志》采用了刘歆《三统历谱》的许多内容，使《太初历》的大体面貌得以保存，成为保留下来的第一部完整历法。但是1983年薄

树人教授撰文指出了《三统历》同《太初历》的不同至少有下列5点：^①《太初历》用甘氏二十八宿体系，而《三统历》用石氏体系；《三统历》创立岁星超辰法，即认为木星恒星周期为11.917年；《太初历》用太初元年为近距历元，《三统历》则有太极上元，距太初元年143127年；基本数据方面《三统历》之中指出一回归年 $365\frac{378}{1539}$ 天，一朔望月 $29\frac{374}{705}$ 天，而《太初历》分别是 $365\frac{385}{1539}$ 天和 $29\frac{43}{81}$ 天；冬至点位置，《太初历》认为在建星或牵牛前5度，《三统历》则认为在牵牛初，亦或牵牛前4度5分。

这些不同表明刘歆对天文学是有贡献的，尤其是他提出的木星周期，回归年和朔望月长度的值都比《太初历》进步。他提出的太极上元既有繁复神秘的一面，也有促进数学方法发展的一面。然而他是一个保守的思想家，他利用和发展了《易·系辞》里的数字神秘主义的思想来解释天文常数，对天文学的发展带来不利影响。

在过去的研究中常出现刘歆为了王莽篡汉之需面编《三统历》和刘歆篡改《春秋》中的日食记录之类看法，现在看来这二点证据不足。历史记载中没有看到王莽令刘歆编历的内容，而且王莽篡汉成功以后改正朔，易服色，所行之历与刘歆无关。至于刘歆篡改《春秋》中的日食记录一事，按《三统历》的精度和所用交会周期来分析，他是不可能做到的。如今用现代电子计算机反推《春秋》中的日食记录，37次中有31次确实可靠，有4次记录日无日食发生，有一次是曲阜不可见，一次是月日干支有误。我们应该认为，这绝不是刘歆按《三统历》能推算出来的，只能是当时的观测记录。

^① 参见《自然科学史研究》2卷2期，第138页，1983年。

贾 逵 (30——101)

东汉时扶风平陵（今陕西省咸阳市西北）人，曾任左中郎将、侍中领骑都尉。他对后汉《四分历》的制定和历法的进步有重要贡献，在《续后汉书·律历志》中专门有贾逵论历一节。

贾逵考察了汉初行用秦之《颛顼历》和太初元年行用《太初历》以后 200 多年间的朔日天象，发现很多朔日误置在上月末一日，也有误置于二日的。到公元 85 年行用后汉《四分历》后，朔日误置的情况还时有发生。从天文学上来看，这一现象的产生有两个主要原因，一是朔望月长度太大，误差积累；另一是月行不均匀，时快时慢。对于第一点，《颛顼历》和后汉《四分历》的朔望月长度是 29. 53085，《太初历》是 29. 53086，而实际上只有 29. 53059。后来，刘洪的《乾象历》改成 29. 53054 就较为接近。这一因素是长期积累的，30 年约差 2 小时，所以当时人们还未认识到此点。贾逵明确地指出了第二个原因，即月行有迟疾。这一因素是周期性的，一个月内最大积累误差可达 8. 9 个小时。他充分肯定了李梵、苏统从实测中发现的这一现象，并且指出了每月运动最快的地方要向前移动 3 度，这是我国学者第一次指出月亮近地点的运动。由于贾逵的建议，在刘洪《乾象历》里首次考虑了月行迟疾来求朔望时刻和朔望时日月的经度，使我国历法进入了一个新时期（参见本书第四章第一节的历法分期）。

贾逵的另一个重要贡献是建议在浑仪中加黄道环。因为日月循黄道，用赤道浑仪不能很好地测量日月运动。这一建议开创了我国仪器发展的新道路，汉代灵台上首次出现了黄道浑仪，后来因为黄道环与周日运动不协调而被省去，但到唐代李淳风又再次发展起来。

张 衡 (78——139)

东汉时南阳西鄂（今河南省南阳县石桥镇）人，靠自学成为闻名乡里的学者，后被推荐到京师洛阳任职，元初二年（115年）起两度任太史令，前后共14年，在天文学上取得卓越成就。

他是汉代天文界的代表人物，著有《灵宪》和《浑天仪图注》二书，全面阐述了他的天文学思想和浑天学说，可算是我国汉代天文学的总结。这二本著作中的天文学内容可概括为下列12项：

(1) 天地未分之前是一片混沌的气，轻者上升为天，重者凝结为地；

(2) 天成于外，地定于内，天地乘气而立，载水面浮；

(3) 天体于阳，故圆以动，地体于阴，故平以静；

(4) 天地之外为宇宙，宇之表无极，宙之端无穷；

(5) 天周为736000里，日月直径各1000里，地广（地直径）为232300里，天高、地深为地广之半116150里， $\pi = \frac{7360}{2323} = 3.1683$ ；

(6) 月光生于日之所照，魄生于日之所蔽（照不到），月相由于日光的“照”和“蔽”所引起；

(7) 月食是因为地影（暗虚）遮蔽月光；

(8) 天运左行，七曜周旋右回；

(9) 行星运动的快慢是由于近天则迟，远天则速；

(10) 众星分五列共35名，即中央北斗7名和四方28宿；

(11) 星体衰竭则有陨星，流星至地则石；

(12) 天球旋转，南北极分别出没地上和地下36度，由此形成了天象和四季、昼夜的变化。

此外，张衡制造了水运浑象，开创后世天文钟制造的先河，又发明候风地动仪，是世界上第一架地震仪。然此乃候风仪和地动仪两仪的合称还是单一地震仪，目前尚无定论。至于《浑天仪图注》非张衡所作之说目前已有文章表示反对，认为是张衡所著无疑。^①

何承天（370—447）

南北朝时代东海郟（今山东省郟城县）人。从小受舅父徐广的影响，爱好天文历数之学，曾在（刘）宋朝廷供职。宋太祖刘裕颇喜历数，元嘉二十年（443年）何承天献出自己的作品《元嘉历》，于445年颁行，至梁天监九年（509年）止。

徐广曾任晋秘书监，坚持天文观测40余年，何承天接受了他的观测资料，自己又有40年的观测，所以《元嘉历》的观测基础较好。他根据一年中影长的观测指出《景初历》冬至点的位置已差3度多，并给于纠正。他正确地指出，春秋分日的影长应该相等，过去历法中春秋分晷景不等是因为春秋分日安排不当。他进一步提出应考虑月亮运动不均匀来排历谱，使朔望与天象相符，但遭到钱乐之、皮延宗的反对未能实现，他还在计算五星位置时抛弃上元积年，取一个较近的起算点，开后世历法用近距历元到进一步废除上元积年的先例。他主张既然以正月为岁首，就应以正月中气雨水为历元，并在《元嘉历》中实行，后来唐代曹士芳《符天历》也用了雨水为历元。

另一个贡献就是何承天创立了用强率和弱率调正整数后余数部分的数学方法，在天文历法中广为应用，后人称调日法。设有

^① 陈美东：“张衡《浑天仪注》新探”，《社会科学战线》84年3期。

一个分数 $\frac{b}{a}$ 小于真值 A ，称为弱率，另一个分数 $\frac{d}{c}$ 大于真值，称为强率，则真值在强弱二率之间，即

$$\frac{b}{a} < A < \frac{d}{c}$$

何承天提出，可以用多个强弱率来组成新的分数，使新分数更接近真值。按不等式的性质，

$$\text{如果 } \frac{b}{a} < \frac{d}{c}, \text{ 则 } \frac{b}{a} < \frac{b+d}{a+c} < \frac{d}{c}$$

$$\text{推而广之, } \frac{b}{a} < \frac{mb+nd}{ma+nc} < \frac{d}{c}$$

因此，只要适当选择强弱率和 m, n ，可以得到接近真值 A 的分数。

何承天用 $\frac{26}{49}$ 为朔望月整数天后余数的强率， $\frac{9}{17}$ 为弱率，以 15 强 1 弱得

$$\frac{15 \times 26 + 1 \times 9}{15 \times 49 + 1 \times 17} = \frac{399}{752}$$

以此数作为余数，《元嘉历》用 $29 \frac{399}{752}$ 为朔望月长度，化成小数是 29. 53059，同实际值非常接近。

此外，何承天在《论浑天象体》一文中首次提出了天顶的概念，他说：“从北极扶天而南 55 度强，则居天四维之中最高处也，即天顶也。其下则地中也。”天顶去极 55 度强是沿袭了浑天家认为北极出地 36 度的看法，其实这是有地方性的。在同一文中他还指出周天 $365 \frac{75}{304}$ 度，南北两极相距 $116 \frac{65}{304}$ 度强，即为天之直径。由此计算

$$\pi = \frac{365 \frac{75}{304}}{116 \frac{65}{304}} = \frac{111035}{35329} \approx \frac{22}{7}$$

这是先于祖冲之提出 $\frac{22}{7}$ 的圆周率值。

总结他的工作有下述 8 项贡献：即纠正冬至点位置；指出春秋分晷影相等；提倡用定朔；五星取近距计算；用雨水为历元；强弱相调的数学方法；天顶的概念； $\frac{22}{7}$ 的圆周率值。

祖冲之（429——500）

河北省涿源县人，由于北方战争频繁，先世举家迁居江南，任职于（刘）宋朝廷。祖冲之青年时代进入华林学省，从事科学研究，曾担任过南徐州（今江苏镇江市）刺史，娄县（今昆山县）令，长水校尉等职。

他的贡献最重要的是数学上圆周率的值，他得到圆周率介于 3. 1415926 和 3. 1415927 之间，在世界上首屈一指。同时他还提出 $\frac{22}{7}$ 和 $\frac{355}{113}$ 分别为约率和密率。前节已提到， $\frac{22}{7}$ 的值可能是受到何承天的影响。至于 $\frac{355}{113}$ ，钱宝琮先生指出，这也可能是用何承天调日法的数学方法得到的，因为公元 3 世纪的刘徽曾提出 $\frac{157}{50}$ 的近似分数为圆周率值，并已知此数稍小，而 $\frac{22}{7}$ 又稍大，以这两值为强弱率而调整，只要在 $\frac{157}{50}$ 上加 9 个 $\frac{22}{7}$ ，即得

$$\frac{157 + 9 \times 22}{50 + 9 \times 7} = \frac{355}{113}$$

实际上何承天已提出了 $\frac{365}{116}$ 的近似值，此即天周与天径的整数部分之比，此值比圆周率稍大，而 $\frac{10}{3}$ 亦为圆周率的近似值且更大些，只要在 $\frac{365}{116}$ 和 $\frac{10}{3}$ 间调整一次，即得

$$\frac{365 - 10}{116 - 3} = \frac{355}{113}$$

这也可能是密率的一个来源。

祖冲之在天文学上的贡献是编制《大明历》，首次引进岁差算历，使天周同回归年长度分开，另一点是改革闰周，打破19年7闰的旧率法。他还研究了每日影长的变化规律，利用冬至日前后影长对称的关系提出了确定冬至日时刻的新方法，该方法不受阴云蔽日不能测量日影的影响，而且能求出冬至时刻，为后世长久沿用。

祖冲之博学多才，在音律、机械、文学等方面也有成就，惜多失传。尤其是他的《缀术》一书，唐代立为国子监的数学教科书，且修业时间最长，今亦失传，不知其奥秘，实为可惜。

张 子 信

生卒年不详，活动于公元6世纪初，南北朝时河内清河（今河北省南部）人，北魏末年因避葛荣之乱隐居海岛30多年，专以浑仪测候日月五星运动，继东汉确认了月亮运动有迟疾以后又发现了太阳五星运动均有不均匀现象。他的发现，为我国古历法抛弃平均运动进入不均匀运动的新阶段打下了理论基础。

据《隋书·天文志》的简短叙述，他的发现有下列4项：

(1) 太阳视运动不均匀。春分后迟，秋分后速。

(2) 视差对交食的发生有影响。合朔时月在黄道北则食，月在黄道南，虽在交点附近可不食。望时值交点附近则食，不分南北。

(3) 五行星运动各在某一位置时行速，在另一位置时则行迟。少者差5度，多则30余度。

(4) 水星的迟疾与节气有关。

后两项是由行星轨道有近日点与远日点的原因引起。这几项发现都可用现代天文学的知识加以解释。张子信从观测出发总结

出这些现象，并不知道这些现象的内在原理，但他也在努力寻求其原因，并且提出了日、月、五星运动有感召、向背、好恶其所之说，虽然是不对的，却表示出他的探索精神。

张子信以后，经张胄玄、刘孝孙、刘焯等人的进一步努力，尤其是刘焯的创造性研究，将这些发现用于历法的推算，使我国古历法进入隋唐时代的大发展。

刘 焯 (542——608)

信都昌亭（今河北省冀县）人，自幼爱好学习，曾在多处求学读书，对天文历数颇有心得。隋代建立以后任职于朝廷，参与律历工作，多次对行用的《开皇历》、《张胄玄历》、《大业历》提出批评，指出不知岁差，不用定朔，上元时五星不同度等缺点，均未被接受。公元604年献出自己所著《皇极历》，但由于得宠于皇帝诸人的反对，未能行用。

该历是我国古历中计算原理进入非均匀运动的第一个历法，为隋唐历法后来的发展开拓了方向，其创新之处有5点：

(1) 首创日躔表，按不同节气列出太阳实际行度比平均值快或慢的值。虽然所列日躔表未能正确反映太阳视运动速度的变化，但这是首次把太阳视运动不均匀引进历法。

(2) 首创计算合朔时日月去交点距离的方法——入交定日术，为交食推步确立了科学的步骤。

(3) 首创视差影响交食的计算方法，其法虽是经验性的，但也可找到其天文学含义。

(4) 首创考虑各种因素影响五星运动的计算方法，其中可发现有行星近日点位置，位相影响和地球不均匀运动的影响等因素，当然还停留在观测资料的经验性总结阶段。

(5) 首创等间距二次差内插法的数学方法来计算任何时刻的

日、月、五星位置，为后世历法采用。

此外，刘焯还提出了天文大地测量计划，主张用实测来校验“千里寸差”的传统看法，后来一行南宫说等人的工作可算是刘焯计划的具体实施。公元604年他还提出了浑天说新论，主张以二至日影之差来论述浑天结构，探讨某地的去极度和晷漏变化情况，定“天地高远，星辰运周”，可惜的是由他提议的各地影长测量刚刚开始他就去世了，未能用他的方法做出具体运算，故此法未能流传下来。

综观刘焯的一生有重大贡献，可又是身处逆境常不得志，虽然不断抗争，但屡以败归，后人赞颂他的学术“咸称其妙”，是为一种安慰吧！

李淳风（602——670）

初唐岐州雍（今陕西省凤翔县）人，其父李播亦为天文学家，著有《天文大象赋》。淳风自幼博览群书，勤于笔记，收集了许多资料，唐太宗时，屡次上书驳正通行的历法，参预撰写晋、隋等史志，官至太史令。

李淳风在天文、气象、星占、历算、天文仪器和数学方面均有贡献，是初唐科学界的一位代表人物，他的成就表现在其丰富的著作中。

《乙巳占》作于贞观中，是他幼年读书时收集唐以前诸家星占著作中的内容编撰而成，流传至今，是古代星占学的重要资料来源，除星占学和历法的内容外，还有中国气象史的许多古代资料，甚为宝贵。

《历象志》和《麟德历》是他的历学著作，详细记述了他编撰的《乙巳元历》和《麟德历》，前者未得施行，后者从665年行用至726年。在这两部历法中首次对所有数据的余数用统一分母，使

计算简化，为后来的百分制、万分制奠定了基础，而且《麟德历》确立了以定朔排历谱的地位，后世沿用不改。

《法象志》是他的天文仪器著作，他确立了浑仪的三层环圈结构体系，即浑仪由四游、三辰、六合三重环圈组成，各有其职能。尤其是黄道环的设立是贾逵以后的第一人，而白道环的设立更是首创，白道环的移动办法开创了后代黄道游仪的设计思想。从李淳风开始，浑仪走上了向复杂化前进的发展阶段。

晋、隋二书的《天文志》和《律历志》是他对唐以前天文历法知识作出全面总结的著作，可算是唐以前的天文历法史。在这几部著作中，李淳风首次记述了许多重要的科学史料，为后人了解我国古代天算成就提供了难得的甚至是唯一的资料。如祖冲之的圆周率值；古代浑仪的结构；宣夜说；姜岌的大气消光现象观测；彗尾背日而指的原因；张子信对太阳和五星视运动不均匀的发现；古人对“寸差千里”说的怀疑；刘焯《皇极历》的诸多创见等等。

《十部算经》的编定和注释，是他对唐以前我国数学著作的总结性整理，由于他的工作，这十部算经成为唐国子监的数学教科书，使我国古代数学建立起以《九章算术》为中心的体系，为唐以后的数学发展打下基础，促进了宋元数学高度发展时期的到来。

综观他的一生，既有对前人工作的总结与继承，也有自己的创见和发明，他是一位承前启后的学者，平衡来看，其总结继承的一面大于创造发明的一面。当时的中国天文学和数学正处在发展的前夜，李淳风对前人的全面总结促进了这一大发展的到来。

瞿 昙 家 族

唐代世居长安的印度血统中国人，曾有四代人前后供职于唐太史监或司天监，有的并担任领导工作，历唐高宗、武则天、中

研究》一文，^①从中可以看到它的大概内容。

一 行 (683—727)

本名张遂，魏州昌乐（今河南省南乐县）人。其祖在唐开国时有功，至一行时家境已衰，常得邻居王媪周济。年少时喜读书，聪敏异常，尤精天文历象，名声渐大，为避免武则天之侄武三思拉拢，削发为僧，隐居嵩山、天台山，拜禅宗北派六世祖神秀的徒弟普寂为师，研究翻译佛经。朝廷数次征召未应，至开元五年（717年）唐玄宗派其族叔张洽强起赴长安宫中，开元八年受密宗灌顶，开元九年（721年）奉诏改造新历，开始了他为天文历法做出重大贡献的时期。

他在天文学方面的贡献主要在天文仪器、大地测量、大衍历法三个方面。前人对他的研究颇多，但遗留问题也不少。尤其是大衍历中的一些内容，至今不能做出满意的解释，《大衍历》与《九执历》间的瓜葛，一行同印度天文学之间的关系，也是有待研究的问题。就目前的研究来总结他的成就，可有下列6项：

(1) 与梁令瓚一起首创黄道游仪，第一次体现了古人理解的岁差现象。这是继李淳风白道环游动的启示以后做出的发展。

(2) 与南宫说一起主持天文大地测量，得出北极高度差1度地面南北差132公里多，相当于测出了子午线1度之长（参见本书第五章），从实践上否定了“寸差千里”之说。

(3) 发现影长与太阳天顶距间有固定关系，并创立不同太阳天顶距时八尺之竿的影长计算方法，实际上是编出了世界上最早

^① 见《科学史译丛》1984年4期，1985年1期。

的正切函数表。^①

(4) 首次基本正确认识太阳视运动不均匀的规律，纠正了刘焯、李淳风以来的错误，但将冬至点误认为近日点，实际上当时尚差 9 度。

(5) 发明不等间距二次差内插法，使历法计算的数学方法向前发展一步。

(6) 首创九服食差和九服晷影计算方法。

当然，《大衍历》作为一代名历，结构严谨、条理分明，也为后世历家长久沿用。

苏 颂 (1020——1101)

北宋泉州南安（今福建省南安县）人，1042 年同王安石是一榜进士，但他反对王安石的改革。从政多年，官至宰相，没有什么政绩，作为政治家的苏颂远不及作为科学家的苏颂。

他在天文学上的贡献是在天文仪器制造和星图体制方面，最著名的就是水运仪象台和《新仪象法要》一书。他罗致人才进行这一项研制工作，向皇帝推荐了韩公廉，组织了太史局里的科学家和学生，从 1086 年开始设计，1088 年先后做成大小木样，最后制成水运仪象台，又将制作过程、仪器结构和原理写成《新仪象法要》3 卷，在 1096 年最后完成。

水运仪象台是一部自动化的天文台，共有三层，上层是浑象，中层是浑仪，下层为计时系统和动力系统，利用水力带动浑仪和浑象均匀转动，而且以不同的音响报时，以木人显示时间。仪象台总高约 12 米，相当于四层楼房高。该台的创造性有三点，一是

^① 刘金沂、赵澄秋：“唐代一行编成世界上最早的正切函数表”，《自然科学史研究》1986 年 4 期。

可以开闭的活动屋顶，二是仪器转仪钟，三是锚状擒纵器。这体现了北宋仪器制造的水平在当时世界上处于领先地位。《新仪象法要》则是一本有关天文仪器和机械工程的著作，而且载有二种星图体制的5幅星图，又成为研究星图史的重要著作。

在这一工作中韩公廉的贡献是不可低估的，他通《九章算术》，常以勾股法推考天度，苏颂请他制浑仪，他写了《九章勾股测验浑天书》一卷，并做木样机轮一座。苏颂在这个基础上才奏请皇帝，建立专门机构，调太史局的人员共同完成这一工作。这也反映出苏颂作为一个组织者有他独特的作用。

沈括（1031——1095）

北宋钱塘（今浙江杭州市）人。23岁即任沭阳县主簿，主持兴修水利。1063年中进士，因他熟悉天文学，任职于司天监，发现了监中的不少弊端，主张坚持观测。后任集贤院校理，读到许多国家藏书，扩大了他的研究范围。王安石变法，他积极参与。1075年出使辽国，使他有进行地理考察，1080年，主持与西夏抗争的军事。1088年后居京口梦溪园（今江苏镇江市），专心著述，记述他在学术领域内广泛的知识见解，共600余条，这就是北宋时期重要的科学著作《梦溪笔谈》。书中有三分之一的内容属于自然科学，涉及数学、天文、气象、地质、地理、地图、物理、化学、冶金、水利、建筑、生物、农、医等等，不但内容丰富，而且论述精辟，如隙积术、太阳历、虹的成因、透光镜、立体地貌模型、化石、盐类晶体、各种药方、毕升活字印刷术等，不仅在中国科技史上，而且在世界科技史上都是有重要价值和重要地位的。

他在天文历法方面的贡献可归纳为7项：

(1) 首次提出纯阳历方案，即十二气历，便于指导农业生产。

(2) 开创简化浑仪的方向。

(3) 从理论上指出真太阳日长度变化。

(4) 正确解释不是每次朔望都发生交食的原因。形象地解释月相变化的原因。

(5) 指出月亮出没是潮汐形成的主要因素，发现潮汐的滞后现象。

(6) 发现北宋常州陨石的成分是铁。

(7) 指出极星与天极不动处尚有距离，且在变化，提出通过观测求极星距极远近的方法。

此外，关于他提出的计算太阳视运动的“妥法”，近来有人提出这是他发现了地球绕太阳的椭圆运动轨道，^①但也有人持不同意见，^{②③}至于沈括是否用漏壶发现了真太阳日的不均匀，近来也有不同的意见。这两个问题有待进一步研究，笔者对二者基本都持否定态度（参见本书第三章）。

耶律楚材（1190——1244）

契丹族人，辽太祖耶律阿宝机的九世孙，其父耶律履，任金尚书右丞相，曾著《乙未历》。耶律楚材3岁丧父，自幼生活在北京，受到其母良好的教育，17岁时已博览群书，通晓汉儒经典、天文律历。1214年金宣宗离开北京南逃，楚材留守北京，次年成吉思汗大军进入北京，他的近臣认为汉人对国家无用，应把他们的耕地改为牧场，但耶律楚材大胆进言，认为这些地方税收很富，可作南征的军需，他的话被采纳，北京附近广大地区才免遭浩劫。

① 杨纪柯：《中国科技大学学报》1975年1期、《文献》1986年4期。

② 李志超：《中国科技大学学报》1978年1期。

③ 郭盛炽：“试解圆法妥法之谜”，厦门1979年天文学史会议论文。

1219年跟随成吉思汗西征到达中亚地区重镇寻斯干城，即今撒马尔罕。这里是各民族文化的汇合点，他在这里同各族学者讨论天文历法问题，并几次预报月食都很准确。他还在这里学习了阿拉伯文，研究阿拉伯天文学，为中国与阿拉伯地区的文化交流做出了贡献。回到北京以后辅佐元太宗窝阔台汗制定规章制度，大兴文治，改革游牧民族的旧俗，为统一中原奠定了思想基础。中统二年（1261年）十月二十日葬于玉泉东甕山之阳（即今颐和园内）。其妻苏氏，乃东坡先生四世孙公弼之女也。

耶律楚材作为一个政治家，对元朝的建立和中原文化的发展是有重大贡献的，作为一个天文学家，他在历法上也有创见。在他编撰的《西征庚午元历》中首次提出了“里差”的概念，即认为东西方向的不同地点同一时间看到的天象不同，应作“里差”改正，他以寻斯干城为始线，向东加，向西减，并创立了经验公式，这一点确实是我国“地理经度”概念的首次提出。此外，他研究回历，认为其计算五星位置比汉历准确，编制了《麻答巴历》，可能是按回历的五星算法而制，可惜此历失传，使我们失去了研究早期进入我国的旧历资料。

扎 马 鲁 丁

西域天文学家，生卒年不详。《元史·百官志六》回回司天台条下载，元世祖忽必烈未登基时曾征召回回天文学家为其服务，扎马鲁丁以其学术而应，此时约在1250年左右，回回司天台尚未成立。1267年，他撰进《万年历》，是一种回历，世祖颁行之，并在元上都建立回回司天台，扎马鲁丁任提点，相当于台长。他接着建造了7件大型天文仪器，都是阿拉伯天文学的系统，这7件仪象统称西域仪象，载《元史·天文志》中，本书第三章有详细介绍。

另据英国科学史家李约瑟博士等人研究，认为扎马鲁丁是中亚马拉干的天文学家。当时中亚一带是旭烈兀统治的伊儿汗国所在地，他是元世祖忽必烈的弟弟，双方经常有人员来往，扎马鲁丁乃是受旭烈兀的派遣到中原地区来的。由于没有发现此人生平的详细史料，所以只能两说并存。

扎马鲁丁的工作除了编撰《万年历》，造7件阿拉伯天文仪象，更重要的是从他开始在中国有了研究阿拉伯天文学的基地和人员。1271年在元上都（今内蒙多伦县境内）建立了回回司天台，由西域天文学家用阿拉伯天文仪器进行观测，台内还有不少阿拉伯文或波斯文的天文书籍，如托勒玫的《天文学大成》阿拉伯文本。他们负责编算每年的回历，供信奉伊斯兰教的各族人民使用。元亡后，明代接管这批书籍和一些回回大师，到南京又成立回回司天监，翻译了阿拉伯文的天文书籍，继续编算回历。直到清初，钦天监内有回回科，还曾一度使用回历编算历书，可见阿拉伯天文学在我国还有一定的作用。这一切都不应忘记扎马鲁丁的开创之功。此外，他对我国地理学的发展也有一定的贡献，1285年他建议编纂全国地理图志，还把大批阿拉伯地图和绘图方法介绍进来，最后编成《元一统志》。

郭守敬（1231——1316）

河北邢台人，生活在金末元初。他的一生可分成四个阶段，先是求学，从小在祖父教育下学习数学和水利，后来随当时有名的学者刘秉忠学习天文学和地理，喜欢思考和钻研，逐渐成为有学识的人。第二阶段以1262年开始，他受到推荐，并在多伦受到忽必烈的召见，从事水利工作，对治理华北、宁夏和甘肃一带河渠做出了贡献，后任都水少监。第三阶段从1276年开始，这是他在天文、历法、仪器诸方面做出重大贡献的时期，创制仪器10多件，

编撰了《授时历》，后任太史令。第四阶段从 1291 年开始，又回到水利工作上，任都水监，在发展北京地区的水运，修通惠河，解决北京水源问题上都有独特的成就。

他在天文历法方面的贡献代表了我国古典天文学发展的最高成就，郭守敬之后，古典天文学再没有更多的发展，甚至在明代出现停滞局面，因而他在我国天文学史上的地位是最高的，受到了国内外学术界的普遍尊敬。至于他的具体成就，本书前面已有大量叙述，许多学者有专著论及，这里只做一个综述：

(1) 创制简仪，完成浑仪从繁到简的改革过程。又将赤道与地平坐标分开，提高观测效率。

(2) 创制仰仪，开创仰式日晷的新类型，流传国内外，这是在天文仪器中利用小孔成像原理的创举，在他发明的景符中亦有该原理的巧妙应用。

(3) 创制高表，及景符、窥几等附属设备，包含着提高读数精度，减低相对误差，发展多种用途的设计思想。

(4) 以实测确定黄赤交角小于 24 度，打破了从汉代以来一直沿用 24 度的传统看法（其中虽有一行的轨漏中星表中用 23.9 度，但有时又用 24 度，并未指出来历）。

(5) 推算回归年长度 365.2425 日，跟现今通用的格里历相同。

(6) 历法推算中废除上元积年和日法，以至元十七年（1280 年）冬至时刻为起算点，所用数据的尾数以百进位，废除分数表达式。

(7) 创等间距三次内插法的计算方法，用以计算日月五星运动和位置，在黄赤道差和黄赤道内外度的计算中创用类似三角术的弧矢割圆术。

(8) 主持历史上规模最大的一次天文大地测量。

(9) 重测全天恒星位置，编出星数最多的星表。

目前，对郭守敬天文成就的整理和研究仍是许多人关心的问题

题，这里涉及到郭守敬同阿拉伯天文学的关系。在《授时历》和他创制的诸多仪器中，固然还有不少问题至今未搞清楚，需要继续研究，但有迹象表明他曾吸收了一些阿拉伯天文学的东西，如简仪中改窥管为窥衡，刻度分 36 小分。此外，他在元上都时，扎马鲁丁等西域天文家也在那里，在国外现已发现了一些用阿拉伯文（或波斯文）和中文共写的手抄本。有人认为是扎马鲁丁和郭守敬共同完成的。如果真是这样，郭守敬在阿拉伯天文学中的影响就更值得研究了。

贝 琳（? ——1490）

明代金陵（今江苏南京市）人，生年不详。在 1456 年以前曾在军中工作，通晓天象，被推荐入钦天监。成化年间（1465—1487 年）任南京钦天监监副，在 1470—1477 年间整理《七政推步》一书，使此得以流传。

《七政推步》是我国第一部系统介绍回历和阿拉伯天文学的著作。贝琳说，该书是洪武十八年（1385 年）远夷归化献土盘历法，历官元统去土盘译为汉算，而始行于中国。但《四库全书总目提要》认为，该书元时传入我国，明初得其书于元都，洪武十五年（1382 年）命翰林李翀、吴伯宗同回回大师玛沙伊赫等译，即是明史中的回回历法。文中有西域岁前积年至洪武甲子岁积若干年之语，甲子为洪武十七年，可见此时已译完，而贝琳说洪武十八年才得到此书是不正确的。

此书共 7 卷，采用黄道坐标系，周天 360 度，12 宫，每宫 30 度，度以下全用 60 进位制。书中系统介绍用本轮均轮法计算日月五星位置及交食的方法，是耶稣会传教士来华之前系统讲述托勒玫天文方法的第一本书。它还介绍了回历历日的计算方法，其历元为隋开皇己未（622 年），是伊斯兰教始祖穆罕默德创历之年。首

次从波斯文译出 12 个月名、每周 7 天的计日法和日名。卷 6 载有 277 星的中西对照星表，给出了它们的黄道坐标和星等。它在我国天文学史上是一本重要的著作，贝琳也因此占有重要的地位。

徐光启 (1562——1633)

上海人，明末崇祯朝礼部尚书，文渊阁大学士。青年时代起就注意实用科学知识，如农桑水利等。1600 年在南京结识耶稣会传教士利玛窦，对欧洲科学知识很感兴趣，遂同利玛窦合译欧几里德《几何原本》前 6 卷，又译《测量法义》、《简平仪说》、《泰西水法》等书，首次向中国介绍西方天文、数学、测量、水利等科学知识。崇祯二年领导了中国历法史上最重要的一次改历运动，最后编成《崇祯历书》137 卷，这是中国古典天文学体系向近代转变的开端。此外，还辑有《农政全书》60 卷。

徐光启领导的改历运动最关键的一点是参用西法，“取彼方之材质，入大统之型模”，即按中国历法的框架，以西方天文学原理编撰一本中西合璧的历书。这在中国历法史上是第一次。当时聘用了邓玉函、罗雅谷、汤若望等传教士参加工作，主要是翻译托勒玫、哥白尼、第谷、开普勒等人的天文学著作，以及有关的数学知识、天文仪器、恒星表等，向中国介绍了许多欧洲的天文学知识。当然，由于当时的社会历史条件，又由于耶稣会的性质，这中间出现了许多曲折和问题，已如第九章所叙述。但是这一项改历运动在中国天文学乃至整个中国科学发展史上的意义，远比其本身在学术上的价值为大。

从徐光启开始，中国在科学上闭关自守的局面有了改变，中国学者之中对外来学术一概不屑一顾的妄自尊大的思想受到了冲击。清初在考据之风盛行之际，也出现了一股中西学术会通的研究热潮，在一向重视儒学、修身养性的中国学术界出现了研究自

然科学和技术的一股力量，连康熙皇帝也对天文数学等科学问题发生兴趣，曾一度出现了编纂科学书籍《律历渊源》100卷的举动。这一切，当然同世界政治经济形势的发展有内在联系，也同中国国内形势的变化有关。然而，作为一个倡导者，由徐光启而开始的中西学术合流对我国科学向近代的转变产生了决定性的影响。几百年来，每逢徐光启诞生和逝世整周年纪念的年份都举行不同规模的学术纪念活动是不无道理的。

梅文鼎（1633——1721）

清初安徽宣城人，他的诞生正值徐光启的去世，他的事业也正是徐光启开始的中西学术合流研究。青少年时代曾从专门老师学习天文和历法，其后便四出游学，专以著述为生。晚年曾得到康熙皇帝召见，讨论历法算术问题。据《勿菴历算书目》载，共著有天文学著作62种，数学著作26种。现传世的有《勿菴历算全书》，共收29种76卷。1761年其孙梅穀成重编《梅氏丛书辑要》，共收23种60卷，其中天文学10种20卷，有《历学骈枝》、《历学疑问》、《交食》、《七政》、《五星管见》、《恒星纪要》等，既有关于中国传统历法的，又有关于欧洲天文学知识的。他的著作，在清代学者中很有影响。

在中国传统天文学方面，他系统研究《授时历》和《大统历》、《明史历志》。他首先提出以几何学方法来解释求日食初亏、食甚、复原时刻和月食初亏、食既、食甚、生光、复原时刻的道理，并提出《授时历》中黄赤道差和黄赤道内外度的算法已接近球面三角学。后来，李善兰以几何学方法解释《麟德历》的日躔、月离计算公式，很可能是受梅文鼎几何方法的影响。

在研究西方天文学知识方面，他讨论了天文学中的球面三角学方法，研究用本轮均轮系统解释天体视运动，用偏心圆方法说

明太阳视运动，并对小轮的实在性提出怀疑，他还系统整理了传入中国的许多西方星表，系统整理了《崇祯历书》中关于日月五星位置的计算方法，并作出分析和解释。此外，他还研究过回回历法，中西星名对照。钱大昕认为他是清代天算第一人，是有一定道理的。他的工作对中西天文学的比较研究很有价值，可以想象，对梅文鼎天文学著作的研究能帮助我们了解古希腊天文学和欧洲古典天文学方法，可惜的是这类工作目前还不多见。

明安图（约 1692——约 1765）

蒙古族人，属清初蒙古正白旗（今内蒙锡林郭勒盟南），生卒年不详。按有关资料排比其卒年当在 1763——1766 年间，暂定 1765 年。青年时代被选拔为官学生送钦天监学习天文历算，1712 年曾随康熙皇帝去承德答问天算问题，次年卒業，供职钦天监，历任五官正和钦天监监正，前后共四五十年。其间他参加了《历象考成》前后编和《仪象考成》的集体编撰，平时则负责编算各年时宪书，预告日月食。乾隆年间曾二次去新疆测绘地图，以测太阳午正高弧定地理纬度，以月食观测定东西偏度，即经度，同时配以三角测量，在测量基础上编绘《皇舆全图》新疆部分。数学方面著有《割圆密率捷法》，其中证明了传教士杜德美传入的 3 个无穷级数，又在证明过程中得到另外 6 个无穷级数展开式，此书由他的儿子最后续成，颇有影响。

他的科学成就表现在三方面，即天文历算、地图测绘和割圆密率。在这三方面，他的工作差不多经历了大致相同的过程，即先是以普通人员参加工作，进而在工作中逐渐表露其才华，弄懂传教士秘而不传的方法，最后有所发展。天文历算方面，《历象考成》编成后，其中的日躔月离表，除二位传教士徐懋德、戴进贤以外，只有明安图一人能够使用，于是由他们三人主持编写后编，

抛弃了本轮均轮体系，改用地心椭圆面积定律。可见，明安图是前后编之间的纽带。新疆测绘先是由传教士蒋友仁、高慎思等人主持，后来，明安图参与其事，最后成了领导人，而测量队里的传教士傅作霖和高慎思已在他领导之下。割圆密率的研究也是从传入的几个公式入手做的。总之，他作为一个蒙古族天文数学家，在清初传教士控制中国钦天监的时期中，以自己的学术水平和才能当上钦天监监正，主持一些重要工作，打破了传教士的垄断，这是很有意义的事。

李善兰（1811——1882）

晚清浙江海宁县人。10岁时自学《九章算术》无师授而通其义，从此遂喜爱算学。15岁时读利玛窦和徐光启合译的《几何原本》前6卷，深为未译全书而遗憾，后结识江浙数学家多人，共同研讨，屡有著述，成为当时有名的数学家。1852年至上海，与传教士伟烈亚力、艾约瑟等人合作，翻译西方自然科学著作多种，涉及数学、天文、力学、植物等学科。1860年之后，重新转入研究和著书阶段。1862—1867年入曾国藩门下，为出版著作集《则古昔斋算学》而奔走。1868年后入京，充当同文馆中天文算学馆总教习，从事教育，直至晚年，卒于北京。

李善兰一生在数学上的贡献最大，他的《方圆阐幽》、《弧矢启秘》、《对数探源》三书是其名作，他提出求自然对数的方法、级数回求的“李善兰恒等式”和素数论开创了我国高等数学的研究领域，他同传教士合译了《几何原本》后9卷、《代数学》和《代微积拾级》，使微积分学在我国第一次得到传播，他创立的许多数学名词和数学符号沿用至今。

在天文学方面，他同伟烈亚力合译的《谈天》一书是我国古典天文学体系向近代天文学转化的关键，由于《谈天》的出版，近

代天文学的系统知识在我国广泛传播（见本书第九章）。此外，他对椭圆轨道的解算进行了深入研究，为天体力学在我国的传播打下了基础。自从明安图等人在《历象考成后编》中采用了椭圆面积定律以后，计算日月行星位置都要用到开普勒方程，在面积和近点角之间互相推求，数学家徐有壬写了一本《椭圆正术》，简单扼要，且便于对数运算，李善兰为其作了图解证明，即《椭圆正术解》。后来，他又写了《椭圆新术》和《椭圆拾遗》二书，提出用无穷级数的方法求解开普勒方程，即用级数展开式求解，这在近代天体力学、轨道计算中是常用的数学方法。这一方法虽比欧洲学者为晚，但必竟是独立研究的成果。^①此外，李善兰还用几何学方法解释《麟德历》的计算步骤，为探讨中国历法的天文学意义开辟了道路。在恒星子午观测定纬度的方法中，他也是以几何学方法来说明代数运算的含义，是以解析几何用于天文学的范例。

在力学和植物学方面，他同传教士合译的《重学》20卷和《植物学》8卷都是在我国首次传播这些学科的系统知识，创立了许多译名，实为科学名词的最初建立。

李善兰既是一位有成就的数学家，更是我国近代科学的先驱者。

^① 参见薄树人：“清代对开普勒方程的研究”，《中国天文学史文集》第三集，1984年。

后 记

《中国古代天文学史略》起初是由刘金沂一人承担写作任务的。1984年他将拟好的书稿提纲送交席泽宗教授审阅。1985年3月已初步确诊他患肝癌。他要我向席先生取回书稿提纲，并按席教授意见适当修订。手术后，于1985年10月着手写作，因身体虚弱，写作中，我大力协助，有的章节是他与我交谈后由我执笔的。他觉得，这一部书稿在写作过程中，我付出了不少的劳动，因而他向当时的责任编辑杜同彦同志提出，该书应该由他与我共同署名，并得到了老杜同志的同意。

1987年1月在医院抢救后稍平稳的情况下，深夜他躺在病床上与我商量着那未写完的几节的内容和写法，要我执笔。当得知我写完时，他面露完成任务后的那种了却心愿的喜悦。

他去世后，我承担了全稿的整理工作。在整理过程中，我得到了席泽宗、陈美车教授的指导，得到了李芝萍同志的帮助，特此感谢！

赵澄秋

[G e n e r a l I n f o r m a t i o n]

书名 = 中国古代天文学史略

作者 =

页数 = 2 4 7

S S 号 = 0

出版日期 =

封面
书名
版权
前言
目录
正文