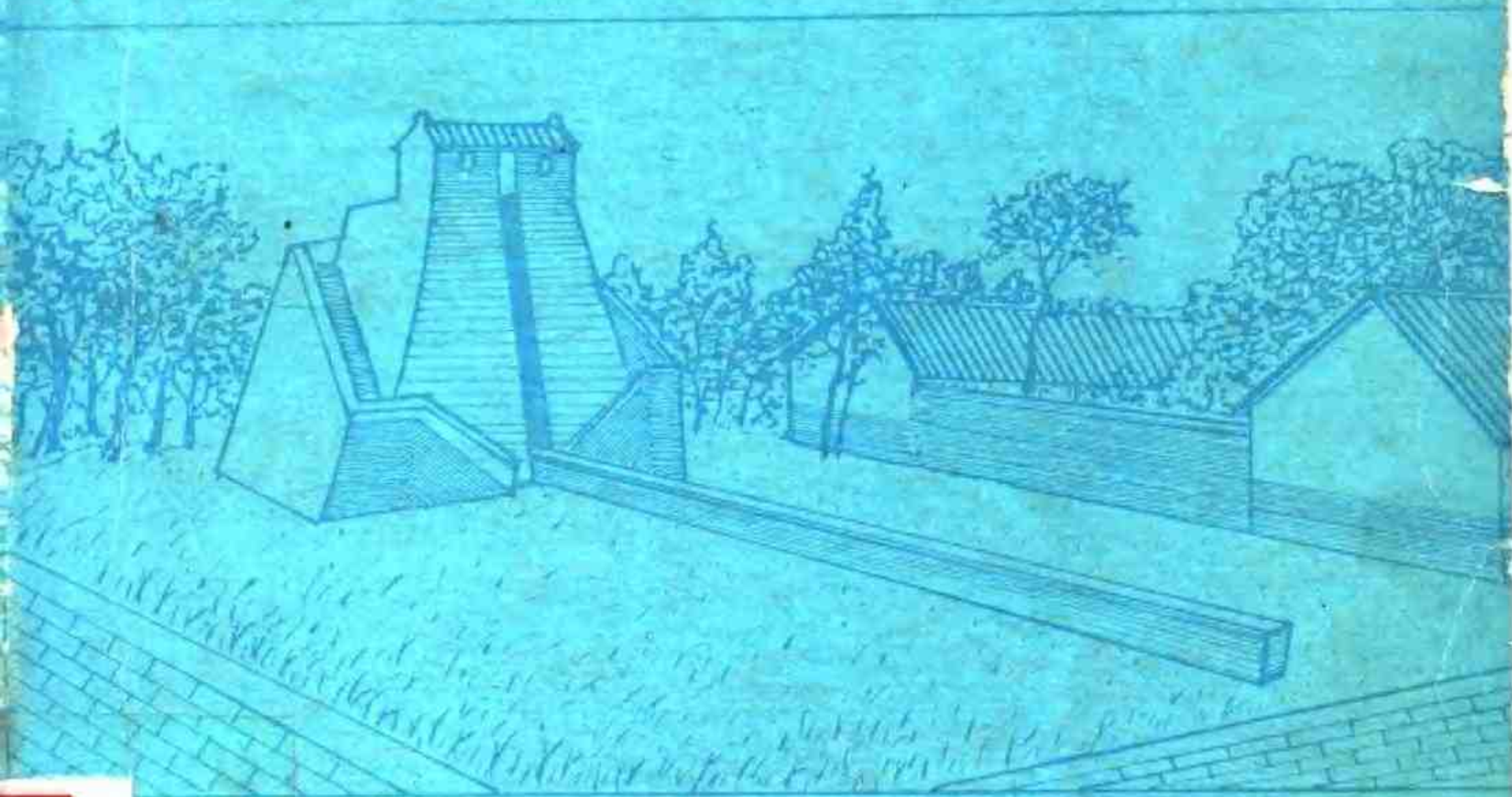


# 中国天文学史

中国天文学史整理研究小组编著



科学出版社



811179

# 中国天文学史

中国天文学史整理研究小组编著



科学出版社

1981

一九八一年四月三日

## 内 容 简 介

本书介绍了从远古到近代的中国天文学发展史。共分原始社会和奴隶社会，从春秋到明末，明末到鸦片战争，近代中国四段时期。对春秋到明末这一段以概况、恒星观测、历法、日月食、太阳系天体、宇宙论及天文仪器等七个专题来叙述，其余各段均占一个专章，本书资料较为丰富，虽然学术性较强，但叙述仍力求通俗，可供科学工作者、业余天文爱好者、中学教师以及广大青年阅读参考。

## 中 国 天 文 学 史

中国天文学史整理研究小组编著

责任编辑 黎昌新

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

石家庄地区印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1981年5月第一版 开本：787×1092 1/16

1981年5月第一次印刷 印张：17

印数：0001—4,500 字数：391,000

统一书号：13031·1523

本社书号：2088·13-5

定 价· 2.10 元

# 目 录

第一章 导言 .....	1
一、天文学的萌芽与起源 .....	2
二、古代天文学和星占 .....	3
三、关于本书编写的构思 .....	5
第二章 原始社会、奴隶社会的天文学知识 .....	7
一、我国天文学的萌芽 .....	7
二、原始社会解体到奴隶社会前期的天文知识——季节和分至的认识 .....	8
三、殷商时代 .....	12
四、西周时期 .....	19
第三章 从春秋战国到明末的天文学概况 .....	23
一、春秋战国时期（公元前770~公元前221年） .....	23
二、秦汉时期（公元前221~公元210年） .....	24
三、魏晋南北朝时期（公元220~589年） .....	27
四、隋唐五代时期（公元581~960年） .....	30
五、两宋时期（公元960~1279年） .....	32
六、辽、金、元时期（公元907~1368年） .....	36
七、明初到万历末（公元1368~1620年） .....	38
第四章 恒星观测 .....	41
一、对星空的认识 .....	41
1. 星官的命名 .....	41
2. 星官数和星数 .....	42
3. 《步天歌》 .....	43
4. 三垣、二十八宿 .....	44
二、坐标系 .....	46
1. 赤道坐标系 .....	46
2. 黄道坐标系 .....	47
3. 地平坐标系 .....	49
三、恒星位置的观测 .....	50
1. 石氏星表 .....	50
2. 开元年间的恒星位置观测 .....	51

3. 宋代的几次恒星位置观测 .....	51
4. 郭守敬和赵友钦的恒星位置观测工作 .....	52
5. 对极星位置的观测 .....	53
6. 两份阿拉伯星表 .....	54
四、星图 .....	55
1. 汉以前的星图 .....	55
2. 汉代的星图 .....	55
3. 陈卓星图 .....	56
4. 隋唐星图 .....	57
5. 五代和两宋星图 .....	57
6. 明代的星图 .....	59
7. 其他古代文物中的星图和星象示意图 .....	59
五、航海术的天文观测 .....	64
六、变星的观测 .....	67
1. 对恒星亮度变化的观测 .....	67
2. 对新星和超新星的观测与记录 .....	68
 第五章 历法 .....	 71
一、从春秋到明末的历法改革 .....	71
1. 春秋时期的历法和四分历的起源 .....	71
2. 战国时期的历法和古六历 .....	73
3. 秦颛顼历和汉太初历的改革 .....	74
4. 后汉四分历和刘洪乾象历 .....	78
5. 三国两晋南北朝时代的历法 .....	79
6. 隋唐五代历法改革 .....	81
7. 宋、辽、金历法 .....	84
8. 元授时历和明大统历 .....	86
二、关于太阳视运动的研究 .....	88
1. 冬至时刻的测定和回归年长度的确定 .....	88
2. 冬至点位置和岁差的测定 .....	91
3. 二十四节气 .....	93
4. 平气和定气 .....	95
5. 黄赤交角 .....	96
三、关于月亮运动的研究 .....	97
1. 朔望月 .....	97
2. 恒星月和近点月 .....	99
3. 定朔计算 .....	101
四、古代历法中的一些其他问题 .....	104
1. 调日法 .....	104

2. 上元积年 .....	106
五、年、月、日、时的安排和记法 .....	109
1. 日的划分和记法 .....	109
2. 关于月的安排和记法 .....	111
3. 记年法 .....	113
4. 时刻制度 .....	116
<b>第六章 日食和月食 .....</b>	<b>120</b>
一、对日、月食的认识 .....	120
二、古代对日、月食的观测和记录 .....	123
1. 观测方法 .....	123
2. 观测记录 .....	124
3. 日珥、日冕和其他现象 .....	126
4. 古日食记录的现代利用 .....	127
三、日月食规律的认识和预报的演进 .....	127
1. 食限问题 .....	127
2. 视差对交食的影响 .....	128
3. 食带和亏起方位 .....	129
4. 交食周期 .....	129
四、古代交食预报的计算方法 .....	131
五、九执历和回历中的交食计算 .....	136
<b>第七章 对太阳系内天体的观测和研究 .....</b>	<b>140</b>
一、关于月亮的知识 .....	140
二、太阳黑子的观测与研究 .....	142
三、彗星的观测 .....	143
四、流星雨和陨石 .....	146
五、对行星的认识 .....	147
六、五星会合周期的研究 .....	150
七、历代对五星动态的研究 .....	151
八、行星和太阳视运动不均匀性的发现和对五星位置推算的进步 .....	156
九、回历中的五星位置计算 .....	159
<b>第八章 宇宙理论的演进 .....</b>	<b>161</b>
一、对宇宙结构的认识 .....	161
二、宇宙无限性的论证 .....	165
三、天地的起源和演化 .....	168
四、朴素的地动说 .....	171

第九章 天文仪器和天文台 .....	174
一、表 .....	174
1. 定方向 .....	175
2. 定节气 .....	177
3. 定时刻 .....	180
二、仪象 .....	183
1. 浑仪 .....	183
2. 简仪和仰仪 .....	190
3. 浑象、浑天象及其他演示仪器 .....	194
4. 西域仪象 .....	199
三、漏刻和其他计时器 .....	202
1. 漏刻的起源 .....	202
2. 西汉漏壶 .....	204
3. 浮箭漏的发明和多级漏壶的发展 .....	205
4. 渴乌的应用和秤漏的发明 .....	206
5. 平水壶的发明和沈括的《浮漏仪》 .....	207
6. 机械计时器 .....	209
7. 铜弹漏刻 .....	210
8. 其他类型的计时器 .....	211
四、古代的天文台 .....	211
第十章 从明末到鸦片战争的中国天文学 .....	217
一、明末天文学研究的复兴 .....	217
二、耶稣会传教士的东来 .....	219
三、《崇祯历书》的编纂 .....	221
四、时宪历的颁行经过 .....	225
五、明清之际我国学者对欧洲古典天文知识的介绍和研究 .....	227
六、清钦天监的天文、历法工作 .....	230
七、清钦天监以外的天文学工作 .....	234
八、清代对我国古代天文学资料的整理 .....	238
第十一章 近代的天文事业 .....	241
一、清王朝天文工作的没落 .....	241
二、帝国主义文化侵略中的天文事业 .....	243
三、太平天国的历法改革 .....	244
四、哥白尼学说在中国的胜利 .....	246
五、近代天文学知识与旧民主革命 .....	247
后 记 .....	265

## 第一章 导 言

“人的思维的最本质和最切近的基础，正是人所引起的自然界的改变，而不单独是自然界本身；人的智力是按照人如何学会改变自然界而发展的。”

——恩格斯①

现在，当我们偶尔抬头仰观天空时，似乎总是看到一幅经久不变的老一套天空图景。一些明暗不等的星星，杂乱地排列在一个巨大的苍穹上；月亮虽然不断地改变着它的形态，有时以纤瘦如钩的身形，斜挂在天边；有时则以胖敦敦的笑脸越过天空。然而长年累月就这么一点老戏法。白天太阳耀武扬威地在天空行进时，人们很难得仔细看它一眼，除非发生了象日食那样的异常现象。的确，现在除了天文学家和天文爱好者们，谁也不大去理会天空。

我们的祖先，在与自然界作斗争的长期过程中，建立了今日称之为“自然科学”的庞大领域，成千上万的人在这个领域中日夜操劳，探索自然界的奥秘，设法改造自然为人类造福。现在每个人都很清楚自然科学的巨大作用，也都懂得一些自然科学的原理。然而如果穷本求源的话，现在这样庞大而丰富的自然科学领域，恰是从探索这幅古老的天空图景上开始的。

天文学在各门自然科学中发展得最早。恩格斯写道：“必须研究自然科学各个部门的顺序的发展。首先是天文学——游牧民族和农业民族为了定季节，就已经绝对需要它。”②在古代，天文学一直是所谓的“带头学科”。古代人大概是多少都知道一些天文知识的，因为如果一点不懂得天文知识，那就由于不能辨别方位而无法去远处打猎和采集果实，也会由于不能辨别自然界的节律，就不可能预期冬季的来临而在夏、秋贮藏必要的食物。所以明末学者顾炎武曾说过：“三代之上，人人皆知天文”。

早期人类如何探索天文知识的具体情况，由于年代湮远，现在尚难以稽考。但是，天文现象对于远古人类来说，也是既平凡而又奇异的自然现象。古人早就熟悉昼夜交替，寒来暑往的自然节律；早就熟悉太阳、月亮和布满天空的星辰。太阳和月亮这两个明亮的天体，对于古代人类生活是十分重要的，太阳给人以温暖和光明，月亮在黑夜给人以光亮。远古时代人们就观测太阳来指示方向，日出处称为东方，日落处称为西方，至今我国许多少数民族还沿用这个概念。也许除“日出而作，日入而息”外，还根据太阳大致地确定白天的时间段落。在远古人类中，狩猎是一项重要的生活资料来源，他们往往靠月光来捕捉野兽，这样就对月亮相位变化的规律逐渐有所认识。对天上众多的星体，可能那时人类还是以某种好奇的心情加以注视，还没有形成有目的的观察。所有这些，当然还算不上是什

① 恩格斯：《自然辩证法》。

② 恩格斯：《自然辩证法》。



么天文学,然而这些与人类生活有密切联系的天文现象,迟早会引起人们加以深入的探究。

## 一、天文学的萌芽与起源

但这种对天文现象深入的考究,不会仅仅是受某种好奇心的驱使,或者对天空景象有一种美的爱好,而可能正好相反。原始人类在严酷的自然境遇之中,为着自身的生存进行艰苦的斗争时,被迫对自然界采取现实的态度,认识到只有服从某些规律,才能在实践中取得预想的效果,这样在较长的时期里逐渐积累了一些经验。花开果落,鸟兽出没对人类生活无疑极为重要,因此人类逐渐地掌握了一些植物生长和动物活动情况的规律。最初将其与自然界的寒暑更迭联系起来考察,逐步地认识了植物生长和鸟兽活动规律的顺序并用来自识别时节,指导生产,就形成了最早的以自然界物候现象来确定季节的自然历,这本质上是地球公转的一种外部表象。尽管当时这种物候与时节对应的关系不那么完整和准确,有时甚至还有些混乱,但毕竟标志着人们已经在深入地探索天文现象的规律及其与自然界其它事物的联系。当人们在似乎是无规则的自然界中初步地认识到自然界的某种顺序和法则时,就对人类生活和思想产生了深刻的影响。这时人类对天文现象的认识,已经不是停留在个别的、孤立的现象上,而是深入到某种内部规律的探讨,虽然还是相当肤浅的,但在这种探讨中已经孕育着未来天文学的胚芽,可以称之为萌芽状态的天文学。

太阳和月亮对人类生活的影响,四季交替的自然顺序,在对自然现象本质尚无法了解的古代人们心目中,也产生了某种崇敬和畏惧的心情。特别是罗列夜空的无数星体,人类还不可能探知其奥秘,就成了许多神话传说的源泉。他们用幻想的神话来说明一些自然现象,在这些神话中,古人“用想象和借助想象以征服自然力,支配自然力,把自然力加以形象化”。<sup>①</sup>这些神话包含着古代人类同自然作斗争的客观内容,但形式是玄虚的,并不是现实的科学反映。这许多具有迷信色彩的关于天地起源、日月星辰、风云雷电等等的神话故事与原始时代刚刚萌芽而十分幼稚的天文学混杂在一起,形成了萌芽状态的天文学的特色。

萌芽状态的天文学还有一个区域的特点。由于远古时代生产条件十分艰苦,人们的眼界受着生产条件的束缚,往往各个地区,各个民族都有自己的生产经验和神话传说。例如,现今我国各少数民族,都或多或少地保留了本民族的各不相同的自然历和星象观测经验,也有本民族的天地起源和关于日月星辰的神话传说。有的民族,如云南西盟山区的佤族,各个大寨子就有各自的自然历和星象认识。他们之间难得相互交流。可见在人类的原始社会时期,萌芽状态的天文学只能局限在一定的地域,局限在附属于生产经验的形态之中。只有到了生产力发展到使社会财富大大增加,有了初步的专业脑力劳动者从原始社会的共同劳动中分离出来,即进入了阶级社会,形成了国家时,这些分散的、带有地域性的局部经验,才能被有意识地搜集整理并加以总结提高,从而得到空前的发展,形成初步具有科学形态的天文学。我国古代的史料也提供了这个情况,正是到了奴隶社会,我国古代的天文学才确立了它的雏型。

在我国从萌芽状态的天文学过渡到具有初步科学形态的天文学的发展过程,虽然其

<sup>①</sup> 马克思:《政治经济学批判》导言

具体的细节还有待进一步探索,但大体情况还是可以从我国古代文献和典籍中看出某些线索。

我国古代的所谓“观象授时”,大约是文献中可追溯的最早期天文学情况,这在许多正式文献中都有着记载。《尚书·尧典》记载的四仲中星就是著名的例子,但材料本身是后世人们的追记,缺乏较为详细的背景材料,看不出其发展变化的痕迹,因此看起来似乎是一次形成的东西。而《夏小正》一书,相传是夏代的历法,它按十二月列为十二条,指明各月份的天象、物候和农事,明显地将天象与物候和农时节令联系起来,它提供了从以观测物候而定农时的自然历阶段向以观测天象确定农时的观象授时阶段的过渡情况。当进入观象授时阶段,人类对星象就开始了有目的的观测,逐渐自觉地掌握天空星体出没的规律,从而将太阳的周年视运动与星空背景直接联系起来。在这个基础上,才导致人们进一步认识回归年的精确长度,才可能导致人们对星空作出划分,从而准确地确定二分二至等等。只有在这个基础上,古代天文学才得以确立它的科学形态。

我国古代文献资料中还有不少其它早期天文学情况的材料,然而也都是记载了一些结论性的内容,而如何得出这些结论的具体发展过程,也都未加叙述。例如把星空划分为二十八宿,至迟在公元前430年左右,即战国初年就有了明确而完整的体系,但这个体系是如何逐步发展和形成的,就是一个颇有争论的课题。总之,天文学从萌芽状态到确立初步科学形态的过渡过程有许多细节尚未探讨清楚,因而关于我国天文学的起源和早期发展情况,还有大片空白。这里也就产生了各色各样的说法,存在着某些理论上的困惑。

## 二、古代天文学和星占

最初将零散的、带有生产经验性质的各种有关材料搜集起来加以整理成天文学内容的简册时,还不可能对所有材料科学地进行鉴别和选择,也不可能作出完整而有系统的描述。因此原始的天文学著作只能是将有关天文方面科学的和幻想的材料统统记录下来。大约不同的搜集整理者,碰到的材料不尽相同,因而会有各种不同的结果。原始的材料现在当然很难找到,但从后世追记的情况看来,那时既有天文学的内容也有神话传说和原始迷信的东西。两者混杂在一起。这种混杂情况在当初是自然形成的,似乎可以期望随着人类对天文知识的日益增进,逐渐增强其科学性而削弱其幻想迷信的成份。

可是,到了阶级社会,原始迷信和神话传说的成份却变成了形式相当细致的星占神学,并且随着天文学的发展,向着更为精巧的方向发展。天文学被星占神学禁锢起来。因此古代关于天文学的著作大都包含着星占学的内容。我国的二十四史中,除了少部分外,大都有天文志和历法志。历法志主要是叙述该朝代使用的历法及其制定情况等;而天文志则除了阐述星区的划分,对宇宙的看法外,讲述了大量的星占学内容。为了星占学的需要,也就大量记录了当时天象的情况,特别对新星、超新星、彗星、流星、极光,和日、月食等不常见的天象或比较细致的天象如五大行星运行、月掩星等作了比较详细和比较准确的记录。必须指出,这些天象记录是留给后世的一份宝贵财富。

同时由于星占学与当时的政治有关系,因而它是作为保密的学问被皇室控制着,从而与星占学纠缠在一起的天文学也就成了皇室的专有品,由皇室建立的专门机构如钦天监等所把持。历史上有的朝代是明确地命令不准私习天文的。由于天文学的这个特点,使

得它在封建社会中带有庄严而神秘的色彩,往往天文仪器、台站机构和颁布历法是政权的象征。显然这对天文学自身的发展带来消极的影响,但是,或许也由于这样,使得我国古代天文学保持了它长时期的连续性以及在天象观测上取得当时其它任何国家无可比拟的成果。

不过,这些好处是在天文学作为星占神学的附庸的条件下得到的,因而就有着很大的局限。观测天象是为了星占的需要,因而就不能适合天文研究的需要,有些观测资料就缺乏足够的数据;而且为了政治的需要,往往有弄虚作假的成份。这就使我们今天来利用这些资料时,必须对资料加以必要的分析和选择,而这对一个不熟知古代天文情况的天文学家来说是足够麻烦的。当然我们不能以现在的要求来责难古人,然而不能不看到这些正是天文学在星占神学禁锢之中的消极因素。另一方面,当一切天文观测都从属于星占神学的需要时,就必然对天文现象都作了歪曲的解释,作了背离科学的解释,这对天文学思想的禁锢就更为严重。因而在古代,我国天文学曾经在世界上处于前列的地位,但是并不是在我国首先突破地球为中心的宇宙模式。这使我们想起欧洲十六世纪的天文学家第谷,尽管他作了大量精密的天文观测,由于他始终抱住地球为中心的框框,反对哥白尼学说,因而他的珍贵观测资料只能由开普勒发挥作用。

可是,尽管星占神学处于统治地位,天文学还是在向前发展着。首先,由于古代农业生产的丰歉,很大程度上决定于适时的播种,因而一部历法还是不可或缺的。各朝代总是将历法情况载入史册,这反映了生产需要的客观实际。虽然制定历法中不免掺入星占神学的杂质,然而无论制定历法的理论多么符合星占神学的意识形态,如果与天象不能符合时,就只有改掉或重新制定。因而古代天文学与生产斗争的联系,受生产的制约是相当直接的。所以只要生产向前发展,天文学总是有着广阔的发展前景。其次,为了满足了解天意的需要,为了对发生的天象作出吉凶祸福的预报,也就不能不对天象的规律作一些探究。古代著名的星占学家也往往是有成就的天文学家,因为他们所作的星占实际上只是对天象作了适时的预报。与之相应的人间吉凶祸福,仅仅是作一些简单而可能的附会。常常有这种情况,正是在星占神学的外衣下,实际上进行了有效的天文研究。

我们可以举一个具体的事例。北魏的一个天文学家崔浩,同时也是一个高级官吏,他作了一次著名的星占,也许由于这次星占很神奇,因而载入了史册。事情是皇室天文机构负责人太史报告说:“荧惑(火星)在匏瓜星中,某夜突然亡失,不知所在,这个现象可能是火星下到危亡的国家,将在那里先有童谣妖言,然后降临灾难。”皇帝听了很害怕,就将所有有学问的人和太史等召集起来探究火星到那里去了。崔浩作了下述推断,火星不见,当在有阴云的那两天内,而有阴云的那两天的日名干支是庚午和辛未,庚和午是秦国(同北魏同时的后秦姚氏政权)的分野,辛又代表西方,可以肯定火星将进入秦国。当时史官都不相信,认为天上星丢失了,人怎么能知道它到那里去。后来,过了八十多天,火星在西方的井宿出现,在那个位置,火星正处于由顺行到留又到逆行的勾已形回复运动中,因而看来停在井宿。过了几年姚氏政权灭亡了。这次星占被认为是神占,“非他人所及”。<sup>①</sup>从这次星占中,崔浩只是预报了火星的运动。他知道火星有顺、留、逆行各种运动状况,也知道火星的轨道与黄道很接近,因而他能预报火星向西顺行并将停留在西方天空上,因而他肯定火星进入并停留于秦国。此外,他作为官吏可能对秦国情况有所了解。因而在稍懂

<sup>①</sup> 《魏书·崔浩传》。

天文的人看来,这里丝毫没有神秘可言,也没有什么未卜先知的神奇。

从这里我们可以想见,古代的星占学有一个十分可疑的方面,就是可能存在着一种互相欺骗的因素。当封建统治者用星占麻痹别人时,而自身却处于星占者的欺骗之中。可是至今对我国古代星占学尚未作彻底研究。可能在玄虚的形式之中,却隐藏着许多并不那么玄虚的内容。

### 三、关于本书编写的构思

然而,在这一篇幅不算太大的书中,我们打算着重介绍的是我国古代天文学在各个时期的情况和主要成就,努力认真讨论古天文各个领域的发展情况和这个领域的典型成果,特别通过一些典型成果详细讲解古代天文学中的基本概念、理论和方法。我们认为这样做就不仅给出了中国古代天文学完整的面貌,而且通过若干典型的介绍,给出清晰具体的古代天文学的主要知识,使广大读者能够根据本书提供的内容进行独立的研究。因此本书在结构上和叙述上就不能不严谨一些,也不得不涉及一些较为困难的材料,然而这对于有志于研究或了解中国天文学史的读者是十分必要的。为此,我们作尽可能明白的解说。

我们所以这样考虑,有以下几个因素:

首先,我们前已指出这样一个现实。即我国古代天文学的一个显著特点,就是大约自有文字以来,就开始有天文现象的记录。在龙山文化的采陶画的文字中,就已经出现了太阳图形的文字,以后在甲骨文卜辞中,在金文中,不仅有当时历法的记录,还有日、月食的记录,可能还有其它天象的记录和某种解释性的文字。以后在各种典籍中,天象的记录就越来越多,越来越广泛,也越来越精确。这些丰富的天象记录,大约在一个多世纪之前,除了少数科学家外,并不引起注意。但时至今日,我国史书上关于新星、超新星的记录;关于太阳黑子的记录;关于日、月食、彗星、流星、流星雨和极光的记录,都引起了现代天文学家的重视,并利用这些资料作出不少有价值的研究工作,其研究成果还在日益增加。

但是,我们也已指出利用古代的天文观测资料也并不是简单的事。将分散于浩如烟海的古代文献中的有关天文资料搜集汇编起来本身就是一项很繁重的工作,而对搜集起来的资料进行必要的甄选和分析,就更不是轻而易举的了。这里会碰到各种困难,诸如古代天文现象的名称与现在的名称的对应;由于历史的局限性,古代观测记录的精确程度不满足现代的要求;还有古籍传抄和印刷上的错误等等。要克服这些困难就要求首先对中国古代天文学一般发展进程和中国古代天文学各个方面的一般情况有所了解。还得对该方面的某些细节情况有所掌握。

其次,中国古代天文学有它独特之处,在体系上有它自身的完整性。它反映了人与自然斗争的丰富经验,也反映了人类智慧的进步。如果只对于天文学的每一进步都笼统地作一下介绍,是不可能看清楚它的意义的。只有当我们仔细研究了古代天文学的各个方面和它的历史发展;才有可能对研究中国古代天文学史有比较成熟的看法,也就会力求研究有关史实,作为发展现代天文事业的借鉴。

另外,对中国天文学史的细节有较深刻的了解,就可以比较容易地去阅读古代典籍中的天文材料,可以打下进一步研究的基础。还由于现代天文学是从古代天文学发展起来的,现代天文学的一些最基本的概念也是从古代天文学中发展演变来的。特别是可以了

解古代天文学如何发展到现代天文学的过程。

我们在全部叙述中,注意对古代天文学中的被证明是科学性的部分加以突出,而对其消极部分则叙述很少。例如,在各专业章节里,我们对古代的星占学就没有多花笔墨,对古代天文学中曾有过重要影响的阴阳五行理论,由于历来封建统治阶级严重的篡改、歪曲,使这个理论变了质,因而也未多加叙述。这一方面是由于我们遵循“取其精华,去其糟粕”的原则,另一方面也由于篇幅的限制不可能对这些内容展开仔细的、批判的讨论。而不对它加以仔细的、批判的讨论,就可能会导致某种不得要领和徒劳无功的描述,而这正是要避免发生的事情。不过我们要指出,阴阳五行观念用来描述自然界的状况及变异,用来描述天体运行的一般状况,在我国古代典籍中有着丰富的材料。而这部分材料,或者存在于不是专门天文学著作,或者过于分散,还没有来得及进行充分的整理和研究。阴阳五行观念又常常与星占和其它占卜结合起来,古代的一些以占卜为目的的伪科学都广泛地采用阴阳五行观念。因此对于阴阳五行用于天文学方面,特别要进行批判的研究。

我们将十七、十八世纪以后列为一个阶段,因为这个时期有若干新的因素出现,一是中国封建社会中已经发展了某些资本主义因素,使当时沉闷停滞的自然科学有了新的活跃的趋势。再就是国外耶稣会传教士的来华,他们在我国开展了天文学活动,带来了西方天文学的知识。三是伟大的哥白尼学说提出以后,严重地冲垮了陈旧的宇宙观,在天文学上,在整个自然科学上进行了革命。对于这些新因素的各方面进行研究,可以看到已经显示出与明朝中期以前的我国古代天文学发展方向有了很重要的转变,这是一个转折时期。对于这个转折时期的研究,对了解我国古代天文学的后期发展情况以及近代我国天文学的发展都是有直接意义的。

此外,我们还得认识到,要写一本包罗万象的书总是不可能的,我们必须指出关于我国古代天文学与国外交流的情况在本书中反映很少。对于我国广大少数民族的天文学发展情况也报道得很少,这不是由于这两方面的课题不重要,而是由于迄今为止这方面的研究工作还作得很不够。就中外交流而论,过去有不少研究者往往探索远古时代中外天文学交流的可能性,并在缺乏材料的情况下进行过许多可能的推测。然而对近代的交流,显然这一方面的材料要多得多,却工作得很少。近年来对少数民族的天文历法情况也进行了一些调查,但还远不深入和全面。在本小组组织编写的另一本《中国天文学简史》中专有一章概括了我们目前掌握的知识,请读者参考该书。总之,正是在中外交流和少数民族这两方面是我国天文学史研究的薄弱环节。

我国古代的天文学,在中华民族的开化史和发展史上都是灿烂光辉的一页。在世界上,我国古代天文学曾长期处于领先的地位。只是在近代,在欧洲,伴随着资本主义的兴起而诞生了近代天文学以后,我国古代天文学才相对落后下来。尤其到鸦片战争以后的一百多年中,我国天文学更一直处于凋零不振的地位。只有到中华人民共和国成立以后,人民掌握了自己的命运,才有可能根本改变我国天文学落后的状况。今天,我们正进行新的长征,要在二十世纪末赶上和超过世界先进水平。这时,我们提供这样一本天文学历史的书籍,对于推进现实的科学研究不会是没有益处的,因为人们在进行现实的研究时总是从历史中寻找借鉴,找到启发。因此我们有理由期望它能在提高我们整个民族科学文化水平方面作出贡献。

## 第二章 原始社会、奴隶社会的天文学知识

### 一、我国天文学的萌芽

中华民族劳动生息在中国广阔富饶的土地上至少已有六、七十万年的历史。我们的祖先在原始生活和集体狩猎、采集的长期劳动中，会对自然界寒来暑往的变化、猎物出没的规律、植物成熟的季节，逐步得到一些感性认识。

到了新石器时代，人类社会的生产以人工增加自然产物为主，开始出现了农业和畜牧业。放牧要水源、牧草，这就要辨别方向、掌握时令；农作物有一定生长成熟的规律，要得到好收成就要知道农时季节。据考古发掘，大约在六、七千年前，我国中原地区和长江流域已有了一定水平的原始农业。在仰韶文化半坡遗址中发现了粟粒和留种的菜籽。长江流域古代居民已大量栽培水稻。已有许多家畜品种。这说明当时已有了一些天文知识并能一定程度地掌握农时季节。

古代人民，日出而作，日入而息。白天户外劳动就以太阳为依据。夜晚没有人工照明，就拿星星月亮做指南。人们根据日月和星辰等天象逐渐产生了方向和时间概念。白天夜晚，明暗交替，对“日”的认识是很自然的。看见月亮圆缺会慢慢地认识较长的时间单位“月”。对“年”的认识可能要晚一些。这是通过长时期作物生息成长的循环和寒来暑往的变迁而逐渐认识的。

在新石器时代出土的彩陶上，有以太阳作纹饰的。如郑州大河村仰韶文化遗址出土的一个彩陶上的花纹，中为红色圆心，四周有用褐彩描绘的光芒，这显然是太阳的图象。

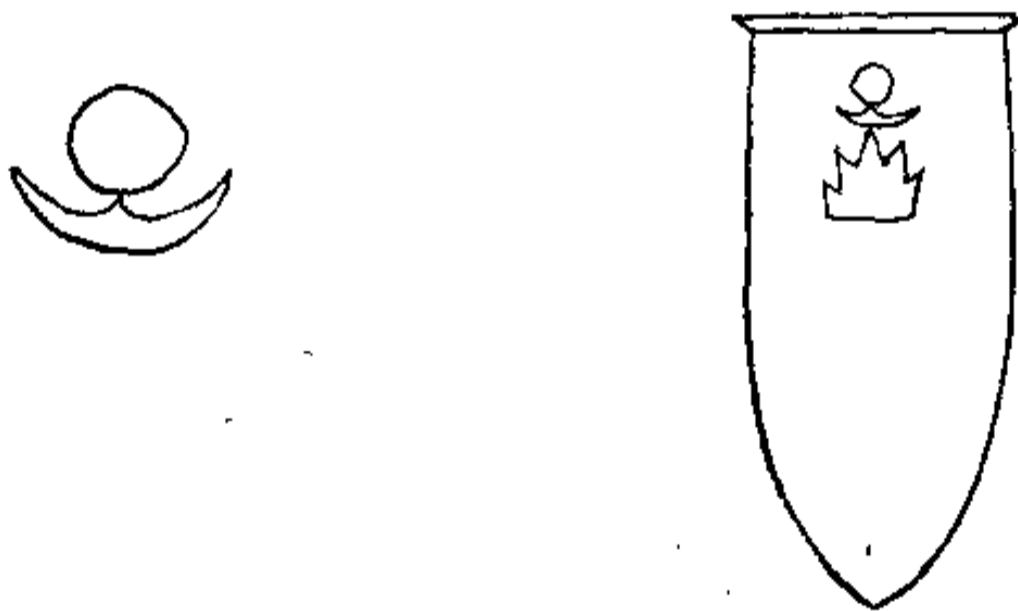


图 2-1 陶器上的文字采自《文物》1978年第9期。邵望平同志认为左边的符号为“旦”字，右边的为从“旦”的另一个字。

在山东大汶口文化遗址中出土了一些陶尊，形体较大，在墓葬中也不与一般陶器放在一起。其中莒县陵阳河出土的四件陶尊，在相同部位上各刻有一个文字。诸城前寨出土的一件，上面所刻的文字与陵阳河刻文中的一个相同，而这个刻文还涂有朱红颜色。这些刻文中有两个是斧、锄的象形字，另外两个可能是反映日出的意符字。据分析，它们很可

能是用来祭日出、祈丰收的礼器。其时代大约距今4500年。<sup>①</sup>

这些都反映了当时已认识到太阳与人们的生产、生活有着密切的关系。

但是新石器时代生产力仍是很低的。对复杂的自然现象还无法解释,对自然灾害也无法抵御,缺乏征服自然的力量,只有对天祭祀,祈求丰收。图腾崇拜也是这么来的。

在氏族社会中,有的氏族还选择天象作为图腾。如《国语》上记:“伶州鸠谓景王曰,我姬氏出自天鼋……。”传说黄帝姬姓号轩辕氏。周天子也是姬姓。黄帝族可能以天鼋为图腾。有的氏族并把图腾作为一个氏族的标志,这在早期铜器上还看得出一些痕迹。

这一时期的房屋建筑已有一定水平。房屋和门的开向都有一定。特别是氏族墓地上墓穴的方向相当一致。方向的测定显然和观测太阳星辰有关。这一切都反映新石器时代由于农业、畜牧业发展的需要,天文学开始萌芽并有了一些发展。

## 二、原始社会解体到奴隶社会前期的 天文知识——季节和分至的认识

文献上(《国语》、《史记》)记有古代传说:颛顼帝命南正重司天以属神,火正黎司地以属民。这可能就是关于古代观察天象最早的传说。

氏族制度解体前,尧舜禹是传说中的部落联盟的三个大酋长。古代文献中有不少地方记载了有关他们的传说。其中有一些反映当时天文活动的内容。在《尚书·尧典》中有:

乃命羲和,钦若昊天,历象日月星辰,敬授人时。分命羲仲,宅嵎夷,曰暘谷,寅宾出日,平秩东作,日中星鸟,以殷仲春……。申命羲叔,宅南交,平秩南讹,敬致日永星火,以正仲夏,……。分命和仲,宅西土,曰昧谷,寅饗纳日,平秩西成,宵中星虚,以殷仲秋,……。申命和叔,宅朔方,……日短星昴,以正仲冬,……。春三百有六旬有六日以闰月定四时成岁。

这些文献中记着上古我国就已设置专门官员观察天象。在《尧典》中明确指出,以观测鸟、火、虚、昴这四颗星在黄昏时正处于南中天(即过子午圈)的日子定出二分二至作为划分季节、定农时的标准。并已有了每年约366天的以闰月来调整的阴阳历。一年四季变化的规律对于农作物的下种、生长、收藏关系甚大。掌握这个规律,不误农时,适时耕作才能取得农作物的丰收。而一年四季、寒来暑往、昼夜长短的变化完全是由太阳在恒星间的运动产生的(实际上是地球运动的反映)。太阳太亮,无法直接看到它在众星间的位置,古代人通过长期观测发现了与四季寒暑有密切联系的斗转星移的现象。

开始可能就象《夏小正》中所说的那样,只是简单地根据北斗星的斗柄在傍晚时的方向(在上、在下)来定时节。在距今四千多年前,那时北极点很接近右枢(天龙座 $\alpha$ ),北斗七星离开北极很近,位置很高,终年不没,明瞭醒目,容易引起人们的注意。

随着农业的发展,对农时季节有了更高的要求,只靠简单地分辨斗柄在上、在下就不够了。因此较后就出现了靠观测某几颗一定的明亮的星宿(如:昴、火、参、鸟……)在傍晚或平明的出没和南中(过子午线)的日子,来决定季节并制订比较准确的历法。《尧典》里说到的就是这件事。这种依靠观测斗柄或某些确定恒星的出没、南中来决定时令季节、

<sup>①</sup> 邵望平:远古文明的火花——陶尊上的文字,《文物》,1978年第9期。

制订历法的方法,称之为观象授时。

除《尧典》外,谈到观象授时的文献还有《夏小正》、《礼记·月令》、《吕氏春秋·十二纪》等等。在这些书中,每个月的决定都有观象授时的依据。尤其《月令》和《十二纪》,列出了十二个月份全部的昏旦中星。那显然是二十八宿形成完整体系以后的作品。它们用来观象的天体和时间已与《尧典》有异,是反映较晚时代的天象(据能田忠亮研究,它们的观测年代是公元前620年前后,他认为《尧典》星象的观测年代是公元前2000年左右)。

《尧典》现在一般认为是周代史官根据古代的传闻旧说而编写的,并曾经春秋、战国时人所订补。但它所记的并不是战国以后的天象。在公元前二千年时,分至点是在鸟火虚昴这四星附近,两千年后就不同了(表2-1)。从文献学上来考察,《尧典》不可能是汉以后的作品,因此这些内容绝不会是岁差发现以后的伪造(中国岁差是东晋时发现的)。所以只能认为《尧典》所记乃是关于古代观象授时的传闻。

表 2-1

节	气	公元前 2000 年时的位置		公元 0 年时的位置	
春	分	胃	昴(昴)	奎	娄
夏	至	柳	星(鸟)	开	鬼
秋	分	氏	房(火、房)	角	亢
冬	至	虚	危(虚)	斗	牛

古今中外很多学者对《尧典》的天象做过研究,说法很多,至今并没有彻底解决。在这里不准备对它进行专门的讨论,只想概略地谈一下,既然我国古代有过观测一定星宿的出没南中来决定季节的天文活动,那么进行这种观测可能处在一些什么时代?

《大戴礼记》中的《夏小正》,经文四百六十三字。相传是夏朝的历法。现在一般认为成书于战国时代,约与《月令》成书年代相近。它根据天象、物候等自然现象来定季节和月份,记有一些月份昏旦伏见南中的星象,并指明了初昏时斗柄的方向和时令的关系。但它记载的天文现象比较混杂,时代有早有迟。与《尧典》一样,既然它不会是岁差发现以后所伪造的,这就说明里面显然是保留了一些较古的材料。与《尧典》的四仲中星比较(《夏小正》用夏正,正月建寅),时间、观测对象完全相同的只有一条,“五月初昏大火中”。

《尧典》、《夏小正》都提到“火”。传说最早在颛顼帝时已设火正专司对大火进行观测(《国语》、《左传》有类似记载,颛顼氏有子曰犁为祝融)。在陶唐氏时,高辛氏之子阏伯任火正,居商丘,相土因之。《左传》明确说明“火纪时焉”,并说:火正又称祝融,是一个常设的专职官员。

先秦古籍中不少地方提到“火”,并用它的伏见南中表达季节月令。如:“七月流火”,“火中寒暑乃退”,“夏五月火始昏见”,“火伏而蛰者毕”……。说明火(或大火)确曾被用来作为辰(观象授时的标准)。《公羊传》昭十七年有:“大辰者何?大火也,大火为大辰,伐为大辰,北辰亦为大辰”。就是说:大火、参(伐)、北极都曾被用作为辰——观象授时的标准。“火”是什么?《左传》说:“心为大火”。《礼记·月令》有,“季夏昏火中”。《吕氏春秋·十二纪》作“季夏昏心中”。《月令》基本上都是按照《十二纪》上的说法;在此是以“心”为“火”的。汉以后诸家对经传作的注疏也都把大火作为心星(即天蝎座 $\alpha$ 星)。



下面我们来看看为了决定季节,最适宜观测大火的伏见南中是在什么时代。

火(心)约在公元前2900年前后处在秋分点。

最利于观测大火昏见来决定春分的时代是公元前2400年前后。

大火是一颗明亮的一等星。在这个时期,每年到了日夜等长(春分、日中)的那一天,当太阳从西方落下去,天色开始昏暗下来的时候,明亮的大火星就正好从东方的地平线上升起。我们可以想象,我们的祖先日出而作,日入而息,通过长期的观察和实践,会注意到每年到了寒尽春回的时候,黄昏时大火又会重新在东方的地平线上出现。“春”五谷始生,“秋”五谷大熟,春分是农业上的重要季节。春季大火昏见,为一年中农业的大事。白昼开始变得越来越长,农忙的季节就要到了。

在这以后,黄昏时大火就越来越高,过二、三个月后,日没不久,就会又看到大火明亮地闪烁在正南方的天空。再向后,大火就越来越低了。到了快到日夜又一样长(秋分、宵中)的时候,大火就看不到了。这时太阳走到心宿附近,在它两边很近的地方,与大火接近同升同落,大火的光被太阳所掩。这就是《夏小正》所说的“八月辰(指大火)则伏”,“九月内火,辰系于日”。大约过一个月后,太阳走到心的东边十五度以外的地方。这时大火(即“辰”)就呈现晨见东方(日出之前,大火从东方升起)。

我国自古重视昏星。直到第二年的春天,它又在微弱的昏影中重现。就这样,通过年复一年地观察大火昏始见来决定春天到了的实践逐渐认识了春分(日中,日夜一样长)。

子午圈是从圭表推衍出来的。所以当出现了原始圭表以后,就有可能进行昏旦中星的观测了。

圭表是测日影长度的仪器,大概是一切天文仪器中最古老的。能够使用一种工具去认识自然应该说是已经进步了。在出现原始圭表从而进行《尧典》中所说的那种星辰中天观测以前,人们已经采用观测某个(或某几个)恒星的昏旦出没来定季节了。在西方,如古埃及就是以观测天狼星在早上偕日而出的日子预告尼罗河水的汛期,并把这一天,当作一年的开始。在中国就是以观测大火昏见来确定春天到了的季节。由上述而知,这个时代约为公元前二千四百年前后。

随着时日的推移和生产的发展,对方向、时刻、季节、历法提出了更高的要求。根据长期户外劳动,会发现白天日影的方向随时刻而改变(这在几千年以前已经知道了),而长期接触和观测日影又会发现影子的长短随季节而不同。因此,原始圭表的出现是可能很早的。开始时最可能的就是一根简单的直立于地面的竿子或石头(在巴比伦尼亚这大约是公元前2000年左右的事)。这时就可能进行昏旦中天的观测了。

观测星辰南中来确定节气,可以减少地平线上的折射和光渗等影响,观测精度会有所提高,这是历法上的一个进步。

有利于昏、旦观测大火南中(这就是古书上所说的昏、旦中星)以定二至的时代为:

旦测南中以定冬至,约公元前2100年前后。

昏测南中以正夏至,约公元前1000年前后(殷周之交)。

顺便指出,有利于昏测大火西落以定秋分的时代约在公元前2000年左右。

历史上是否有过观测大火来定冬至、秋分的时期,这还需要研究。但中国历史上确实存在根据昏测大火南中以定夏至的时代,这个时代就是殷商。这样说的根据,不仅是因为中国殷商时期确实适宜于昏测大火南中以定夏至,更重要的是: 1、在已出土的十多万

片殷墟卜辞中,发现了好几处关于“火”和“鸟星”的记载; 2. 殷商应已有了原始圭表并且在卜辞中可能已有了至日的记录。

在卜辞中,能够明确认定为恒星的记载的目前只有火和鸟星(还有一个鹞星,甲骨文中该字右从商而小异。这个鹞星可能就是商星,《左传》:“辰为商星”。亦即大火的名。但更可能这个鹞星就是鸟星的名)。如:“贞佳火,五月”。“有新大星并火”。“其侑火”。“攸卯鸟星”等等。“侑”、“攸”、“卯”都是祭名。这些卜辞记的是对鸟星、火进行祭祀。火在前面已经说过了,正好在商周之交是适合昏测南中以定夏至的时代,那么鸟星的情况怎么样呢?非常巧,最适合昏测鸟星南中来决定春分的时代是公元前1400—公元前1200年,这也正好是殷商时期。正由于鸟星、大火是用来定季节、正农时的标准星象,它与收成好坏有密切关系,所以殷人把它们尊而敬之,祀以为神以祈求丰收。

另一方面,殷商测定方向、时刻都已比较准确。卜辞中将一天的时刻分为:明(旦)、大采、大食、中日、昃、小食、小采、暮等时间段落。殷墟发掘中发现南北向的殷代宫殿基址方向与今之指南针所指无异。方向及中日、昃等时刻的测定,显然是和观测太阳测定日影有关。昃(日侧时为昃)字在甲文中就是人侧影的象形。这都可说明殷代应已有了早期的圭表。通过长期测日影的实践就会认识冬至。并且在卜辞中有一些看来很可能是至日的记录。

综上所述,可以这么说,至迟到了殷商时代我们已能测定分至(顶多是其中一部分)。《尧典》中关于“日中星鸟,以殷仲春。日永星火,以正仲夏”。这就是殷商时代的天象(虚也正好在~1400年左右是适合昏测南中以定秋分的星象,但卜辞中还未发现有虚星、昴星的记录,就不予讨论了)。

许多学者,如李约瑟<sup>①</sup>、蕞内清<sup>②</sup>、哈特纳<sup>③</sup>都认为我国殷商时代已能测定分至。哈特纳并且提出:殷商的冬至是根据卜辞中多次提到的鸟星的宇宙落(首次在黎明的微曦中的可见下落)来决定的(适于观测鸟星晨落以定冬至的时代为公元前1500—公元前1300也合殷商时代)。

在殷商时代我们已可测定分至。可是用这种方法得到的分至点是不是很粗略呢?哈特纳认为,这时冬至误差可能有±10天。李约瑟认为,由观测昏旦恒星的出没确定季节,相差不会超过很少几天。我们以公元前2400年春分大火昏见为例来看看这个误差问题。

对于中原地区,取 $\phi=35^\circ$ ,这时大火出地平的恒星时约为 $6^h47^m$ 。在春分前后几天大火升起的情况见表2-2。

由表2-2可以看出,在春分前十天,要到天完全黑下来(可看到肉眼可见最暗的星,相当于太阳落地平下 $18^\circ$ )才看到大火升起。而春分后十天,等天刚刚黑下来时(这时天色暗淡,需要照明,可看到较亮的星,相当于太阳落山 $6^\circ$ ),大火已升到地平以上 $10^\circ$ 之处了。由此可知,实际上这样观测得到的春分误差不会超过±10天(而观测星辰南中定分至是更为准确更为有利的)。

① J. Needham: «Science and Civilization in China», Vol. 3, 1959.

② 蕞内清: 殷历に関する二、三の問題,《东洋史研究》,十五卷第二号,1956.

③ W. Hartner: Some news about Shang-Yin, «Proceedings, XIV the International Congress of the History of Science», Vol. 4, pp3~15, 1974.

表 2-2

(以北京时间为准)

节 气	日 没	大 火 上 升	大 火 上 升 后 在 日 没 后
春 分 前 10 日	下 午 6 <sup>h</sup> 04 <sup>m</sup>	下 午 7 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup>	1 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup>
前 5 日	6 08	7 07	0 59
春 分	6 12	6 47	35
春 分 后 5 日	6 16	6 27	11
春 分 后 10 日	6 20	6 07	-0 13

天文学发展到能够比较准确地定出分至的阶段,就可以对闰月的设置(岁末闰)加以有规则的安排。这时历法应已比较规整,岁首应比较固定,误差不会大于±1个月。季节与月名已有基本固定的关系。这时的岁实与真值应相差不远。“春三百有六旬有六日以闰月定四时成岁”基本符合这时的情况。

有人统计了记有月名的“今何月雨”<sup>①</sup>“望田”<sup>②</sup>、其他农事季节<sup>③</sup>及其他天文气象卜辞,证明了殷代月名和季节确实基本上已有了固定关系。

### 三、殷商时代

商代(公元前十六到十一世纪),是我国奴隶社会大发展的时期。汤灭夏。传至第十代、第20王盘庚时把都城迁到殷(今河南安阳),这以后直到商亡,共273年,又称殷。

关于殷商,有可靠的文字记载(如:《尚书》中的商书)。近几十年又发掘了商代晚期的都城安阳殷墟和商代早期的大城市郑州遗址。尤其从安阳殷墟发掘出土了十多万片刻有卜辞的甲骨。这是我国目前发现的最早的文字资料,是迁殷后这一时期的历史记载。通过对它们的考释和研究,使我们对殷代的社会有了比较清楚的认识。

农业在殷商已成为主要的生产,并且有了很大的发展。卜辞中已有许多与农业有关的文字,有很多的农作物和农产品的名称,并且还有关于农业加工的文字。其时主要的农作物是黍、麦、粟、稻,基本具备了今天我国农业上的主要品种。粮食已有剩余和储备。有大量酿酒、用酒作祭祀和关于粮仓的记载。由于农业生产发展的需要,促进了殷商天文历法的发展。从已出土的有关天文历法的资料来看,殷代已有了一定水平的历法。

在夏代的帝王中,有以天干作名号的,说明那时可能已有了干支。据卜辞可知,殷代记日是使用干支记日法。即以甲乙丙丁……十干与子丑寅卯……十二支相配,组成甲子、乙丑……到癸亥为止,恰好60日。殷人就以这60日为一周,周而复始地顺序记日。干支是我国特有的记时方法。殷代干支记日很可能顺序循环没有中断地连续使用到今天。这样,这一种记日方法至少已使用了三千三、四百年。这是世界上最长的记日法。

殷代虽以干支记日,但以干为主。殷王名号也多用日干。

在出土的甲骨文中,还发现有的上面刻有月名及六十干支,也有完整的六十干支表,

① 岛邦男:卜辞の殷历——殷历谱批判,《日本中国学会报》第十八集 1966。

② 张政烺:卜辞望田及其相关诸问题,《考古学报》,1973,第一期。

③ 陈梦家:《殷墟卜辞综述》1956。

背面未经钻凿,既然不是作占卜用的,那很可能是专作旬历用的——即殷人所用的日历。

殷人称十日为一旬,从甲到癸,癸为一旬中的第一日。卜辞中已发现的最大数字已达三万,数学的发达程度亦可想而知。

殷代的历法,目前一致都认为是:以干支记日,太阴记月,以太阳记年,用闰月来调整季节的阴阳合历。月有大、小,年有平、闰,平年十二月,闰年十三月。殷商前期有大量的记有十三月的卜辞。十二月、十三月后接一月的情况都有,说明殷代曾行用过年终置闰的方法,称闰月为十三月。

有人认为殷初曾行用过规整的每月三旬三十日的历法。初一都是甲日,初十都是癸日(即一甲十癸说)或一癸十甲。如确有其事那也至多是在初期很短的时期内。卜辞中有不少月终月首相接的记载,可证月始并非总是甲日(或癸日)。

殷代已有年岁的概念。已认识岁星,且可能已知十二年一周期。甲骨文中只有春、秋二字,可能是作为年岁的称谓。如今秋、今春是今年的意思。也有可能表示季节,将一年分为春秋二季。春——播种季节,秋——收获季节。

在第二节中,我们已经谈到了殷商已知分至。测定分至的误差不会超过 $\pm 10$ 天。这时可以对岁末闰加以有规则的安排,因而历法已经比较规整,岁首应已比较固定,季节和月名有了基本固定的关系。据此,可以知道,殷代历法的岁实与真值不会相差很远。

在前期卜辞中,有很多十三月的记载,而在后期就较少了。在殷商晚期帝乙、帝辛(纣)时代,至今出土的卜辞中还未发现有十三月的记载。而在这一时期有一组征伐夷方的卜辞组合,在这组卜辞里,同一年的,

九月有甲午日,癸亥日

十月有癸酉日,甲午日

十二月有己巳、癸酉、甲午日

次年正月有丁酉、己亥、庚子…乙丑日

……

殷商是采用太阴月、太阳年的阴阳历。在这里九月有甲午,十月又有甲午。这在以29或30日为一月的阴阳历中是不可能出现的。而十二月甲午和正月丁酉之间只有乙未、丙申两天,所以正月的月首不外乙未、丙申、丁酉三日。因此得出,这一年一定有闰九月(卜辞上的九月癸亥乃是闰九月,且在月之下旬)。这被当成殷历前期施行年终置闰,后期改行年中闰的一个“重要据点”和确证。有人并据此进而推出殷历就是四分历。岁实365.25天,已有完整的二十四节气,采用“无节置闰”的方法。初期将闰月置于年终称十三月,后期就实行以无节之月为闰月。并同前一月名。

殷商历法前期是以十三月为闰月,置闰年终这是没有问题的。岛邦男氏<sup>①</sup>依据出土的大量卜辞作了统计,得出在第一期卜辞(殷前期武丁世)中,记有十三月的占记有一到十二月其他月名卜辞的平均数的二分之一以上,即大约这时每二年要设一个闰月——十三月。因此这一时期不可能再行年中置闰。但殷代中、后期的历法是否改行了年中置闰呢?

从天文历法上来说,从年终置闰到年中置闰是一个重要的发展过程。这个问题值得讨论。

<sup>①</sup> 岛邦男:卜辞の殷历——殷历谱批判,《日本中国学会报》第十八集,1966。

在帝乙帝辛时(殷代后期)有一些记有唯王几祀的周祭卜辞。经过学者们的研究<sup>①②③</sup>在帝乙帝辛时代,现在已知有五种祭祀是有规律有次序地轮番对五十多个殷王的先考,“妣依次进行祭祀的。这五种祭祀就是:祭、馈、饗、彤、翌五祀。由这五种祭祀构成一个祭祀周期(祀周)。并且还知道,这五种祭祀分三组(彤、翌、祭馈饗,称祀季)进行。

彤、翌是单独举行的。这两种祭祀,是在一个祭祀周期内先用同一种祭法遍祭全部考妣以后,再改行另一种祭。这两组祭祀各要进行11~12旬。

祭馈饗三种祭祀它们合成一组,在一个祭周的某一段时间内依次重复进行。这组祭祀遍祭全部考妣一般需时13旬。

全部五祀进行一次,完成一个祭祀周期,需时36~37旬。

在一个祀周内这五种祭祀的次序,陈梦家董作宾认为是:彤、翌、祭馈饗;岛邦男得出是:祭馈饗、彤、翌。

帝乙、帝辛的周祭卜辞可根据进行的是哪种祭祀和祀、月名而分成二组。

对这些卜辞进行分析,可以得出:

(i) 唯王几祀是表示这一个王即位后所进行的第几个祭祀周期。

(ii) 一个祭祀周期的开始就是一“祀”(唯王几祀的祀)的开始(和月份无关),更具体地说,新的一祀是从新的一个祭祀周期的祭工册这一天开始的。

(iii) 祭祀的次序是:祭馈饗、彤、翌。从祭工册(祭馈饗祀季的第一天)开始新的一个祀周,祭馈饗祀季就是祀周的前段,彤祭是它的中间,翌祭是一祀周的后段。

下面就可具体对“闰九月”的问题进行讨论。

与征伐夷方有连属的除上面所述外还有下列几条周祭卜辞:

正月彤小甲 唯王九祀

九月甲午馈上甲 唯王十祀

十二月甲午彤祭 唯王十祀

由上述,可知九祀彤祭是第九个祀周的中间,十祀馈祭是十祀之初。九祀正月彤小甲到十祀九月甲午馈上甲之间只相距二月到八月共七个整月。而帝乙帝辛时期一个祀周需时36~37旬。从彤小甲到馈上甲只有二种可能:(1)相距22旬,221天(甲寅彤小甲), (2)相距21旬,211天(甲子彤小甲)。因为彤祭、翌祭各11~12旬,一个祀周只有36旬、37旬二种可能。

而七个整月要么206天,要么207天。

因此,即便正月彤小甲是正月最后一天,那么十祀九月甲午要么是九月初四(或初三)、要么是九月十四(或十三)。也就是说,根据帝乙、帝辛的祭祀系统,十祀九月甲午馈上甲不可能在九月下旬。

因为其后的正月月首只能为乙未、丙申、丁酉三天,所以九月甲午只有两种可能:

(i) 甲午为九月下旬的最后几天,有闰九月,

(ii) 甲午为九月月首,十、十二月甲午为十、十二月末,九、十、十一都不闰。

既然上面已得出九月甲午馈上甲不可能是九月下旬,所以十祀有闰九月的说法不成

① 岛邦男:卜辞の殷历一般历谱批判,《日本中国学会报》,第十八集,1966。

② 陈梦家:《殷墟卜辞综述》,1956。

③ 董作宾:《殷历谱》,1945。

立。

退一步讲,如果这一周祭祀系统出现变异,不是36~37旬,而是38旬的话,而且正月彤小甲又是正月最后一天,这时九月甲午虽可为九月下旬,但这时得不到正月以乙未、丙申、丁酉这三天为月首,所以也是不成立的。至于祀周长度为大于38旬或小于36旬那都是更不对了。

九月没有闰九月,那么只有一种可能就是九月甲午为九月月首。这怎么解释十月又有甲午日呢?

原来殷代历法的朔望月是以新月出现作为开始的。通常新月总出现在真朔后第一或第二天(即初二、初三)。普通一个月29天、30天,一大月一小月相间,过一定时期有一个连大月,这是根据平朔制定的。平朔每月为29.5306天。而实朔和实朔之间一般摆动于29.2天到29.9天。极端情况可能变化还要大。在以实朔为月首的阴阳历中,连续出现四个大月、三个大月或一连三个小月的情况是不希奇的。因此,以实朔为月首的历法与以平朔作月首会有±1天的误差。而新月的出现,有时受月球轨道状态或气象条件的影响,肉眼得到的从实朔到新月的日数有±1天的差误也是完全可能的。因此只要殷代仍还处在以观测新月的出现为一个月开始的阶段,那么一个月有31天甚或有32天就不是不可能的了。这样如果征伐夷方的这一年九月、十月、十一、十二是连续四个大月,那么出现九月、十月都有甲午日是完全可能的了。

蕞内清<sup>①</sup>论证了殷代二期(祖庚祖甲)以后的历法确是以新月为月首的,无年中置闰。由上所述,殷代第五期(帝乙帝辛)卜辞中的“闰九月”也是不能成立的,这样就完全证明了丁有殷一代并未实行过年中置闰的方法。

古代在只能测定二分二至的时期,只能实行岁末或岁半的固定置闰方法。只有当能够确定太阳在每一个月所在的位置,也就是在中国出现了完整的二十八宿体系和随之形成了二十四节气以后,才有可能实行年中置闰的方法。

关于殷代的历法,可以归纳为:

- (i) 阴阳历;
- (ii) 年有平闰,月有大、小;
- (iii) 已有测定分、至的知识,岁首应已基本固定,季节和月名有基本固定的关系;
- (iv) 以新月为一月之始;
- (v) 置闰年终;
- (vi) 晚殷时期(帝乙、帝辛)开始采用唯王几祀的说法。几祀是王进行了多少次祀周的表示。它和回归年有接近的长度,每祀长度为36到37旬,这可能就是为了和回归年的长度配合而有意安排的;
- (vii) 尚无四季,只有春秋。它有可能是作为年岁的称谓,也可能表示季节,将一年分成两季,春——播种季节,秋——收获季节;
- (viii) 年、月的开始,闰月的设置都不是预先推算的,而是根据观测决定的。

在殷墟卜辞中,还保存了不少有价值的天象记录。

#### 1. 肯定或基本肯定的

##### (i) 日食

<sup>①</sup> 蕞内清: 殷历に関する二、三の問題,《东洋史研究》十五卷第2号,1956。

表 2-3

壬 申 夕 月 食				癸 未 夕 月 食				庚 申 夕 月 食			
儒略历	儒略周日 J. D	食 甚 时 刻 (安阳时)	食分	儒略历	儒略周日	食 甚 时 刻 (安阳时)	食分	儒略历	儒略周日	食 甚 时 刻 (安阳时)	食分
-1472·8.17	1183639	20 <sup>A</sup> 25 <sup>m</sup>	1.429	-1469·12.11	1184850	23 <sup>A</sup> 47 <sup>m</sup>	1.266				
-1425·2.12	1200619	23 21	1.351								
-1379·8.10	1217600	2 11	0.787	-1376·12.2	1218810	22 25	0.835	-1310·11.24	1242908	3 <sup>A</sup> 0 <sup>m</sup>	1.646
-1281·11.4	1253480	5 19	1.635	-1277·2.27	1254691	2 31	1.559	-1263·5.20	1259887	17 41	1.316
				-1231·8.24	1271671	0 14	0.612	-1217·11.15	1276867	23 49	0.395
				-1200·7.11	1282950	23 39	0.508				
-1188·10.25	1287439	20 40	0.507	-1184·2.18	1288650	23 53	0.692	-1118·2.9	1312748	5 29	1.792
-1182·1.28	1289330	5 13	0.413	-1179·5.22	1290570	19 8	1.172				
								-1072·8.6	1329728	4 32	0.355
								-1041·6.25	1341008	4 52	0.672
								-1025·2.1	1346708	4 11	0.428
								-1020·5.5	1348628	0 7	1.307

贞，日有食。

甲寅卜又食，告。

癸酉贞日夕又食，唯若。癸酉贞日夕又食，匪若。

(ii) 恒星

鸟星：

丙申卜殷贞……乙巳酒……攸卯鸟星。

火：

其侑火。

贞：佳火，五月

有新大星并火。

鹑星：

……鹑星，三月。

(iii) 新星

辛未有殷新星

月 食				乙 酉 夕 月 食				甲 午 夕 月 食			
庚 申 辰 月 食											
儒略历	儒略周日	食 甚 刻 (安阳时)	食分	儒略历	儒略周日	食 甚 刻 (安阳时)	食分	儒略历	儒略周日	食 甚 刻 (安阳时)	食分
-1480·7.18	1180687	4 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup>	1.308	-1485·10.30	1175312	18 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup>	1.175	-1465·4.5	1186061	22 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup>	1.548
-1433·1.13	1197667	1 42	1.220	-1417·3.18	1203573	6 11	0.067				
-1428·4.16	1199587	3 06	0.335								
				-1278·9.2	1254513	1 36	0.629	-1228·12.17	1272882	1 30	0.755
				-1226·6.1	1273413	0 10	1.339				
-1191·12.27	1286406	22 27	1.663	-1180·11.25	1290392	19 54	1.728	-1197·11.4	1284161	21 56	0.724
-1165·8.14	1295767	5 11	1.620					-1150·5.2	1301142	2 38	1.126
-1144·6.23	1303386	22 37	0.841					-1129·3.12	1308761	16 31	1.738
-1113·5.13	1314667	0 2	0.091								
-1087·11.7	1331647	6 43	0.833	-1081·2.19	1326272	20 2	0.698	-1052·7.25	1337021	20 42	0.718
				-1035·8.17	1343253	2 49	1.463				

七日己巳夕豈, ☐有新大星并火。

(iv) 月食

口丑卜宾贞……六日口午夕月有食乙未酒……

癸未……之夕月有食

旬壬申夕月有食

七日己未豈庚申月有食(同版有“十三月”名)

乙酉夕月有食 八月

这几次月食是武丁世的可靠记录。它们都是第一期武丁世的卜辞。武丁在位69年。其中涉及到的贞人般、宾、争、古都属宾组。乙酉和庚申月食同版记有月名,而且为同一贞人争所贞卜。

因此有充分理由可以认为,这五片月食纪事不应超过60年。顶少同一贞人所贞卜的乙酉、庚申月食不应超过60年。

表2-3列出从-1500到-1000年间所有的安阳可见的甲午夕、癸未夕、壬申夕、庚申、乙酉夕月食<sup>①</sup>。



从表2-3中可以得出：-1300年以前和-1120年以后的月食是不可能的。因为既然这是武丁世当时的观测记录，就不可能把没有发生过的月食记录下来。这非常巧，这与目前基本确认的武丁世所处的时代相合。由此可说明干支记日自殷到现在是连续的。

为了使结果再具体一些，我们还可再加上点限制。乙酉月食记有月名，这次月食发生在八月。庚申月食同版记有月名，这次月食只有两种可能：（1）发生在十二月；（2）发生在正月。

根据前面所述，殷代历法的岁首应已比较固定，误差应在±1个月之内。这样，符合这个条件的只有下列一种可能：

- (1)  $\left\{ \begin{array}{l} -1226. 6. 1 \text{ 乙酉月食} \\ -1217. 11. 15 \text{ 庚申月食} \end{array} \right.$

如果我们把条件放宽，认为殷商历法的岁首可能有±2个月的误差，那么就有三种可能：

- (2)  $\left\{ \begin{array}{l} -1226. 6. 1 \text{ 乙酉月食} \\ -1191. 12. 27 \text{ 庚申月食} \end{array} \right.$

- (3)  $\left\{ \begin{array}{l} -1191. 12. 27 \text{ 庚申月食} \\ -1180. 11. 25 \text{ 乙酉月食} \end{array} \right.$

- (4)  $\left\{ \begin{array}{l} -1180. 11. 25 \text{ 乙酉月食} \\ -1144. 6. 23 \text{ 庚申月食} \end{array} \right.$

其中（4）可能性不大，因为根据年代分析，武丁世不应延续到这么迟。

因此，卜辞上记录的乙酉夕，庚申这两次月食应该就是（1）、（2）、（3）这三组之一。这样就可以从表2-3中找出相应的甲午夕、癸未夕、壬申夕可能是指的那几次月食来。

如果，甲骨文断代还不是那么严格，我们把60年的条件放宽到80年，那么还可能有两种可能：

- (5)  $\left\{ \begin{array}{l} -1278. 9. 2 \text{ 乙酉月食} \\ -1217. 11. 15 \text{ 庚申月食} \end{array} \right.$

- (6)  $\left\{ \begin{array}{l} -1226. 6. 1 \text{ 乙酉月食} \\ -1185. 8. 14 \text{ 庚申月食} \end{array} \right.$

如果，把岁首的误差再放宽，允许有±3个月的误差（再大就不成其为以闰月调节的阴阳历了）那么就还有一种可能：

- (7)  $\left\{ \begin{array}{l} -1180. 11. 25 \text{ 乙酉月食} \\ -1185. 8. 14 \text{ 庚申月食} \end{array} \right.$

我们认为最可能是（1）。（2）、（3）、（5）也有可能性。

## 2. 尚待进一步证认的

### (i) 日又斝

壬子卜贞日斝于甲寅

辛巳贞日又斝其告丁父丁

乙巳贞酒……日又斝夕告于上甲

庚辰贞日又斝告于父丁

① 刘宝林：公元前1500到公元前1000年安阳可见月食表，《天文集刊》，1978年第1期。

关于日有眚,目前有四种说法,日食、黑子、颜色、祭名。看来日食的可能性大一些。

(ii) 月又眚

壬寅贞月又眚其又土穿大牢丝用

壬寅贞月又眚王不于一人丹

这是1972年在安阳新出土的一片卜骨。我们认为是月食记录。

(iii) 行星

大岁 弔侑于大岁

指的可能是大的岁星。殷商已有年岁的概念(如:今岁受年),认识岁星是肯定的。不会是指的太岁,因为太岁是比较晚的概念。

(iv) 日至

壬辰卜至日 壬辰卜弔至日

至日

弔至日

至日酒

有人认为是日至记载,有人对此表示怀疑。殷商时代应已有分至知识,看来日至记录是有可能的。

3. 值得怀疑的

(i) 彗星

新大星并火

终夕……亦大星

辰亦有出虹(自北饮于河)十二月

有彗虹于西

有人认为,“大星”和“虹”指的是彗星。这可能是靠不住的。

(ii) 日珥

乙卯允明,隳,三陷食日,大星。

有人说这是在日全食时看到的日珥记录。胡厚宣先生认为这是用三个人作祀礼,是一条关于祭祀的记录,食日也不是日食。经过计算,实际上,殷代也没有在乙卯这一天发生过安阳可见的日全食。说这是日珥记录是不可靠的。

甲骨文字中就已经有了相当丰富的天象纪事。它们都是三千多年前当时实际天象的记录。过去经常提到的夏代仲康日食(《古文尚书·胤征》),时代虽比它们要早,可是它的可靠性是值得怀疑的。卜辞中的这些丰富记载(还可能有一些是我们至今还不认得的),都是千真万确的地下出土的三千多年前的实际记录,是极其宝贵的资料。

## 四、西周时期

公元前十一世纪,武王伐纣,灭了殷商,建立了周朝。

《周礼》说,周代天文工作已有了详细的分工。保章氏着重观测恒、流、彗、孛的出没,冯相氏专门测候日、月、五星的行度。中国的天文学自古分成了两部分。一部分是天象观察,所以几千年来,积累了大量天象观测的资料,保留有世界上天文现象最完整的史

料。另一部分就是历法的推步。历法,是古代天文学的实用,直接为当时的生产及生活服务。

关于西周的历法。在关于西周的文献和金文(西周铜器上面铭刻的文字)中,有大量的年、月、日、月相的资料。但至今还没有发现有制历中很重要的“晦”、“朔”之名。有十三月的记载,而没有“闰”和“闰月”的名称。说明西周仍施行岁末置闰的方法。在甲骨文字中全然没有发现关于月相的记载,而在随继的西周铜器铭文中却大量地出现,说明西周历法很重视月相。在金文中经常出现初吉、既生霸、既望、既死霸四种名称。对它们的含义古今有各种不同的解释。过去的解释大体可分为两类。一种是定点月相说,二千年来多宗此说。认为初吉、死霸、生霸、既望就是代表每月的某一天或某二、三天。近代又多主张第二种即四分月相说,认为周代将一月分为四份,每份相当一周约七天。我国古代是否确实实行用过七天为一周的周法,周代为什么要把殷代使用着的三分月法——旬法改为四分月法——周法,这都值得研究。有人说来自西方,但据考证,巴比伦最早使用周法,大约也是公元前七、八世纪的事。上述的两种解释都认为初吉等名称指的是月相。很可能这两种说法都还不够完善。二十年前有人提出初吉不是代表月相,而是指的每月的第一个干日。“初吉”就是每月初干吉日的意思,古人以属于第一的事物为吉善,它既不是朔也不是朏(新月,约当初二、三)。既生霸、既死霸、既望应与月相有关,似无容置疑。下面依据近几年出土的比较可靠属共王、<sup>①</sup><sup>②</sup>懿王<sup>③</sup>的几件铜器的资料对这个问题作点讨论。

可作为定点标准的不外:朔、朏、望、晦几种月相。同时既生霸、既死霸应该是相应的(都作为定点或反之)。

表2-4列出共王时期卫组三器和趯曹鼎(共王标准器)和懿王时期的司马共组三器的月相资料。

(i) 仅就卫组三器就可看出,不是指的定点月相。

(ii) 由司马共组三件铜器可得出初吉、既生霸的含义用四分月相说无法解释。

(iii) 将卫组三器和共王标准器十五年趯曹鼎结合在一起看,既生霸可以相差十天显然不可能指的是四分月相。

是不是三年卫盂不是共王器而是懿王器呢?既然司马共组可认定为懿王器,卫盂就不能移到懿王来。因为卫盂三年三月既生霸壬寅,那么这个月就不可能初吉甲戌。当然可以用这一年设闰三月来解释(只能把师晨鼎三月作闰三月)。但目前没有根据说西周时已实行年中闰法。退一步即使承认这一点,对我们前面的结果并无影响。将卫盂和司马共三器组合、卫鼎甲、乙和趯曹鼎组合仍可得出,这些关于月相的词语既不是指的定点月相,也不是指的四分月相。

将卫组三器当成懿王器(此时把二十七年卫盂当作共王器)、司马共组三器当成孝王器,除本身存在着一定困难(共王以及西周的年代、司马共组与曾鼎的配合、疾的活动年代等等)外,对我们上面的说法仍无影响。

因此,可能的解释就是西周时期(至少是西周中期)是将一个朔望月分成两半,上半月称既生霸、下半月叫既死霸。藪内清<sup>④</sup>在二十多年前根据对颂鼎、史颂簋的分析并从语言

① 唐兰:陕西省岐山县董家村新出西周重要铜器铭辞的译文和注释,《文物》,1976年第5期。

② 鹿怀清等:陕西省岐山县董家村西周铜器窖穴发掘简报,《文物》,1976年第5期。

③ 刘启益:征氏家族铜器与西周铜器断代,《考古》,1978年第5期。

④ 藪内清,殷历に関する二、三の問題,《东洋史研究》,十五卷第2号,1956。

学上进行探讨已得到过这个结论。并进而认为初吉和既望是代表新月和满月的名词。我们这里没有举既望的例子。在表2-4比较可能的选择中(注\*号),可看出初吉是有可能代表新月的(稍有点勉强)。综合再多的西周金文中的月相资料一并讨论,可看出初吉、既望可能也不是仅代表新月和满月的定点月相。初吉很可能就是初干吉日,既望的含义比满月要扩大一些。

表 2-4

共王时铜器	年月日月相资料		*			*			
卫 盂	三年三月 既生霸 壬寅	十二	十四	十七、十八	十八、十九	望(十五)	朔(初一)	二十一、二十二	朏(初三)
卫 鼎(甲)	五年正月 初 吉 庚戌	朔(初一)	朏(初三)	初 六	初 七	初 四	十九、廿	初 九	廿 一
卫 鼎(乙)	九年正月 既死霸 庚辰	廿 四	廿 六	晦	朔	廿 七	十 二	朏(初三)	十六
越 曹 鼎	十五年五月 既生霸 壬午	初 二	初 四	初 八	初九、十	初 六	廿二、廿三	十二、十三	廿 三

表 2-4 (续)

懿王时铜器	年月日月相资料		*	
师 晨 鼎	三年三月 初 吉 甲戌	朏(初三)		十六
疾 盃	四年二月 既生霸 戊戌	初 二		望(十五)
谏 殷	五年三月 初 吉 庚寅	朔(初一)		十三、十四

西周初年可能还是以朏(新月)为月首。《诗·小雅》十月篇有:

十月之交,朔日辛卯,日有食之,亦孔之丑。……彼月而食,则维其常;此日而食,为何不臧。

这是中国典籍上朔日的最早出现(紧接这以后,春秋时代就是以朔日作为月首了)。这首诗作于公元前七、八世纪。这里面所记下来的日食和月食,古今中外许多学者做了考证。有的认为是发生在周幽王六年十月辛卯朔日的日食及九月望日的日食,化为儒略历应为公元前776年9月6日和8月21日;也有人认为指的是平王三十六年,公元前735年11月30日的这次日食,在其前有着频繁的月食出现。看来后者是可靠的,因为前者在中国看不到。从这首诗里我们还清楚看出,至少在公元前八世纪历法已能给出朔日。认识朔,并由诗中所说的“彼月而食,则维其常”。似乎当时已以月食为常会发生的现象。由此可以说明当时对日月的运动已有了相当的认识,这是天文历法史上的一个很大的进步。中国典籍上记载着,在周代,告朔(预告初一)是一种典礼。国君每月告朔于庙,并有祭,叫做朝享。自鲁文公时才不到太庙去朝享了,但每月还是照常用生羊祭太庙。从这里也可看出,很可能中国的历法是在公元前七、八世纪将月首从新月改到朔的。

在《逸周书》中也记录了一次月食:佳三十有五祀……正月丙子拜望,食无时……。这次月食可能是指公元前1065年3月13日凌晨1<sup>h</sup>04<sup>m</sup>到4<sup>h</sup>57<sup>m</sup>的那次月全食。

《诗经》是我国最早的一本诗歌集。在它的春秋以前的篇章里已有不少天象记载。如上述的《诗·十月之交》记的是日食;“子兴视夜,明星有烂”。“东有启明,西有长庚”。

记的是金星及它的运动：“定之方中，作于楚宫。揆之以日，作于楚室”，“七月流火，九月授衣。”“月离于毕，俾滂沱矣。”记的都是当时劳动人民在生产、生活中所积累的观天的一些经验。《诗·大雅·公刘》篇中的“既累迺冈”。郑玄释为“以日影定其径界于山之脊”。这篇诗的写作时代大概在周初，记的是周的祖先公刘已在利用观测日景来决定南北方向。诗经中谈到恒星的篇章很多，二十八宿的星名见于诗经的已有：火(心)、箕、定(室壁)、昴(即鬲)、毕、参等宿。此外还有天汉、北斗、牵牛、织女等星象的记载。

“定之方中，作于楚宫。”定星四星中心在西周时赤经约为 $21^{\circ}$ 左右，于立冬前后初昏时南中，这时农事基本结束，天气还不太冷，可以从事土木建筑，所以定星后来又有营室(盖房子)之称。“嘒彼小星，三五在东。”“嘒彼小星，维参与昴。”参昴于初昏时见于东方，在西周时为仲冬之月的星象。古代人们是很重视观测天象的。

一年四季、寒来暑往与太阳的视运动有密切关系。但日光很强，太阳处在什么星座，无法直接看到。开始只能通过观测昏旦星象来间接地推出太阳的位置。如《夏小正》所说的“九月内火，辰系于日”。月亮就不同了，满月的亮度也只有太阳的五十万分之一，而且月相有盈亏，所以很容易看出月亮所在的星宿。参酌月亮位置就可以推出太阳的所在。前面已经论述，至少在公元前七、八世纪已能预告朔日，说明此时对日月的运动应已有了一定的认识。因此可由月亮的位置来推出每月太阳的大致位置。月亮在恒星间的运动的周期是27.32天(恒星月)，于是古人把赤道附近的天空分成二十八份，这就是二十八宿。(取二十八，是由于它既近于恒星月的日数又可被四除尽便于分成东西南北四个区域)，月日行一宿，约27天多又回到原来的位置，故取二十八为月之宿舍之数。二十八宿的形成是由观测昏旦星象、间接推出太阳位置来定时节发展而来的，因而保留了一部分离赤道较远而自古为观象授时所用的几个主要星象。二十八宿及现有的这些名称是经过历史上多年的演变而逐渐完整定型的。二十八宿的形成与观象授时时所取星象是相承的，不能把它们分开。夏鼐同志考证我国二十八宿成为体系，大约在公元前七世纪左右，可肯定源于中国。<sup>①</sup>

① 夏鼐：从宣化辽墓的星图论二十八宿和黄道十二宫，《考古学报》，1978年第2期。

### 第三章 从春秋战国到明末的天文学概况

在上一章中我们介绍了由原始社会到奴隶社会我国天文学的萌芽和成长。在随后的两千多年封建社会中,我国天文学得到了高度的发展,取得了辉煌的成就,形成了一个独立的体系。由于所介绍的内容比较丰富,我们准备按照古代天文学所研究的问题,分门别类地加以叙述。在介绍这些具体成就之前,首先应当向读者介绍一下封建社会中天文学发展的概况,以使读者有一个总的印象。需要说明的是从明末到鸦片战争之前,我国社会仍然是一个封建社会。但是由于历史条件的关系,我国天文学发展到明末发生了很大的变化。关于这些情况,我们将专辟一章来介绍,在本章里就不叙述了。

由于本章介绍的是综合各门类的情况,许多具体问题就不能详叙,这是为了避免和后面各章过多的重复。因此,本章只是一个索引性的一章,这一点希望读者注意。

#### 一、春秋战国时期 (公元前770—公元前221年)

春秋战国时期生产力得到了比西周时期远为广阔的发展。铁器的广泛使用标志着这一时期社会生产力发展的一个飞跃。铁农具和其他铁生产工具的推广大大提高了劳动生产率。在这一时期内兴办了许多大型的水利工程,例如著名的都江堰等。耕地面积也急剧增加,又开始使用耕牛,耕作方法也得到很大改进。因此,农业生产在这一时期里有了很大的发展,当时有耕田之利十倍的说法。

农业生产发展的需要,对天文学形成了强大的推动力。以春秋后期出现的四分历——一种回归年长度为365.25日,并用十九年七闰为闰周的历法——为代表,标志着历法已经摆脱了对观象授时的依赖而进入了比较成熟的时期。也就是说,人们可以根据已经掌握的天文规律来预推未来的历法而不致发生悬殊的误差。孟子说的“千岁之日至可坐而致也”,就是反映的这个事实。制定于战国时期的古六历中已包含了节气的概念,即把一个回归年均匀地分作若干等分,每一分占用气候状况、生物生态特征和农业生产的特征来标志它。这样就能使传统的阴阳合历更好地反映一年中太阳位置的变化,为农业生产服务。

从长时期的观象授时经验中,人们已经能觉察到太阳在星空间的位置是在不断变化的。要制定精确的历法,就应当观测太阳、月亮在星空间的运动。于是,首先,作为量度日、月运动的相对标志——二十八宿开始建立,并在春秋战国时代渐趋成熟。赤道坐标系和用来量度天体坐标位置的赤道式仪器也在这个时期发展起来,在这个基础上出现了象甘德(楚人)、石申(一作石申夫,魏人)那样的著名天文学家。他们对于五星的运行周期及顺行、逆行现象有了一定的认识。石申的《天文星占》中已经有了二十八宿距星的距度等坐标位置值。天体测量学在这一时期打下了坚实的基础。

科学是一种革命的力量。发展农业生产需要天文学,进行思想斗争也需要天文学。有些进步的思想家为了论证变法革新的合理性,就积极利用劳动人民长期积累的天文学

成果对天命论进行了斗争。这就为天文学的发展扫除了一定的思想障碍。这里最典型的例子是荀子。

荀子在《荀子》一书中有一篇《天论》。他提出了“天行有常，不为尧存，不为桀亡”的观点，认为天的运动有它的规律性。所谓：

“星坠木鸣，……日月有蚀，风雨之不时，怪星之党见，是无世而不常有之。”

它们都是“天地之变，阴阳之化”的自然结果，根本不是天有意志，行赏罚的缘故。所以荀子要人们“明于天人之分”。不但如此，还进而要人们“制天命而用之”，公开鼓吹人们应该利用自然规律来为自己服务。荀子的观点充分反映了新兴地主阶级对革新社会制度和发展的强烈要求。总的说来，在取代奴隶主阶级的革命斗争中，新兴地主阶级曾经和天命论作过一定的斗争，从而在一定程度上为天文学的发展开辟过道路。只有承认天文现象是有客观规律性的，这个规律性是能够被认识并被人们所利用的，人们才能自觉地去进行天文学研究并把它更快地推向前进。

春秋战国时期百家齐鸣，各个学派之间不断展开学术争论。在这种争论中，各家为了展示自己学术观点的权威性和普遍有效性，常常要涉及各种有关宇宙的问题。这一点也并不奇怪，因为宇宙观总是一切学术观点的基础。但这样一来却促进了天文学理论在这一时期有了格外的发展。除了上述关于天有没有意志、天文现象有没有规律性等等的问题之外，这一时期还深入到宇宙本原、宇宙结构和天体演化等重大理论问题。关于宇宙本原的元气说；关于宇宙结构的盖天说、浑天说；关于天体演化的思想等都在这一时期产生。它们给后世宇宙论的发展以深刻的影响。

从孔子作《春秋》开始，我国的史籍形成了记载重要天文现象的传统。仅《春秋》一书中就载有丰富的日食记录，有关于哈雷彗星的早期记录，还有关于流星雨、陨石等等的记录。这些古代天象记录常常为当代天文学的研究提供重要的资料。

## 二、秦汉时期（公元前221—公元219年）

公元前221年秦始皇统一中国，结束了长期诸侯割据的分裂局面，建立了历史上第一个统一的多民族的封建专制国家。

秦始皇的统一对中国的历史发展是一个很大的进步。他废除了分封制，建立了郡县制；统一货币、度量衡；统一文字和车轨；修筑驰道，发展交通。这些措施都加强了中国各个地区之间的交流和联系。与此同时，秦始皇也曾注意到兴修水利，发展农业生产，使封建经济得到了发展。在各种加强统一的措施中，对与农业生产有密切关系的历法也进行了统一，编制、颁行了比较密近的颛顼历，从而消除了春秋战国以来各地区历法不同的现象。这既有利于国家的统一，又有利于农业生产的发展。

秦始皇的统一虽有进步意义，但是作为一个封建专制政权，秦王朝的统治和剥削是极其残酷的。秦二世登位后变本加厉地对人民进行压榨和掠夺，国内阶级矛盾更加激化。终于爆发了陈胜、吴广的农民大起义，推翻了秦王朝。经过几年的战争，起自民间的刘邦集团夺得了胜利果实，重新建立了统一的封建王朝——汉王朝。从汉初到汉武帝的百余年间是西汉封建社会发展、繁荣的时期。农业、手工业和商业都空前发展。人民的辛勤劳动造成了西汉文化和科学的发达。

反映在天文学上,这一时期有了许多进步。从长沙马王堆汉墓发掘出来的帛书《五星占》和《云气星象杂占》就充分显示了这一点。对金星、木星、土星的会合周期已定得相当准确。例如,金星会合周期的误差只有半天。对彗星的描绘也表明了当时对天体观测的细致。例如,描绘出了多彗尾、不同曲率的彗尾及彗头中的核等等。

太初元年(公元前104年)制定太初历的工作是这一时期天文学发展的高峰和总结。

随着社会经济的发展,汉武帝积极开展了反对地方封建势力的斗争,并努力击破匈奴族对中原农业地区的劫掠战争,以加强国家的统一和中央集权。和地主阶级的政治需要相适应,在思想、文化上就有董仲舒“罢黜百家,独尊儒术”政策的提出。而历法的改革则除了有其客观因素——汉初沿用的秦颛顼历经多年的积累,误差已比较显著,同时也是为了加强汉武帝的统治地位,以表明他是“受命于天也”。<sup>①</sup>正因为地主阶级有这样明确的政治目的,所以西汉统治集团才乐于花很大力量来制定仪器,进行测量,并征召二十多位民间天文学家共同工作。

改历中曾收集了七、八家历法。最后选定用邓平的八十一分律历。这部历法是中国历法史上比较重要的一部,它已具备了后世历法的各项主要内容,如节气、朔晦、闰法、五星、交食周期等等。

在改历过程中,来自四川的民间天文家落下闳改进了赤道装置,其基本结构除了没有黄道圈外,已和后世的浑仪结构大体相同。

太初历确定后二十多年,有的人出来反对,于是引起了学术争论。这次争论长达三年之久。在争论中进行了反复的观测和比较,证明了太初历比古六历较为符合天象。通过这场争论推动了经常的天象观测,并且形成了以观测为检验历法标准的优良传统。这些记录的积累又为以后天文学的进步提供了资料。

太初历以后,天文学仍继续前进。汉宣帝时的大司农中丞耿寿昌曾经长期观测过日、月运动。由此他发现了日、月运动按赤道度数计算的不均匀性,这种不均匀性的原因是日、月沿着或大体沿着黄道运动,而黄道与赤道有一相当大的交角。就在耿寿昌前不久,民间已有天文家开始用黄道度数来计量日、月的运动和位置。这些工作为东汉以后历法的进步创造了条件。

耿寿昌还创作了浑象——一种类似天球仪的仪器——它既有利于浑天说的宣传,又成为后世进行黄道度数和赤道度数互换计算的一种辅助工具。

汉武帝以后,尤其是公元前一世纪中以后,土地兼并越来越厉害。政治腐败,赋役加重。农民大批破产,被夺去了土地。社会阶级矛盾激化,不时发生农民起义,西汉封建政权摇摇欲坠。于是,地主阶级求救于宗教神学。宗教预言性的“谶”。把经学神学化的“纬”在地主阶级的倡导下盛行起来。这些东西假借“天命”,编造天的启示,以延缓刘家王朝的寿命。然而,纬书中有时也夹有一些重要的天文学材料(如关于地动说的材料等)。这种看来矛盾的现象,实质反映了西汉前期天文学的发达,以至纬书也不得不引述它的某些结果。这正好象今天的基督教会也要举办天文台,歪曲引述天文学的最新成果一样。

刘家王朝企图利用谶纬,上层统治集团中的政治野心家王莽也可以利用谶纬等宗教神学来篡夺政权。地主阶级曾把希望寄托在这个掌握实权的外戚身上,幻想王莽搞些复古改制,能挽救他们的命运。曾经当过王莽国师的刘歆就是在这样的背景下把董仲舒宣

<sup>①</sup> 《汉书·律历志上》。



扬的三统说附会到太初历上去。编成了《三统历谱》，并把太初历的数据来源进一步予以神秘化。刘歆把历法服务于封建统治阶级的反动政治需要，这就不能不牺牲历法的科学性，从而阻碍了天文历法的进步。

王莽的托古改制不但不能消除西汉统治阶级的危机，反而加速了这个危机的到来。在他篡位后不久，爆发了大规模的农民起义。王莽政权倒台。宗室刘秀夺取了农民起义的胜利果实，建立了东汉王朝。

农民起义沉重打击了封建统治。东汉初年的封建政府基于王莽复灭的教训，执行了一些诸如开垦、屯田、释放部分奴隶等等的措施，有利于经济的恢复和发展。东汉初年进行了修治黄河、开汴渠、修塘坡等大型水利工程；垦田面积逐年增加，南方地区也逐渐开发。生产的发展与技术的提高互相促进。水力工具如水力鼓风机、水排、水碓、水车等先后发明。齿轮等传动机械也有了很大发展。这样的技术条件，使天文仪器的制造有了重要的进展。

汉和帝永元十五年（公元103年）在西汉民间天文家发明的基础上所创造的太史黄道铜仪和其后大天文学家张衡所发明的漏水浑天仪都是东汉最重要的仪器创作。张衡的浑天仪用传动机械和漏壶相联接，成了我国水运仪象传统的首创者。这种能随天转动的浑天仪把浑天说加以形象化，对浑天说的传播有很大的影响。

太初历的朔望月、回归年都较实际数据为大。施行百余年之后历法比实际天象落后的形势越来越显著。东汉章帝时，治历编訢、李梵改革历法，得到颁行，这就是后汉四分历。四分历根据实际天象对太初历作了许多改进，特别是，它采用民间天文学家开创的方法，使用黄道度数来计算日、月的运动和位置。

在编写过程中，李梵和另一个天文学家苏统，根据历代史官的记载，发现了月亮运动速度有迟、疾的现象，并且发现了月行最快的那个位置本身也是在不断前进的<sup>①</sup>。但是，他们还没有引进到历法中去。到东汉末年，刘洪编乾象历，才更进一步确定近点月的周期和每天的月实行度数，并引入到历法计算中去。由此，在朔、望和交食的计算方面等，大大提高了一步。此外，乾象历中的定朔算法也是后世定朔算法的发展基础。

东汉时代，宗教神学仍然受到统治阶级的大力提倡。纬书的地位几乎抬到和经书一样高，而经学的研究、解释也更进一步宗教化、神学化。在汉章帝召集主持的会议讨论下写成的《白虎通义》一书就是经学神学化的典型。这本书把当时的封建政治制度和道德观念作了神学的解释，把自然界的现象和封建社会秩序更紧密地结合起来。《白虎通义》把天人感应的思想发挥得淋漓尽致，甚至弄得成了自然规律之所以如此是完全为了说明地上封建制度的合理性<sup>②</sup>。在这种思想支配下真正自然规律的研究就完全不可能了。在东汉最高统治集团的推行下，谶纬迷信泛滥一时。

然而，这股猖獗的神学逆流受到了进步思想家和科学家的反对。西汉末、东汉初的思想家桓谭就曾当着东汉光武帝刘秀的面批判图谶不符合儒家经典。他因而受到刘秀的惩罚，被贬了官，死于途中。桓谭之后有唯物主义思想家王充起来批判谶纬，批判神学目的论。他指出，天是自然的气，没有口、目，也就没有口、目的欲望，当然更不会有什么意志。

① 这就是现代天文学中所谓的月亮轨道近地点的进动。

② 例如，《白虎通义》把“日行迟，月行疾”的自然现象说成是“君舒臣劳”，是符合上天意志的。又如，它认为“天左旋，日月五行右行”的原因是“日月五星比天为阴，故右行。右行者，犹臣对君也。”

万物都是自然存在的,不是什么天的意志的结果。以日食为例,王充特别说明日食是按一定规律出现的,有力地批判了把日食说成是上天对人间政治得失的警告等反动谬论。王充的这些批判是有利于天文学的发展的。大天文学家张衡也坚持这条路线。他曾向皇帝进言,“宜收藏图讖,一禁绝之”。张衡在解释月亮圆缺和月食等现象,在对宇宙的结构和天体的运动乃至推测宇宙无限性等理论问题上作出了重大的贡献,其所以能如此,是和他坚持朴素唯物主义的自然观密切相关的。

由于天文学本身的进展,以及进步思想家和天文学家反对谶纬等宗教神学的尖锐斗争,使得在两汉时期,天文学理论也取得了重大的成就。中国古代最重要的三家宇宙理论——盖天说、浑天说和宣夜说都在两汉时期有重大的发展。起源于先秦的盖天说在公元前一世纪成书的《周髀算经》中完成了它的数学模型。但由此,它的内在矛盾也就得到了充分的暴露。随着天体球面坐标测量的进展,随着浑仪、浑象等天文仪器的发展,浑天说的数学模型至迟于公元前一世纪即告建立,虽然把它反映在文献中要晚到东汉以后。与此同时,由于汉代天文学家对日、月、五星运动规律的认识日益深化和对日食现象的本质的发现,使有的人对浑、盖两家硬壳式的天的概念产生了怀疑,由此产生了宣夜说。现在传世的有关论述是东汉时代的天文学家郗萌传下来的。宣夜说否定了有形质的天,展示了一个无限的宇宙空间。

古代天体演化学说史上比较系统的理论也首见于两汉。《淮南子·天文训》和张衡《灵宪》中的学说虽然从宇宙本原来说是唯心的,是一种从虚无中创生的思想。不过它们主张从元气分离成清、浊二气,这二气分别形成上天、下地,（《淮南子·天文训》）或外天、内地（《灵宪》）。这种认为宇宙有变化的思想,应该肯定有它的积极意义。<sup>①</sup>它们后来曾长期贯串于中国的思想界。一些唯物主义哲学家的功绩则主要是改造了它们的虚无创生论,而对它们的朴素的辩证思想却加以继承和发扬。

### 三、魏晋南北朝时期（公元220—589年）

公元184年,爆发了黄巾大起义。起义农民摧毁了东汉王朝的统治基础。虽然起义在豪强地主武装夹击下失败了,但是东汉王朝也就此没落。经过了几十年的军阀混战,形成了魏、蜀、吴三国鼎立的局面。

魏国奠基于曹操。曹操统一了广大的北方地区。他采取的屯田制度和其它措施,对恢复已到了崩溃边缘的农业经济是有效的。吴国则统一了广大的江南地区,对开发南方也是下了功夫的。魏、吴两国的经济力量都有所恢复、发展。蜀国对统一和开发我国的西南地区也作了努力,但究因地窄人少,原来的经济基础较差,加之连年用兵,经济力量就不易恢复和发展。

反映在科学、文化方面,经济力量最强大的魏有多种机械发明。马钧创造的翻车就是一种比较省力而效率较高的灌溉农具。在天文学上,由于魏继承了东汉政权,因而在天文仪器和天文记录方面得到了不少方便。于是,魏明帝景初元年(公元237年)有尚书郎

<sup>①</sup> 我们在后面第八章《宇宙理论的演进》中提及了它们的虚无创生论思想,把它们归入到了唯心主义的阵营,但这不等于我们主张全盘否定《淮南子·天文训》和《灵宪》中的天体演化思想。细心的读者会在第八章有关的开头就体会到,我们是肯定它的天体演化思想的。

杨伟创制景初历。景初历在预推日、月食方面比四分历和乾象历都更进一步，并首先提出了计算日食食分的方法。

吴国实行的是刘洪创制的乾象历。这部优秀的历法被冷遇了四十多年之后终于得到了颁行。吴国地处沿海，海洋事业颇为发展，而航海需要观测天象以定方向。吴国的天文学家曾多次制造了浑象，这正反映了当时推广天文观星知识的需要。把石氏、甘氏、巫咸三家所命名的星官总括成一个 283 官、1464 星的星座体系，并著于图录的也正是吴国的太史令陈卓。陈卓的星座体系一直沿用了一千多年，直到明末清初才在陈卓的基础上有新的发展。

蜀国以继承东汉正统自居，仍旧使用四分历。除了异常天象的监视外，蜀在天文学方面的贡献是很少的。

经四、五十年的相持，魏灭掉了蜀。魏的政权又为它的大臣司马炎所夺取。司马炎建立了西晋王朝(公元 265 年)，并于公元 280 年终于灭了吴，统一全国。可是，由于统治集团的内部斗争，以及随之而起的民族矛盾的激化，西晋王朝建立不到六十年即告崩溃。司马氏逃到江南，建立了东晋王朝(公元 317 年)。而北方则建立了许多少数民族贵族统治的政权。东晋王朝又相继为宋、齐、梁、陈各王朝所取代。北方则经过长期混战，到北魏曾暂时统一。其后经过百年左右，又复分裂为东魏、西魏，并分别为北齐、北周所取代。这种南北分裂的局面，直到公元 589 年才告结束。在这一年，取代北周、统一了北方的隋文帝杨坚灭了南方的陈王朝，中国重新统一起来。

在这二、三百年中，中国处于严重的分裂状态。各民族的统治者在北方混战，北方原来比较发达的经济、文化必然要受到很大的破坏。但是，事物也有另外的一面。在这段史称南北朝的时期中北方的各少数民族和汉族长期混居在一起。这些原来还处于原始公社末期或奴隶制阶段的少数民族，接受了汉族较高级的封建生产方式和文化。各少数民族和汉族在这时期中很快融合起来。在各族劳动人民的共同斗争下，北方的农业和手工业虽然遭受了严重的战争破坏，但在相对统一和战争间隙期间，仍然能有所恢复和前进。在南方，由于北方具有较高生产技术的劳动人民也大量南迁，把北方的先进生产技术和南方的水田种植经验结合起来，促进了南方农业生产力的发展。广大江南地区得到了进一步的开发。原来基础较差于北方的冶铸业也有发展。总的说来，在侯景之乱(公元 548~552 年)以前，江南地区的经济在上升。

这一时期的天文学仍然不断在发展着。这是因为中国古代天文学是以历法为中心的。而中国的历法正是生产和政治生活中不可缺少的一部分。中国古代天文学又以异常天象的监视为另一项重要内容，而迷信思想、天人感应论正是古代封建社会的统治思想。因此，尽管战争频繁，各个局部政权在它统治相对稳定的时候都相当注意天文历法问题。

例如，匈奴族统治的前赵有史官丞孔挺制造了浑天铜仪(公元 323 年)，这是第一架留下详细结构的浑仪。羌族统治的后秦，有天文学家姜岌编制了三纪甲子元历(公元 384 年)，并提出了用月食来测定太阳所在位置的方法。北凉的赵歆造元始历(公元 412 年)，其中首先打破了十九年七闰的旧框框，改用六百年二百一十一闰的闰周。

从北魏初到北周末的一个半世纪中，正式改历共六次。但据历史记载，修订历法者有十多家。这些历法虽然创造不多，却表明了少数民族和汉族在文化上的密切融合。

民族融合的另一表现是，北朝各个政权大都采取了汉族的制度，设太史令，把天文历法作为一项不可缺少的工作。

北朝在历法上的创造虽然不多，但是在仪器和观测方面却有些重要成就。北魏永兴四年（公元412年）都匠斛兰制造了一架铁的浑仪<sup>①</sup>。在这个仪器上装有十字水平，以检查仪器的平准。仪器虽然是铁的，却一直使用到唐初李淳风的时代，在积累天文观测资料方面起了重要的作用。这也是北朝钢铁技术进步的一个反映。北齐初另一位天文数学家信都芳曾把历史上著名的科学仪器如浑天仪、地动仪、铜乌、漏刻等画出它们的构造图，并加以说明。这是中国最早的一部科学仪器专著。最重要的工作是北齐人张子信做出的。他在海岛上潜心观测三十多年，得到了几项重大发现：日和五星的运动都是不均匀的。合朔时月在黄道南或北会影响到日食是否发生；月食则没有这种现象，只要月望发生在交点附近就有月食，等等。这些发现导致后来隋唐的历法发生质的飞跃。

南朝由于经济的上升，而且，掌握较高文化的北方学者纷纷南迁，因此，它的文化发展是条件较好的。从东晋到梁武帝时代，南方出现了不少科学家，其中有葛洪、虞喜、何承天、祖冲之、钱乐之、祖暅、陶宏景等等。他们都精通天文历法，并且有几个还做出了重要的贡献。

例如，虞喜发现岁差。何承天创立调日法，倡议用定朔注历；实测表影长度以定节气。祖冲之把岁差引进历法，提出了更精确的闰周，定出了相当精确的交点月和五星会合周期，等等。

南朝没有制造过大型的铜浑仪<sup>②</sup>。南朝的天文测量成就主要是圭表测影。何承天、祖冲之、祖暅等人在圭表利用方面都有一定成就。何承天以测景考校冬至日和夏至日，发现当时历法所定已差三日有余。祖冲之发明了测景定冬至时刻的新方法，这方法一直沿用到明清时代。祖暅用多表求南北子午方向的办法，虽然不切实用，却也是他重视圭表使用的一个反映。

可是在另一方面，水运浑象的制造，在南朝却很多。这是过去（孙）吴国仪器制造传统的继承和发展。它也是江南水力工具发展的一个反映。

整个魏晋南北朝时期，由于阶级斗争和民族斗争的激烈，反映在思想领域里的斗争也是很尖锐的。魏晋时期有玄学和反玄学的斗争，南北朝时期有佛教和反佛教的斗争。由于尖锐的思想斗争，也由于国家当时处于分裂状态，封建统治阶级难以建立强有力的思想控制，因此，在这一时期天文学理论的研究仍有所前进。

魏晋南北朝时期在天文学理论方面是西汉时期争论的继续。从陆绩、王蕃到葛洪、何承天、祖冲之父子都主张浑天说，表明了浑天说在天文学家中逐渐取得了优势。盖天说在东汉以后已明显处于劣势。但是南朝的梁武帝却大力宣传盖天说。其原因是盖天说和佛经中所说的宇宙结构基本一致。宣传盖天说是为了宣传佛教。宣夜说在魏晋仍有反映。吴晋之交的唯物主义哲学家杨泉认为天是元气，皓然而已，没有别的。东晋的学者虞喜提

① 斛兰，据《新唐书·天文志》所引，《旧唐书·天文志》作“解兰”。

② 为什么没有制造大型铜浑仪？这个原因还不很清楚。很难设想司马氏逃往江南时会把这种笨重难移的东西带了走。因此，南朝应该有制造浑仪的需要。可是却终究没有制造。一个可能的原因是，因为这种工作需要大量的铜，而当时的江南似乎铜比较缺，就连供应铸造钱而用的铜有时都会发生困难。因此，当时的钱币质量很低劣。至梁代，不得不改铸铁钱。因此，很可能当时太史令使用的不过是简易的木质浑仪或轻小的铜浑仪。这种仪器不是国家的宝器，所以历史也就不记载了。

出安天论,也对宣夜说有发挥。另外,《列子·天瑞篇》中论述了一种认为日、月、星宿都是发光的气的思想,则更是对宣夜说的一种发展了。

#### 四、隋唐五代时期(公元581—960年)

公元581年北周大臣杨坚夺取了政权,建立隋王朝。公元589年隋文帝杨坚平了江南的陈王朝,中国复归统一。国家的统一促进了南北两大经济区域的交流。贸易发展,文化传播都具有更良好的条件,而这,又反过来促进了社会生产力的发展。

天文学的发展也反映了国家统一、南北交流的促进作用。例如,天文学家刘焯在编撰皇极历时吸取了北齐张子信对日、月、五星的三十多年观测结果,接受了南朝何承天的定朔概念和祖冲之的测景定冬至法。南方的科学家耿询和北方的发明家宇文愷合作,根据北魏道士李兰的设计,制造了用来测定时刻的称水漏器。前北周的太史令庾季才和来自陈朝的天文学家周冢合作,根据刘宋钱乐之所作的浑天象及南、北各代遗留下来的官、私星图,加以校刊,绘出了陈卓以来一幅较好而完备的星图。

然而隋代的天文学并未发展到应有的高度。隋文帝在夺取政权的过程中利用了星占、谶纬之类的迷信。隋初用的开皇历便是帮助杨坚夺权的星占家、道士张宾所作的。因此,尽管他的历法不准确,杨坚却仍然竭力庇护他。刘孝孙、刘焯等人曾对张宾及因阿附张宾而当上太史令的刘暉进行过坚决的斗争,但在专制帝王的压制下归于失败。只是在张宾死后,天文学家张胄玄也使用星占术吹捧杨坚,才使他的历法取代开皇历而颁行。张胄玄也引进一个天文、星占家袁充,互相吹捧、勾结,而对刘焯进行排斥,使刘焯的皇极历不能颁行。封建官吏为了自己的利益而阻挠科学的进步,张宾、张胄玄就是两个这样的典型。

杨坚的次子杨广即位后极度残酷地剥削和奴役人民,因此,很快就暴发了全国规模的农民大起义,推翻了腐朽的隋王朝。公元618年建立了唐王朝。从唐初到安、史之乱以前,是一个较长的发展时期。多民族的、统一的唐王朝是当时世界上高度文明的、富强的 大国之一。

就天文学来讲,从贞观到麟德年间(公元627~665年)和开元年间(公元713~741年)是两个最发展的时期。其中贞观到麟德时期,社会生产正处在恢复和开始上升的阶段。反映在天文学上,主要是继承和总结了前人的成就,并加以正式应用,创造性的成就还不太多。到了开元时代,经济和文化发展到一个新的高峰,中国的天文学也产生了一系列新的创造。

贞观-麟德时代的主要工作是李淳风铸浑天黄道仪,撰《法象志》和制定麟德历。《法象志》总结和分析了古代浑仪和北魏铁仪,介绍了浑天黄道仪的结构。麟德历则是继承了何承天、祖冲之和刘焯三家对于历法的贡献而制定的。刘焯的许多卓越创造至此得到了全面的继承和发展。

开元时代的天文学成就很多。主要有一行编制大衍历和进行恒星位置的重新测定、南宫说等人进行的全国十一个地点的天文大地测量。梁令瓚等人的天文仪器制造等等。南富说等人的测量规模颇大。这反映了唐代的强盛和经济力量的发展。一行根据他们在今河南省四个地点的观测,归算出南北两地相距三百五十一里八十步,两地的北极出地高

度相差一度。这个数据就是地球子午线的一度的长度。他的误差虽大些,但却是世界上第一次的子午线长度实测。梁令瓚等设计的水运浑天俯视图<sup>①</sup>是张衡以来水运浑天仪的发展。它具有自动报时装置,可以说是一种自鸣钟。恩格斯在指出历史上的重要发明时,曾把欧洲于十三世纪后半期发明的自鸣钟作为其中的一项。而我国在第八世纪上半期就有了类似的发明。这说明了唐代在天文学和机械制造技术以及水力利用方面都已有相当高度的发展。梁令瓚等设计制造的黄道游仪也是一架重要的测天仪器。在使用先进的天文仪器测量的基础上一行发现了恒星位置的今古变化,并为他的历法工作获得新的科学数据,使他的大衍历能够成为古代的优秀历法之一。

唐王朝的兴盛,促进了中国与外国的交流。印度的天文历法在这时传入了中国,也有不少印度天文工作者移居中国。尽管唐代的天文历法有了高度的发展,中国学者仍然对印度的天文历法进行了研究,吸取了其中一些可以借鉴的东西。中国对来华的印度天文工作者给以很大的尊重,他们当中许多人在当时的中央天文机构——司天台任负责工作。<sup>②</sup>著名的《开元占经》一书就是移居中国的印度天文学家的后裔瞿昙悉达所编的。该书总汇了中国历代大量的天文知识。许多汉或汉以前的天文典籍靠这部书才得以留传下来。唐代的历法也传入了朝鲜和日本,对朝鲜和日本两国天文历法的工作有着良好的影响。

唐代天文学的发达还表现在它的普及上。丹元子的《步天歌》就是为了适应初学者学习认星的需要而编的。简单的几句诗歌将全天283官的名称、星数和位置作了形象的描述。唐代的许多墓葬中都有示意的或科学的星图,这是反映天文学普及的又一个侧面。

唐王朝的强盛中也发展着社会的危机。封建统治集团骄奢淫佚,对人民的剥削越来越重。统治集团内部的争夺也加剧了。安史之乱(公元755~763年)就是这种争夺的一次大爆发。叛乱虽然被平定,但唐政权也就此衰落,藩镇割据开始形成。只是由于战争期间北方人口又一次大量南迁,人民进一步开发了江淮以南地区。唐政权主要依靠着对江淮地区的剥削来维持自己的统治。

中唐以后,天文学的发展势头也顿然改观。象开元年间那样大规模的创造活动已不可能再有。只是在历法工作方面还有缓慢的进展。穆宗长庆二年(公元822年)颁行的宣明历和昭宗景福元年(公元892年)颁行的崇玄历,都能在大衍历的基础上有所发明。宣明历改进了月亮运动的数据,提出了日食三差的计算方法。崇玄历则改进了五星运动的计算方法。

中唐以后出现了流传于民间的历法。最著名的是公元780~783年间出现的曹士秀的符天历。在中国,历法本是封建统治权的象征之一。一般是不许可各地颁行与中央不同的历法的。但是,由于当时藩镇割据,中央的历书已不可能遍及全国。而人民的生产、生活又必须历书。因此,民间自己编历的要求自然被提了出来。另一方面,雕版印刷术在唐代已开始各地流传。这就为民间历书的流通提供了物质条件。至于符天历之得以在民间流传,那是因为它废除了上元积年并以10000为天文数据的分母。这两项改革大大简化了繁重的历法计算工作。因此,尽管符天历不能得到中央司天台的采纳,却深受民间的

<sup>①</sup> 水运浑天俯视图的名称根据《旧唐书·天文志上》所载。浑天俯视图是指浑象,因为浑象上的星图好象是人站在天球外来看的,故称俯视图。

<sup>②</sup> 参见晁华山:唐代天文学家瞿昙撰墓的发现,《文物》,1978年10期。

欢迎。<sup>①</sup>

中唐以后,藩镇割据越来越严重。统治集团内部斗争也更加频繁、激烈。统治者更加残暴地掠夺人民,人民无法忍受这极端腐朽的反动统治。公元874年爆发了黄巢农民大起义。起义虽在反动势力联合绞杀下失败,但唐王朝也随之不久就崩溃了。随后形成了五代十国的几十年分裂割据。

国家虽然分裂但社会对历法的需要仍然存在。后晋、后周、蜀、南唐和闽等各个政权都编过历法。虽然这些历法大都已经失传,<sup>②</sup>但是它们得以编制这个事实表明了天文学在全国各地区得到了传播。各地也出现了一些地方和民间的天文学家。天文学的传播为北宋时代的发展准备了条件。

## 五、两宋时期 (公元960—1279年)

五代十国分裂混乱的局面破坏了生产,给人民造成更大的苦难,全国人民要求统一。后周世宗柴荣顺应这个历史要求,逐步进行消灭割据势力的斗争,为后来宋的统一事业打下了基础。他死后公元960年,后周禁军元帅赵匡胤被部下拥立为帝,建立宋王朝。经过十几年的统一战争,到宋太宗赵光义的时候终于除了北方的契丹外基本统一了中国,重建了中央集权的封建国家。

唐末农民大起义沉重打击了封建制度,使农民的人身依附关系大为削弱。租佃制发展起来,农民租种地主土地,向地主缴纳产品的五成或六成作为地租。农民的人身已比较自由,他们对自己的全部劳动时间已多少有权可以自行支配。这样,农民的生产积极性有所提高。随着国家的基本统一和藩镇割据的消灭,又为社会经济的恢复和发展提供了条件。于是,宋代的生产空前地发展起来了。

农业方面,由于广大农民的辛勤劳动,大力垦荒,兴修水利,特别使江南的水利灌溉系统有了很大的发展,沿海海塘也大量修筑,这就促使北宋的农业生产有很大的提高。在手工业方面,出现了成千上万雇佣工人的大手工业作坊。在矿冶、铸造、机械这样的生产部门,技术有很大的提高,产量大幅度的增长。仅举铜而言,单是北宋政府每年的税收收入就达到二千万斤以上。这反映了北宋统治者对人民剥削的深重,也反映出当时冶铜业的规模壮大和水平的提高。

劳动人民创造的雄厚的物质技术基础为宋代科学文化的高度发展提供了动力和条件。例如,对世界科学、文化的发展有重大影响如火药、指南针和活字印刷术都是在宋代完成发明过程的。

宋代生产发展在天文学上的直接影响就是促进了天文仪器的发展。宋代在大型天文仪器上的制作发明,无论在数量上或质量上都大大超过了以往任何一个时代。每架用铜二万余斤的浑仪,宋代制造了好几架,它们在结构和精度方面都比前代有所改进。其中特别如沈括设计制造的熙宁浑仪较周密地考虑了仪器安装方面的误差,开创了简化浑仪规环的设计方向等,在浑仪发展史上占有重要的一页。

宋代的水运机械钟的创造更是达到了一个新的高峰。宋初来自民间的天文家张思训

<sup>①</sup> 近有厦门大学周济等声明,曹上考是德宗时代的大中大夫。

<sup>②</sup> 仅后周王朴的钦天历有一个残本,保存在《五代史》内。

制造的太平浑仪在机械构造方面已达到了很复杂的程度。张思训采用水银代替水作动力,从而大大消除了温度对水运机械钟精度的影响。在太平浑仪的基础上由苏颂领导,韩公廉等人设计制造了水运仪象台。这是一座仪、象、钟三结合的大型仪器。其中的天关,天锁等一套机构是近代钟表中关键零件擒纵器的祖先。仪象台把浑仪和机械转动装置结合在一起,成为近代望远镜中转仪钟的始祖。台上浑仪观测室的屋顶可以自由摘脱,这是近代天文台上活动屋顶的雏形。

其他如在漏壶和圭表方面,为提高测量精度,宋代劳动人民和科学工作者也作了很多努力。

正由于这些观测仪器的精密化,就大大提高了宋代天文观测的质量,从而为宋代天文学的高度发展提供了科学实践的基础。

宋代对于天文仪器精密化所作的巨大努力反映了当时对于天文观测的重视。这种重视的原因有以下几个方面:

(i) 改历工作的需要。宋代是我国历史上改历最频繁的一个时代,平均约二十年即行修改一次。这种情况表示对历法的精确性的要求提高了。这就不能不提高对天文观测的要求。

(ii) 随着宋代经济的发展,商业和海外贸易也发展起来。航海事业兴旺发达。这对天文观测也具有促进作用。虽然指南针也正是在宋代应用于航海上,但是天文观测一直到明清时代仍然是海上导航的重要方法。

(iii) 星占迷信也是宋代统治者重视天文观测的一个动机。封建统治者利用星占术宣扬天命论,作为巩固自己统治的一个工具。北宋时代由于经常受到北方的辽(即契丹)和西夏的侵扰,国势较弱。又因北宋政府推行保护、纵容官僚地主进行土地兼并的政策,致使阶级矛盾尖锐,人民不时举行起义。在这种矛盾交迫的形势下,统治者自己也迷信于星占术。他们希望从观测到的天象中获得一些老天的“警告”和“意向”。北宋对中央天文机构——司天监的异常天象的监视工作抓得很紧。为此,北宋政府甚至在皇城之内还设立了天文机构,以考验校核司天监送来的报告。这种非常的劲头,不能不影响到对天文观测的重视。

由于以上这些原因,反映到北宋的天文观测上有如下的几个特点:

(i) 对恒星位置的观测次数特别多。北宋的一百多年间进行了五次左右的系统观测。其中特别是为历法服务的二十八宿距度的测定进行得比较细致,精密度也是日益提高。

(ii) 在行星和月亮的运动,日食和月食以及其他异常天象的记录方面极为勤恳。北宋时代给我们留下了丰富的天象记录。例如:关于1054年金牛座超新星的记录就是现代天文学研究的极为宝贵的资料。

让我们再回过头来讨论一下历法改革的问题。宋代频繁的改历,它的背后有着农业生产发展所给的推动作用。

自春秋战国以来,我国发展了一种“月令”思想。这种思想是说:在某个节气所在的月份中应该做某种一定的生产、政治和宗教活动。违背这个秩序就要受灾殃。这种思想反映了农业社会受自然季节条件支配的实质。西汉以后,和二十四节气定型的同时,月令也定型下来。它受到封建统治者和广大人民的重视。严格说来,在一定的地区农业生产



活动的日期安排应决定于气候变化。气候变化的基本因素是地球绕太阳的运动,它的表现即二十四节气。但是,其他复杂的日地关系对气候变化的影响也是很大的。一般说来,汉、唐时代的历法改革中有不少次主要并不是由于农业生产的要求,而是由于推算明显地与天象不符,甚至是由于纯粹的政治原因。可是到了宋代,象由于手工业的发展向其他科学技术提出更高的要求一样,在农业方面也提出了更精细地安排农活的要求。而在古代,农业气象预报还不发达,因此人们就自然只能以准确的历法为组织农事的标志。又由于月令思想的影响,人们不但要求得到准确的节气,也要求得到准确的朔日。<sup>①</sup>这就对太阳和月亮运动的掌握提出了高要求。北宋频繁的改历反映了这种高要求。

其实,只有纯阳历才能使节气固定,从而能更好地满足农业生产对历法的需要。这种历法在宋代也提出来了。那就是沈括的十二气历。他指出,决定月令的最根本的东西是气,由此他批评了阴阳历的根本缺陷,并论述了他自己的建议的合理性。他的建议从根本上解决了历法适应农业生产需要的问题。但是,阴阳历在千百年内已成为封建国家政治生活中不可缺少的一个部分。沈括企图彻底打破它,却只有受到封建保守势力的怪怒攻骂,而根本不可能实现。

宋代改历频繁,从另一方面看,也表现了天文学本身的进步还是不够的。各次改历大都是数据的变更和经验公式的改善,几乎没有基本理论上的改进。这样的改历,多数只是摸索。当然,试探,试验都是科学发展的一种过程。正因为有这些摸索试探过程,才能有后来元代授时历的发展高峰出现。

北宋末年,女真族在北方兴起,建立了金王朝。公元1126年金兵攻占北宋首都开封,北宋亡。公元1127年,北宋宗室赵构逃到建康(今南京),建立南宋王朝。由于广大人民和主战派将士的积极抗金,使南宋政权保持了偏安局面。

在金兵南下和宋、金对峙的初期,又有大量北方户口南迁,使南宋的劳动力大为增加。广大人民对江南地区作了进一步的开发,使南宋的经济继续得到了发展。这对于天文学的发展本应是一个有利的条件。

但是,以赵宋皇室为首的官僚大地主统治集团是一个腐朽的集团。它采取的是投降金朝,镇压农民革命的反动政策。在这套政策的统治下人民受到残酷的剥削与压迫,阶级矛盾始终很尖锐。从人民身上压榨来的血汗大部分供南宋统治集团本身的荒淫挥霍或作为对外投降缴纳的贡赋而吞蚀掉了。在这种反动政策的控制下,当然也根本不可能搞什么科学研究。一个最鲜明的事例就是,南宋一代统共只造了一架并不象样的浑仪。北宋的仪器研制传统在南宋已经被遗忘了。

当然,南宋仪器研制传统的丧失并不单是因为南宋统治集团的腐朽和政策的反动。另一个很重要的原因是北宋以来民间传习天文仪器制造知识所受到的压抑。

历代的封建统治者常常一方面利用天命论搞星占术来为巩固自己的统治服务;另一方面却也害怕别人“即以其人之道,还治其人之身”,同样利用星占术来造自己的反。因而封建统治者总是力图把天文学垄断在自己手里,严禁天文官员与外人往来,严禁民间私习天文,严禁天文图籍在民间流传。封建统治者以为垄断了天文,就是垄断了对“天意”的解释权,从而也就巩固了它自命为“代表”天来行使的统治权。公元978年,宋太宗下令:

<sup>①</sup> 这一点不难理解,中国的阴阳历中月份决定于所在的中气,如果朔日定得不准确,中气所在的月份就会有变化,按月令办事就大不相同。

“召天下伎术有能明天文者试隶司天台；匿不以闻者，罪论死。”<sup>①</sup>

次年二月，从各州送京的天文术士中考试选拔了一批进司天台，其它的黥配海岛。选中的人中现在可考的两名都是著名的仪器制造家。一名是造浑仪的韩显符，一名就是张思训。经过这样的控制镇压，使民间的天文仪器制造家日渐稀少。到了南宋，这样的人已经找不到了。南宋建立以后曾想制造浑仪，就因为遍访不到制造者而有好几年无法进行。甚至访到了苏颂的儿子，拿来了苏颂撰的《新仪象法要》，还是无济于事，连看都看不懂！最后找到了一架金人劫余的浑仪模型之类的东西，才按葫芦画瓢造了一架。这个事实从反面证明了天文学的发展是同广大人民的实践经验分不开的。离开了人民，天文学就失去了生命。

南宋在历法工作方面还有一定的发展，其所以能进展的一个重要原因是有民间历法工作者的积极活动。自唐末、五代以来在民间研究历法的大不乏人。由于历法只是研究日、月、五星的运动规律，向人们提供生产、生活所必须的年、月、日、时等的正确次序安排，与星占术没有多大关系，因而明以前的封建统治者并未禁止民间研究历法。特别在南宋时代，由于北宋的天文仪器、图书典籍都被金人运往燕都，南宋的司天监的历法工作同样处于很困难的境地。幸得有民间历法工作者这支力量的存在，才推动了南宋的历法工作得以继续发展。翻开南宋的历法史就可以看到，多少次都是由于民间历法家向司天监开展辩论和纠正，才获得历法的不断改革。正是民间历法家这种勇于改革的精神最后导致了比较进步的杨忠辅《统天历》的产生。在《统天历》里实际上废除了荒诞无用而复杂累赘的上元积年。《统天历》提出了和现行公历——格里高利历一样的回归年长度，即1年等于365.2425日。可是杨忠辅要比格里高利早了三个多世纪。《统天历》还提出了回归年有消长的概念，这也比欧洲要早得多。《统天历》的革新受到了保守势力的打击。颁行不几年，即被人攻击为“乃民间之小历，而非朝廷颁正朔、授民时之书也。”<sup>②</sup>这样，统天历的改革被压制了将近百年，直到元代的《授时历》才重新继续这些改革。

在两宋的三百多年中，中国的自然科学有着巨大的发展。这个发展在哲学研究中也自然会有反映。当时具有唯物主义倾向的思想家要利用科学来作根据。例如：王安石在驳斥天人感应论时就指出：

“天地与人了不相关。薄蚀，震摇皆有常数，不足畏忌。”<sup>③</sup>

日、月食是有规律的，这是中国天文学家长期观测、研究的实际结论。宋代的天文学家把注意力集中于改革历法上，而不是（也已经不可能）把问题推给皇帝的德行或过失这类虚假的说法上去。既然有客观规律，当然就与人事毫无关系。王安石的辩驳是很有力的。

唯心主义的哲学家也往往利用一些科学知识来宣传他们的观点。其中最突出的是理学家。理学以三纲五常这些封建伦理为核心。它是为维护封建制度服务的。理学家很爱谈宇宙问题。因为封建统治阶级在频繁的农民起义打击下感到自己的虚弱，他们需要把自己的说教和天更紧地挂起钩来。理学家把三纲五常这个理说成是永恒的宇宙本体，世界万物的根源，三纲五常是天的体现和同义语，叫做“天理”。这一来理学家的“理”就有了吓人的神圣性。同时，到宋代科学已经发展到较高的水平。理学家要和唯物主义思想

① 《宋史》卷四十八：“天文一”。

② 《宋史·律历志十五》。

③ 《司马温公传家集》卷七十五。

相抗衡,就必须歪曲科学的成果,把科学成果纳入他们的理论体系。例如:朱熹的海陆变迁说就是如此。

由于正反两方面的原因,宋代的哲学家一般地对自然现象,有较多的注意和讨论。在天文学方面,讨论得比较多的是天体的运行和天地的形成这类问题。不过,总的说来,由于这些哲学家大都不是天文学家,他们对天文学问题的讨论大部分带有思辨的性质。除了个别的例外(如张载关于地体运动的说法和朱熹关于天地形成的说法都提供了一些虽还不够科学,但却是有所前进的思想),大多数议论谈不上对天文学有什么促进。相反,那些理学家们往往求助于阴阳象数思想,因而常常把天文学搞得比较清楚的问题,重又搞得混乱不堪。例如:有不少人重又赞成日、月左旋说。<sup>①</sup>这比右旋说就是一个退步。

## 六、辽、金、元时期(公元907—1368年)

从第十世纪起,中国北部的几个民族契丹、党项和稍后的女真族在和中原地区的汉族长期斗争、接触和交流的过程中逐渐完成了从奴隶社会向封建社会的转化。他们先后建立了几个在相当长时期内比较稳定的少数民族政权:辽、西夏和金。辽、西夏和金与宋有经常的经济和文化上的交流。他们吸收了当时已高度发展了的汉族文化,建立起和宋相仿的封建政治制度。这些少数民族的发展丰富了中国民族的共同文化,其中包括天文学。辽、金两朝都建有专管天文观测和历法编算的司天监。他们有经常的天文观测工作,对于积累天象记录有着一定的贡献。

辽、金两朝先后都使用当时中原地区汉族通行的历法。其后都自行编算各自的历法,这些历法在汉族历法的基础上都有所前进。特别金大定二十一年(公元1181年)颁行的赵知微重修《大明历》。它在描述月球运动方面达到了很精密的程度,成为元代《授时历》的主要源泉之一。

公元946年辽攻占后晋首都汴京和公元1127年金攻占北宋首都汴京之后都把当时汴京的历法和天文仪器等运到自己的首都(辽迁到中京,在今辽宁省凌源附近;金迁到燕都,即今北京)。这样的搬迁对中原地区天文、历法的发展当然是不利的,但从另一方面来说,却又对我国北方地区天文、历法的发展起了一定的推动作用。

契丹、女真等民族,原来的经济、文化比较落后。契丹、女真贵族进军中原地区之初,对中原的生产、文化有一定的破坏。他们把一个比较落后的制度强加于中原地区各族人民身上,因而遭到了各族人民的强烈反抗。各族人民风起云涌地进行斗争,打击了辽、金政权以及和他们结合起来的汉族地主阶级,也冲击了这些地区的封建统治思想。因此,虽然辽、金统治者后来迅速推行封建制度,并大力吸收和提倡汉族地主阶级的封建统治思

<sup>①</sup> “左旋”是指从东向西转动,“右旋”则反之,是指从西向东转动。天体每天的东升西落,实际是地球自转的结果。太阳一年中在星空间自西向东转动,这是地球绕太阳公转的反映。月亮一月中在星空间也是自西向东移动,这是月球绕地球公转的结果。所谓日、月右旋说是指日、月是在星空间从西向东走的,只是因为被天球东升西落的运动牵动着一起走,这才发生太阳、月亮每天也东升西落的现象。古人把这比喻成好象一个蚂蚁在磨上往东爬,磨盘又带着蚂蚁往西转一样。所谓日、月左旋说是认为日、月也是的确每天从东向西转,不过每天走的速度比天球慢,所以在天空中看起来一天之后,日、月向东移动了一段距离。其中太阳落后得稍小,一天约一度,月亮落后较多,一天约十三度多。日、月左旋说和日、月右旋说从运动的相对性来看似乎是无所谓的,但若深入到日、月运动的实质的话,就不能不认为右旋说比左旋说远为接近客观的真实。大概从汉以后右旋说就逐渐得到天文学家的公认。

想,他们的思想控制力量总的来说比北宋和南宋要小得多。

仅以讲学为例,在金朝晚期,民间讲学的风气比较普遍。这种私人的讲学和当时南宋的官方书院讲学不同。许多人不但讲儒家经典,而且主要讲科学技术。例如,大数学家李冶就讲授过数学。当过元世祖忽必烈的重要谋士的刘秉忠,在出山之前也曾讲授过数学、天文学,大天文学家王恂、郭守敬等就是他的学生。由于金朝统治地区人民的反抗激烈,封建统治思想的影响较小,所以科技和科技教育所受到的思想阻力也较小。元朝初年有创见的天文、数学家大都是原金朝统治地区的人。

辽、金等少数民族政权带有较浓厚的奴隶制残余,他们所统治的地区民族矛盾、阶级矛盾都比较尖锐。他们的统治集团在进入中原较繁华的地区之后又迅速腐化,从而加速了社会矛盾的发展。因此,这些政权都只存在一、二百年的时间就被强大的农民起义和另外的新兴少数民族所推翻。公元1125年金灭了辽。公元1234年元灭了金。

十三世纪以后,蒙古族在北方兴起。他乘着金、西夏和南宋各个政权的社会矛盾尖锐、政治极端腐化的时候,兴兵南下,先后灭了金、西夏和南宋,建立了元王朝。

蒙古族兴起的时候还处在奴隶制阶段,是个游牧部落,经济、文化远较金、宋落后。元世祖忽必烈采纳了汉族地主阶级政治家刘秉忠等人的意见,推行政权封建化的措施,与力图保持奴隶制旧传统的贵族进行了斗争,夺取了政权,忽必烈掌权后推行重农政策,制止圈地放牧,注意屯垦,兴修水利。他任用水利专家郭守敬修复了许多黄河两岸的灌溉渠。在忽必烈统治时期农业生产有所恢复和发展。

忽必烈统一全国以后在全国范围内设立行省制度,从而加强了封建中央集权的统治。统一的多民族国家的建立,有利于各族人民之间经济和文化的交流,消除了由于国家分裂而引起的连年混战。这就对社会经济和科学技术的发展产生了一定的积极作用。

因此,正是在忽必烈的时代,中国天文学的发展达到了一个新的高潮。

当然,这个新高潮的产生除了社会政治,经济条件外,也还必须要有技术力量上的条件。

这个条件在忽必烈时代也是很好的。

元王朝对各种有技术的工匠是很重视的,它经常把各地的优秀工艺家集中起来,有不少就被送往首都——元大都(即今北京)。这些有丰富经验的能工巧匠对元初的天文仪器制作有着巨大的贡献。

国家统一之后,忽必烈把金、宋两个司天监的工作人员集合到大都,加上他自己所选拔的官员,形成一支强大的科学队伍。有了这支队伍才能完成元初所进行的工作量巨大的天文观测和历法编算工作。

随着国家的统一,新王朝必须颁行统一的历法。由于金、宋的历法误差都已比较显著,于是忽必烈下令改历。

为了改历,由郭守敬等人设计制造了大量新仪器。这些仪器中,如简仪、仰仪、高表、景符等都具有独创的新意,把我国天文仪器的制造推到了一个新的高峰。

元初设置了范围广阔的天文观测点。除了在一些重要的城市设点之外,还特从北纬十五度的南海起每隔十度设一个点,直到北纬六十五度的地方为止。这样的置点设计对预报全国大部分地区的天文现象是很有帮助的。

为了给新历提供较准确的天文数据,元初的天文工作者又进行了一些天文常数的重新测定。例如对二十八宿距度的测定,对黄赤交角的测定等等。这些数据的测量精度达

到了很高的水平。

在大规模天文测量的基础上,开始进行编历。由于对前代的历法进行了仔细的研究,吸收了各历的精华,又运用了金、宋两朝高度发展的数学成就,从而创制了中国古代最精密的历法——《授时历》。《授时历》彻底废除了上元积年;废除了繁重的分数运算,改用百进位制;《授时历》使用了三次差内插法;引进了类似球面三角的公式,等等。

从元朝起,我国与中亚、西亚等阿拉伯国家的关系更加密切了。我国的火药、印刷术和指南针这些伟大的发明就是在这个时候,通过阿拉伯民族传到欧洲。在天文学方面,我国的天文学家也到了中亚和西亚。著名的《乌鲁伯格表》和《伊儿汗表》中都载有中国的天文、历法的内容。

与此同时,阿拉伯天文学家扎马鲁丁等人也来到了中国,带来了阿拉伯民族的天文仪器。扎马鲁丁还撰写了《万年历》。忽必烈曾命令颁行过。

在元代,我国许多信奉伊斯兰教的少数民族和祖国其他各族人民日渐融合。这些民族的经济、生活等各方面都须要用到回历。为了满足这个要求,元朝政府设立了回回司天台,并且每年颁行回回历书。

元朝初年的天文、历法成就虽然很大,但是这种发展的势头却不能持久。授时历中本来还有许多不足的地方,有的地方数据推算较粗糙,有的地方对天文学的规律掌握得还不够。再进一步提高的余地是很大的。但是,终究没有进行。这是因为,元王朝的统治有着很浓厚的奴隶制性质。忽必烈的封建性改革并不彻底。他死后,他的重农政策完全被抛弃了。整个统治集团自从平定南宋之后就开始很快腐化。为了满足他们极为糜烂的生活享受,他们对广大人民采取了极为残暴的半奴隶制和奴隶制的榨取方式。同时也大搞民族歧视政策,挑拨民族矛盾。因此,元王朝统治的时代阶级矛盾和民族矛盾始终是很尖锐的。忽必烈之后发展天文、历法的有利条件已经完全消失或被抵消。

被蒙古贵族统治集团残酷压迫的各阶级、各民族人民不断地进行反抗。几十年之后汇合成一股反元大起义的洪流。元王朝在这打击下垮台了。

## 七、明初到万历末 (公元1368—1620年)

元末农民大起义推翻了元王朝,给蒙古贵族和汉族地主以沉重的打击。使元末极为紧张的土地关系有所缓和。这是明初农业,手工业生产得以恢复和发展的根本原因。在农民起义的推动下,建立明王朝的朱元璋,实行奖励垦荒、移民屯田等政策,注意兴修水利、发展农业技术,等等,这些也都有利于生产的发展。

在明初生产发展的基础上,商品交换进一步发达,由此而产生了郑和的远航,以进行大规模的远洋贸易。远航船队利用了宋元以来民间航海家天文领航的经验。在当年留下的航路图上标明了沿路所见的天空星象和数据。这些图为我们研究我国古代人民的航海天文知识提供了极为宝贵的资料。

早在朱元璋进行统一战争的最后几年里,为了政治需要和人民生产、生活上的需要,即设立了天文机构太史院,颁行历书,称为大统历。明王朝建立后,朱元璋又立即把元大都的天文官陆续调往南京,成立司天监,后改名钦天监。钦天监编算历书所依据的历法仍然是元代的《授时历》,仅仅作了几点次要的更动,例如:把元大都所见日出、日没时刻或

昼、夜时刻更改为南京所见的时刻；以洪武十七年（甲子年，公元1384年）为历元；去掉授时历的岁实百年消长之法等等。钦天监的其他工作则都和元太史院的工作相仿。

为了适应国内各伊斯兰教民族的宗教和生活习惯，朱元璋先是仿照元朝的办法设立回回司天监，后来又把它并入钦天监，称为回回科。它们的职责主要是编制每年的回回历书。朱元璋又命人将两部阿拉伯天文著作译成汉文，这就是留传后世的《明译天文书》和《七政推步》。回回历对古代中国人民的生活有一定的影响；回回科的工作在中国天文学发展史上也起过一定的作用。中国人民对于世界各族人民的科学文化从来是认真研究，善于学习的。

从明初以后到明万历年间的二百来年中，天文学的发展几乎陷于停顿。除了对异常天象的观测仍在继续以外，中国古代天文学的主要方面——历法却很少进展。在二百来年中，曾经出现了多次《大统历》的预报与实际天象不符的事，但是历法改革却始终没有进行。与此同时，民间天文学家的活动由于受到极大压制而沉寂下来。万历以前的二百年间是中国天文学发展史上的一个低潮时期。

这个低潮的产生有其深刻的社会原因。

中国社会发展到明朝已进入了封建社会的后期，封建制度已日趋腐朽。由于土地兼并大大加剧，封建统治阶级对农民的剥削和压迫日益加重，阶级矛盾极为尖锐，大规模农民起义不断发生。地主阶级的统治遇到了深刻的危机。为了维护自己的统治地位，地主阶级采取了一系列强化封建统治的措施。例如，建立更加庞大的常备军；设立类似特务组织的机构——锦衣卫和东厂、西厂，等等。明代的封建专制统治达到了前所未有的程度。

明封建专制统治的强化也侵入了象天文历法这样的领域。明王朝不但象以往各王朝统治者一样，禁止民间私习天文，而且更进一步严禁民间私习历法。明人沈德符在《野获编》中记道：

“国初学天文有厉禁；习历者遭戍，造历者殊死”。

这个禁令对天文学发展所起的阻碍、破坏作用超过了以往任何一个时代。明以前的统治者也禁止民间私习天文，却从未禁止过私习历法。而历法却正是中国古代天文学的主要部分。因此禁止私习天文的法令对天文学的发展并不成为一个严重的威胁。

可是明王朝却把禁止私习天文的法令更扩大到禁止私习历法，而且看来曾实行得相当彻底。《野获编》接着说：“至孝宗，弛其禁，且命征山林隐逸能通历学者以备其选，而卒无应者”。甚至到晚明时代，封建上层官吏邢云路上书请求改历时还受到钦天监官员的攻击，说他私习历法，这就更可以想象，在晚明以前的民间天文学家要受到多大的压迫了。在中国天文学发展史上民间学者是一支重要的力量。既然这支力量在明代遭到了摧残，所以，明代天文学发展的停滞是很自然的。

明王朝在强化封建专制统治的同时也强化了封建的三纲五常等伦理规范。以维护封建纲常为主旨的程、朱理学成为官方哲学，朱熹注释的《四书》、《五经》等成为神圣不可侵犯的经典。明王朝对思想意识的控制同样达到了极严酷的程度。晚明思想家李贽因为反对程朱理学而被迫害致死，就是一个典型的例子。唯心主义的思想统治对科学研究和科学思想的发展造成了极大的障碍。

明代推行以八股取士的科举制度来选拔为封建统治者服务的官僚。八股是一种格式

死板的文体；它的题目专从四书、五经里出；它的内容只能根据朱熹的注疏来“代圣人立言”，不准有自己的见解。八股取士制度使人们的头脑受到极大的束缚。明人宋濂写道：

“自贡举法行，学者以摘经拟题为志。其所最切，唯四子一经之笺是钻是窥。余则漫不加省。与之交谈，两目瞪然视，舌木强不能对”。<sup>①</sup>

这种腐朽、反动的科举制度也是妨害科学发展的一个原因。

此外，与天文学关系密切的数学在明代也处于停滞状态。宋元时代高度发展的代数学到明代却成了绝学。这对天文学的发展当然也是不利的因素。

在上述社会条件下，天文学工作就只能是墨守陈规、停滞不前。民间的研究被压制了；钦天监的工作又受到“祖制不可变”的守旧思想的统治，天文官员也大都不学无术。即令有些学者曾提过改历的建议，也都遭到封建统治者和御用学者的打击和冷遇。到万历末年为止历次提出的各项改历意见中只有一条不关紧要的意见曾获得了实现。然而也只一年，就被封建王朝以遵守祖宗旧制的名义改回原样。<sup>②</sup>

然而，历史是向前发展的，它永远不会停止在一个水平上。到明万历以后天文学的发展又开始受到强大的推动。这个推动的真正动力来自从晚明开始在中国封建社会内部孕育着的资本主义的萌芽。资本主义萌芽的产生又向社会提出了两项要求。它既要求打破旧的生产关系对它的束缚（其表现就是一系列的市民运动），又要求发展生产力以支持它的发展。这就要求科学技术必须更快地发展起来。因此，到晚明以后，无论在一般科学方面，还是在天文学方面都出现了新的研究热情。

正在这个时候，欧洲的古典天文学知识传到了中国。由于中国国内和国际阶级斗争形势的发展，促使当时的天文学家研究和吸收了欧洲的天文学知识。中国天文学的发展进入了一个新的历史阶段。关于这方面的问题我们将在第十章中再作介绍。

① 见《濂坡后集》卷七“礼部侍郎曾公神道碑铭。”

② 《明史·历志》：“永乐迁都顺天（今北京）仍用应天（今南京）冬、夏昼夜时刻，至正统十四年（1449）始改用顺天之数。其冬，景帝即位，天文生马轼奏：‘昼夜时刻不宜改’。下廷臣集议。监正许惇等言：‘前监正彭德清测验得北京北极出地四十度，比南京高七度有奇。冬至昼三十八刻，夏至昼六十二刻，奏准改入大统历，永为定式。轼言诞妄不足听’。帝曰：‘太阳出入度数，当用四方之中。今京师在尧幽都之地，宁可为准！’此后造历仍用洪、永旧制。”

## 第四章 恒星观测

对恒星的观测,在古代天文学中是一项十分重要的工作。它的内容按其性质来讲大致可以分为两类。一类是观测恒星在天球上的确切位置以及恒星的数目和它们所组成的星座(我国古代叫做星官),并且把这些观测结果编成星表或绘制成星图等等,以使用来判定方向,确定时间和季节,以及作为观测日、月、五星等天体在天空中运动的标志。另一类是观测恒星本身的一些特征和所发生的变化,例如星的颜色、亮度及其变化(包括变星、新星等)。

由于古代天文工作者勤恳的观测,给我们留下了丰富的资料。下面我们分别介绍主要自春秋以后的恒星观测工作。

### 一、对星空的认识

#### 1. 星官的命名

由于对星空的不断观测,人们对星星逐渐熟悉起来。为了观测和记忆的方便,人们逐渐把它们划分成群,各群的星数多寡不等,多到几十颗,少的只一颗。把一群之内的星用各种假想的线联系起来,可以组成各种图形。许多图形和人们的生产和生活活动中所接触到的一些事物很相似,于是人们便给它们取了相应的一些名称。例如,北斗七星,可联成象一只长把的勺,和古代人用的酒斗——“斗”很相似,所以就取了“北斗”这个名字。又如箕宿四星,可联成一个簸箕的形状,所以起名为“箕”。古代的诗歌中就有对这些星群的形象比喻:

“维南有箕,不可以簸扬。维北有斗,不可以挹酒浆”。<sup>①</sup>

诸如此类的名称,表示组成一群的星星。这样的群,古代称为星官。

一般来讲,一些早期命名的星官,大都和当时人们生产和生活中较常接触的事物有关。例如,箕、定之类农具,<sup>②</sup>弧矢、毕之类猎具,<sup>③</sup>车、船、斗等生活用具,鼯、狼等动物,老人、织女等人物,等等。这有力地证明,天文学是人民所创造的。

但是,在剥削阶级社会中,天文学主要被控制在统治阶级手里,因此,天文学会受到剥削阶级思想意识的侵袭,这是毫不足怪的。古代的统治阶级为了巩固他们的统治,要人民相信他们的统治是天的意志,于是把人间的国家机器和社会组织也搬到了天上。天空中的恒星被安上了帝王将相的名称;“天牢”、“大理”之类的刑法机关,“羽林军”之类的军队,“华盖”等帝王使用的器物都被搬上了星空。中国星座的命名系统是在战国到三国这五、六百年中完备定型的。那正是封建制取代奴隶制后巩固、发展的时期。观看中国的星座系统就宛如一个完整的封建社会。它象征着封建统治阶级对广大劳动人民的沉重的压

① 《诗·小雅·大东》。

② “定”是古代的一种农具。《尔雅·释器》：“斲谓之定”。注：“斲属”。

③ 古代有种捕猎兔子等用的带网叉子叫做毕。



迫。

但是,广大劳动人民为了生产斗争的需要,仍然保留着,或继续发展着自己对星官的命名。例如,在江苏等一些地方流传的“犁星”<sup>①</sup>,就是从汉或汉以前流传下来的。东汉崔寔的《四民月令》中就有记载:

“农语曰:河射角,堪夜作。犁星没,水生骨。”

其它还有“水车星”、“轱辘把星”等等,都是在农民中间长期流传,使用的星名,“南挂星”、“三枝浆星”等等,则是在沿海渔民,海员中流传使用的星名。这些古代劳动人民留下的宝贵遗产还须要认真发掘和整理。

## 2. 星官数和星数

据统计,在先秦的著作中所记载的星官数大约有三十八个,包括的恒星数目大约有二百余颗<sup>②</sup>。当然,实际上当时命名的星官、星数不止这个数目,因为这些著作并非天文学方面的专著,而遗憾的是有关天文学方面的专著现在都已失传了。只有战国时代的著名天文学家石申(一作石申夫),他所撰的《天文》八卷虽也已佚失,但是,在唐代瞿昙悉达编的《开元占经》中摘引有“石氏曰……”的条文,这个石氏应该就是石申及其学派。这些“石氏曰”的条文中涉及到的星座,连二十八宿在内共有一百二十官,组合星数约五百余颗,现在一般认为,这些星官中至少有一部分是石申时代遗留下来的。<sup>③</sup>

司马迁著的《史记·天官书》是最早系统地描述了全天星官的著作。司马迁写该书的时候请教过当时的天文学家唐都等人,同时也参考了当时还留存的战国时代甘德、石申、尹皋、唐昧等星占家的著作。因此,就恒星方面来讲,《史记·天官书》可以说是当时的关于星官认识的总结。同时也是研究汉以前天文知识的重要参考资料。

《史记·天官书》中所记星官共九十一个,包括的恒星约五百余颗。这些所载的星官名称在以后的天文著作中大部分都被沿用下来。

东汉初写成的《汉书·天文志》中说:“凡天文在图籍昭昭可知者,经星常宿中外官凡一百一十八名,积数七百八十三星”。这个星数比《史记·天官书》中所载的多了不少。但是从它叙述星官的部分的文字来看,几乎和《史记·天官书》完全相同。这可能是由于编写《汉书·天文志》的作者班昭和马续都不是天文学家的缘故,所以没能把当时已经增加的星官完全编写进去。虽然这样,在《汉书·天文志》中在别的部分中提到有鱼星、鳖星等,这些都是《史记·天官书》中所没有的。从这些可以知道,从司马迁之后到东汉初年,所命名的恒星星官和星数又有了增加。

张衡著的《灵宪》(约在公元118年左右)一书中说:“中外之官常明者百有二十四,可名者三百二十,为星两千五百,而海人之占未存焉。微星之数盖万一千五百二十。”这里所说的星官和恒星的数目又比《汉书·天文志》增加了许多倍。考虑到张衡曾制作浑象等的情况,可以认为这个新的数字是张衡和其同时代的一些天文学家们通过实际观测而扩充的结果。但是,可惜的是张衡的浑象早已无存,他的天文著作也缺失大半,所以对他所

① 见清嘉庆十三年(公元1808年)修《北湖小志》,卷五,《书天时第二》,“以参中三星横斜若犁,名曰犁星,谚云:犁星落地水成冰,谓十二月夜半参宿西流也。”(这条资料是北京天文台王立兴等同志提供的。)

② 吴其昌:汉以前恒星发现次第考,《真理杂志》,一卷三期,1943年。

③ 《开元占经》中还有“甘氏曰”、“巫咸曰”等等的文字,这些文字是否是先秦著作的遗文,“石氏曰”的文字中有多少是先秦遗文,这些都还有待深入研究。

增加的到底是哪些星官,也只能存疑了。

自战国秦汉以来,星占术广泛流传,形成了许多流派。其中有名的有石氏、甘氏、巫咸、黄帝等等。这些星占家也进行了大量的恒星观测工作。为了星占的目的,他们也命名了许多星官。各个流派所占的星官有许多不同。

例如甘氏这一派所占的有尚书,阴德等星,巫咸这一派则有大理、女御等星,这些常常是别派所不占的。这里反映了各家都在对星官作出扩充。由于流派不同,各派对星官的认识都不够完整,这当然是个缺陷,从天文学的发展要求和从星象的观测需要来讲,都有认识全天星官的必要。这项工作由三国时代吴国的太史令陈卓完成了。陈卓把当时最重要的三派星占家——石氏、甘氏、巫咸——所占的星官,并同存异,综合编成了一个具有283官1464个恒星的星表,并曾为之测绘星图。可惜陈卓的著述和图象也都失散,只能从《开元占经》等后世的一些星占书中,零星的找到一些材料。虽然如此,陈卓所综合的283官经过《晋书·天文志》和《步天歌》的采纳,此后就成了我国观测星象的基础,一直沿用了一千多年。

### 3. 《步天歌》

汉以后,随着天文学的发展与传播,人们感到需要一种能够帮助辨认和记忆全天星官的工具,因此出现了许多星图,星图的优点是形象,使人容易辨认星官。但是,不便于记忆,于是有些人使用韵文、诗歌的形式。作为介绍全天星斗的工具。

这些作品中,大约以北魏张渊作的《观象赋》为较早,约在公元438年。以后又有隋代李播的《天文大象赋》<sup>①</sup>等等。这些作品多是把一些星官名字用文学词藻描述一番,对认识星空的帮助不大。近代在敦煌发现的唐初作品《玄象诗》情况也差不多,它们并没有得到广泛流传。

约到公元七世纪末有位学者王希明著《丹元子步天歌》<sup>②</sup>。这部书的特点是歌词简洁,容易记诵而且描绘生动、形象并且配有星图。人们读它时就好象是沿着天上的星官,漫步在天空的繁星之间一样。因此它很快就流传开来,使人们在辨认和记忆星官上得到很大的帮助。《丹元子步天歌》后来成了天文学家们开始学习天文时的必读之书。这本书在古代天文知识的传习上是起了很大的作用的。

《步天歌》的内容,是用七字一句的诗句介绍包括陈卓所总结的283官1464星。诗有韵,易于记诵。如:

“娄三星不匀近一头,左更右更乌夹娄,天仓六个娄下头,天庾三星仓东脚,娄上十一将军候。”(见图4-1)又如:

“柳八星曲头垂似柳,近上三星号为酒,享宴大酺五星守。”(见图4-2)

《步天歌》中,对星空的分区方法上也和以往所流传的各种天文书不太相同。它把全部天空分作三十一个大区,即后世流传的所谓“三垣二十八宿”的分区法。把三垣、二十八

<sup>①</sup> 《天文大象赋》有的文本中题张衡撰,有的文本中题杨炯撰,按《新唐书·艺文志》和《通志·艺文略》均为李播撰,今从之。

<sup>②</sup> 宋人郑樵在《通志》的《天文略》中以丹元子为隋隐者,与王希明不是一人,但在《艺文略》中却又说《丹元子步天歌》一卷,唐王希明撰。按《新唐书·艺文志》亦为“王希明《丹元子步天歌》一卷”,今从之。丹元子可能是王希明的号。观其内容,与李淳风所撰晋、隋天文志的排比分区体系全然不同,而与其后的天文书则大同,所以断为李淳风之后的作品。

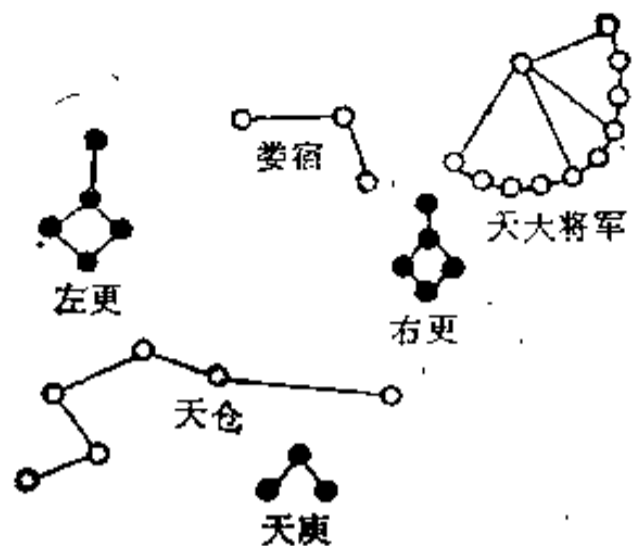


图 4-1 姜宿图 采自重修《灵台秘苑》

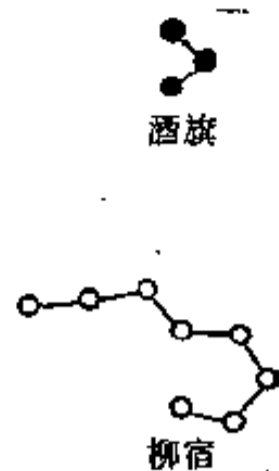


图 4-2 柳宿图 采自《重修灵台秘苑》

宿作为划分天区的主体,是《步天歌》的创造。

#### 4. 三垣、二十八宿

《步天歌》的三垣二十八宿划分法,一直沿用到近代。也是我国古代天文学中别具一格的特色。

二十八宿中某些宿的宿名起源很早。但那只是单个的星官而已,形成二十八宿这样一个体系,时代就要晚些。而且二十八宿这个体系的产生,最初也只是作为标志日、月、五星的运动位置等目的而用的,至于把它们作为划分星空区域的基础则是到《步天歌》才完全确立的。

关于二十八宿这个体系确立的时代,是中国天文学史研究中,聚讼纷纭的问题之一。由于缺乏充实的证据(这是研究古代史中经常遇到的现象),现在尚无定论。新城新藏曾提出西周初年就已形成了二十八宿体系<sup>①</sup>。他的理由是,西周初年已知从新月的出现逆推朔日,同时在《尚书》及《夏小正》等书中,也出现有二十八宿的个别星名。但是,二十八宿个别星名的出现和二十八宿体系的形成究竟是两回事,不能相提并论。所以这个推论并未为人们所接受。其它一些学者也竞相提出各种看法,夏鼐同志曾对这些研究作过一个综合的讨论<sup>②</sup>,结论是:二十八宿体系成立的年代,就文献而言,最早是战国中期(公元前四世纪)。见于甘德、石申的著作(分别著有《天文星占》和《天文》二书)。这些书虽已佚失,但在《汉书·天文志》中仍保存有甘氏和石氏关于二十八宿的星表,根据比这稍后的《礼记·月令》及《吕氏春秋》中所记的天文现象推算,则可追溯到公元前八至六世纪(620左右)。虽然可能创始更早,但是公元前四世纪以前的文献中,只有个别的星宿名称,文献本身未足证明这些星宿是已成体系的二十八宿组成部分。夏鼐同志的这种提法是较为稳妥的。至于二十八宿分作四方或四陆,每方七宿,与四象相配,即:东方苍龙,配以角、亢、氐、房、心、尾、箕;西方白虎,配以奎、娄、胃、昂、毕、猪、参;南方朱雀,配以井、鬼、柳、星、张、翼、轸;北方玄武,配以斗、牛、女、虚、危、室、壁等。过去一般学者都认为是秦、汉之后的产物。

不久前,湖北随县擂鼓墩一号墓的发掘中,出土了一件漆箱,在它的盖上围绕北斗的“斗”字,有一圈二十八宿的名称。在两端还绘有苍龙与白虎,它们位置与二十八宿是相配

① 新城新藏:二十八宿之起源说,《东洋天文学史研究》第四编,1933年。

② 夏鼐:从宣化辽墓的星图论二十八宿和黄道十二宫,《考古学报》,1976年2期。



图 4-3 湖北随县出土的二十八宿图

的。<sup>①</sup>(见图 4-3)这个墓的时代是比较肯定的,约在公元前 430 年。因此这件器物的出土,把关于二十八宿及四象记载的可靠凭证,提前到了五世纪,也就是春秋末年,到战国初年。应当讲,文献的记载时代与按天象推算的时代已是相当接近了。可以认为至少在春秋时期二十八宿已存在这点是可以相信的。

上述二十八宿的名称,大体也是后代所通用的名称。但是在《礼记·月令》和《史记·律书》中还有一些参差,例如,《史记·律书》中不用斗而用建,不用昴、毕、觜、井、鬼、柳,而用留、浊、罚、狼、弧、注等。有的是星官相同,名称不同;有的星官也完全不同。

二十八宿星空区域的划分是这样的,以二十八宿星官为基础,把天空划分为二十八个区域。由于二十八宿星官在天上的分布疏密并不均匀,所以这二十八个区域的大小也相差很大,最大的井宿所占的赤经范围达三十多度,而最小的觜宿,鬼宿,则只有几度。由于岁差的影响,各宿的距度(意义见后)在不同的时代也有些变化。例如觜宿在汉代有二度,后来就只有一度不到了。到了清代,如果还以古代所定的距星作标准,则觜宿就完全被包含在参宿中了。

三垣的名称,是紫微垣、太微垣和天市垣。作为星官来说这些名称的起源也是比较早的,但定型却稍晚,<sup>②</sup>而且并没有把它们直接作为划分天区的主体。以三垣作为三个天区的主体,这要到《步天歌》中才完全确立。

紫微垣所在的天区是北极周围,包括在我国黄河流域一带地区(地理纬度约 36 度)常见不没的天区部分。

把二十八宿星官与紫微垣天区之间空隙较大的区域又划出了二垣,即星宿、张宿、翼宿和轸宿以北的天区称作太微垣;房宿、心宿、尾宿、箕宿和斗宿等以北的天区称作天市垣。

三垣中每垣都有若干颗星作为框架,界限出这三个天区的范围,它们就好象是些围墙一样。把这些星官称作垣,的确是很形象的。

## 二、坐标系

在恒星观测中,要决定天体在天球上的位置,首先就要决定采用什么坐标系的问题。天文学上采用的坐标系,一般都是在球面上的。常用的有地平坐标、黄道坐标、赤道坐标及银道坐标等等。在中国古代所用的主要的是赤道坐标系,有时也用到地平坐标系和黄道坐标系,但是,我国古代所用的几种坐标系,都有自己的特点。

### 1. 赤道坐标系

中国的赤道坐标承袭了古代二十八宿记位置的传统。它的坐标的两个分量是“入宿度”和“去极度”。(见图 4-4)

<sup>①</sup> 本件材料是由湖北省博物馆提供的。

<sup>②</sup> 紫微垣在《史记·天官书》中称为“紫宫”,共十二星。《开元占经》卷六十七引“石氏曰”作“紫微垣”,共十五星。太微垣,《史记·天官书》只称“太微”,星数十二。《开元占经》卷六十六引“石氏曰”作“太微十星”。天市垣在《史记·天官书》中没有。那里只是在房星之后说:“东北曲十二星曰旗,旗中四星曰天市;中六星曰市楼。”虽然也是二十二星,但与后来的天市垣二十二星显然是不一样的。

三垣的名称初见于唐初的《玄象诗》,但该诗尚不以此为划分天区的主体。

所谓入宿度,就是以二十八宿中的某个宿的距星为标准,测量这个天体和这个距星之间的赤经差。例如织女星(天琴座 $\alpha$ 星)入斗五度,就是说,织女星在斗宿范围内,与斗宿距星(人马座 $\varphi$ 星)的赤经差为五度。①对于二十八宿距星来讲,与入宿度相当的量是距度。下宿距星和本宿距星之间的赤经差,就叫做本宿的距度。

去极度,就是所测的天体距北极的角距离。

赤道坐标系的起源时代一般认为至少应上溯到战国时代。按照日本上田穰对《开元占经》中所引石氏给出的恒星赤道坐标的研究②,他认为其中有一些是公元前四世纪的测定数据。

最近在安徽阜阳出土了一件二十八宿圆盘(详见本书“仪器”章)。盘所在的墓葬年代是西汉文帝十五年(公元前165年)③。盘上注明了二十八宿距度的数据。这些数据和《开元占经》所列二十八宿距星位置下注的古距度数据基本相同。④这个圆盘是一件星占用的工具而不是天文仪器,

因而可以推断,盘上的天文数据测定年代要比盘本身的制作年代早得多。如果再考虑到古六历历元资料(详见本书“历法”章)这就足以证明,战国时代应该已有了入宿度和距度之类的量。

天体去极度这个量最早的明确记载见于公元前一世纪成书的《周髀算经》。但是,《周髀算经》中有关赤道坐标的数据,都是把前人的工作结果加以改造而成(参见本书第九章“浑仪”一节)。有鉴于此,把去极度这个量的起源上溯到汉初乃至战国时代,也不是不可能的。

赤道坐标系在中国古代天文学中得到了广泛的使用。这在世界天文学史上乃是一个典型。因为自古希腊以来各主要的天文学发达民族都是用的黄道坐标系。由于天球的周日运动是沿着赤道方向的,因此,自十六世纪以后欧洲逐渐开始使用赤道坐标系。直到近代,赤道坐标系已成为天文学上一种最主要的坐标系。

## 2. 黄道坐标系

黄道是太阳在天球上的周年视运动的轨道。中国古代认识黄道是较早的。所谓“二

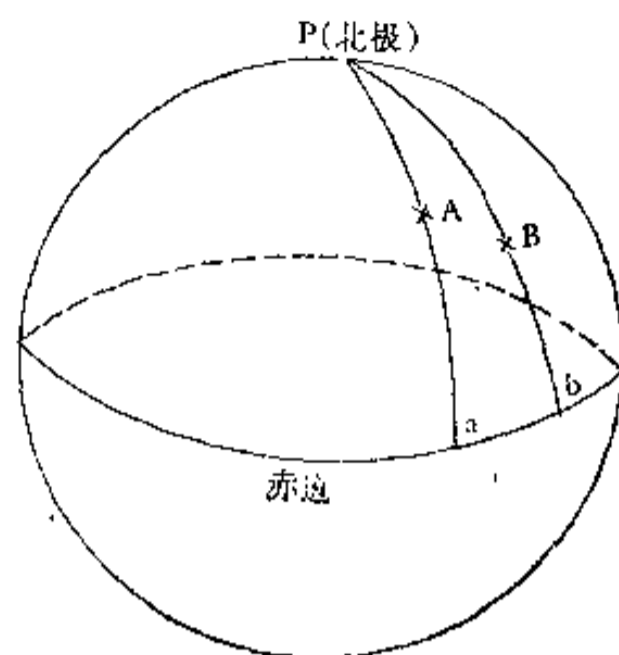


图 4-4 入宿度、去极度示意图 若A为二十八宿距星,B为另一天体。过A,B的赤经圈分别交赤道于a,b,则B天体的入宿度为 $\widehat{ab}$ ,去极度为 $\widehat{PB}$ 。

① 中国古代度的概念和我们通常所用的度的概念稍有差别,因为我国古代把周天分作365.25度,而不是360度,所以中国的古度要稍小。

② 上田穰:《石氏星经の研究》,东洋文库论丛第十二,1929年。

③ 据《阜阳双古堆西汉汝阴侯墓发掘简报》推断,此墓系第二代汝阴侯夏侯灶之墓。夏侯灶死于汉文帝十五年(公元前165年)。该发掘简报发表在《文物》1978年第8期。

④ 今把二十八宿圆盘上的距度数据和《开元占经》所引古度数据引列于下。前者简称圆盘,后者简称古度。

	角	亢	氏	房	心	尾	箕	南	斗	牵	牛	婺	女	虚	危	营	室	东	壁	奎	娄	胃	昂	毕	觜	参	东	井	鬼	柳	七	星	张	翼	轸
圆盘	?	11	17	7	11	9	10	22	9	10	14	6	20	15	14	15	11	15	15	6	9	26	5	18	12	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
古度	12	9	17	7	12	9	10	22	9	10	14	9	20	15	12	15	11	15	15	6	9	29	5	18	13	13	13	16							

十八宿为日、月舍”，早在形成二十八宿体系的时候就已经包含有黄道概念的萌芽了。

最早明确提到黄道的是《石氏星经》。东汉永元四年(公元92年)贾逵在讨论历法时引述到：

“石氏星经曰：黄道规牵牛初直斗二十度，去极二十五度(按：应为一百一十五度)。”<sup>①</sup>

所谓“规”就是圆圈。“黄道规”就是天球上的黄道圈。所谓“牵牛初”就是冬至点。因为自古六历到汉太初历，都以为冬至点在牵牛初度，所以“牵牛初”就成了冬至点的代名词。《石氏星经》的话意思就是，冬至点在黄道上的位置是在离斗宿距星二十度的地位。按贾逵的注解，认为如按赤道经度计算则冬至点在斗二十一度的地方。

如果按西汉落下闳等所使用的二十八宿距星体系，即以人马座 $\varphi$ 星为斗宿距星，则上述《石氏星经》的冬至点位置约为公元前80年左右的位置。也就是说，大约在公元前80年左右，我国有了明确的黄道概念，而且进行了以黄道为基本大圆的天体位置量度。对这个结论还有一个旁证。公元前一世纪刘向著的《五纪论》中有段话说道：

“日、月循黄道，南至牵牛，北至东井”。<sup>②</sup>

这里不但有明确的黄道名称，而且给出了它在星空间的位置。黄道的南点——即冬至点——在牵牛，这是比在斗二十度更古老的一个位置。由此可见，说公元前80年进行过以黄道为基本圆的大体位置测量，这是完全可能的。

《石氏星经》之后，史书还记载有东汉初年的傅安曾经用黄道坐标来测量太阳、月亮的运动和弦、望的位置，比当时太史官用赤道来计量要更准确。可是他的具体数字没有流传下来。流传下来的是永元十五年(公元103年)东汉史官造成了黄道铜仪之后所测量的二十八宿距星的黄道距度。

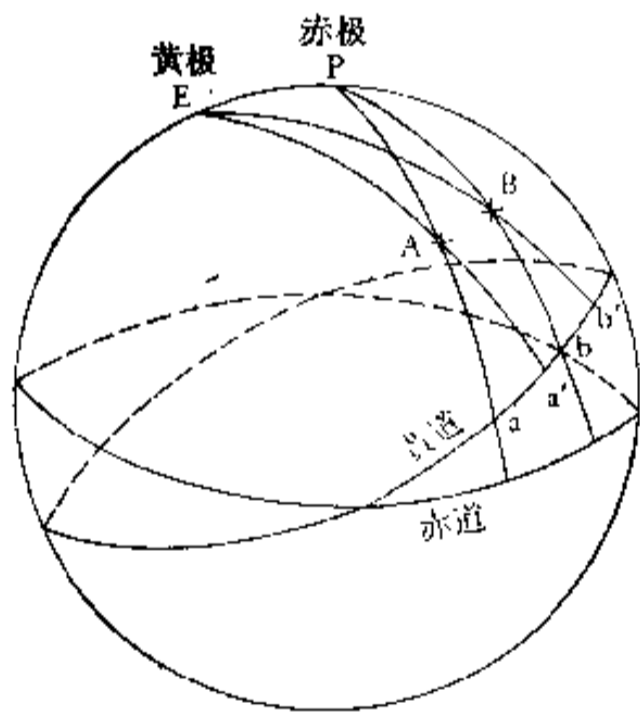


图 4-5 似黄道度数示意图 作过二十八宿距 $A$ 和另一天体 $B$ 的赤经圈，分别交黄道于 $a, b$ 。则中国古代认为 $\widehat{ab}$ 是天体 $B$ 的黄道入宿度， $\widehat{Bb}$ 是天体 $B$ 的去黄道度数。而在真正的黄道坐标系下， $B$ 的黄道入宿度应是 $\widehat{a'b'}$ ，它的去黄道度数应是 $\widehat{Bb'}$ 。

经过对这二十八个数据的分析，证明它们并不是现代天文学所谓的黄经差，而是指二十八宿距星的赤经差在黄道上的投影。这是由于黄道铜仪只是把赤道式的浑仪加上一黄道圈而成。所谓某宿的黄道距度，就是量过本宿和下宿距星的两条赤经圈所夹的黄道弧长。这种黄道距度和以黄道为基本圆，黄极为极点所得到的真正的黄经差是不相同的。人们把前者所得到的天体黄道度数称为“伪黄道度数”或“极黄道度数。”或者称为“似黄道度数”较为妥当。

在中国古代的黄道坐标系中纬向方向的量叫做黄道内、外度。天体在黄道以南，叫黄道外；天体在黄道以北，叫黄道北。它们也与上述的“似黄道位置”一致，都是以赤经圈为准的。沿着过天体的赤经圈，从所测的天体量到黄道为止。这种黄道内、外度的引入年代也还不太清楚。《开元占

① 《后汉书·律历志中》。

② 同上注。

经》所列二十八宿及石氏中外官星下都有小注，注明其距星离黄道的度数。它们的测定年代也同样未曾解决。

与黄经方面的情况有点不同，除了这样沿着赤经圈量度的“似黄纬”以外，在月亮运动的计算中所用的却是真正的黄纬，东汉末年刘洪提出了月行阴阳交错于表里，并量出黄白大距约六度许，此后就有了月去黄道度数的计算。很明显，这里的黄白大距非得是真黄纬不可。因为，如果是似黄纬的话，它在相当短的时间里它就有相当大的变化，而似黄纬对交食计算而言，也是没有意义的。

### 3. 地平坐标系

中国古代的地平坐标最初只有地平经度。它广泛系用于以日晷测量太阳出没运行的方位角上。它的产生是很早的。但是最早的方位角是如何表示的，这已难考查。在汉代，常用十二支来表示方位，如子代表北方，午代表南方。《周髀算经》卷下有：

“冬至夜极长，日出辰而入申；夏至昼极长，日出寅而入戌。”

或更精确些用四维、八干、十二支来代表二十四个方位。四维是：用艮表示东北，用巽表示东南，用坤表示西南，用乾表示西北。八干是指：甲、乙、丙、丁、庚、辛、壬、癸。十二支是：子、丑、寅、卯、辰、巳、午、未、申、酉、戌、亥。（见图 4-6）

其实这些都是方位区域，并不具有连续量度的性质。即在“子”的这个方位左右若干范围内都算作“子”。在《周髀算经》中才有可连续量度的，与现今地平经度相仿的量度方法。在后来历代制造浑仪上都装有地平环，但实际上一般还是只有二十四个方位。

地平坐标系的另一个分量——地平高度或地平纬度，大约是和浑天说一起产生的。盖天说是认为天地是两个平行的平面或曲面。这种宇宙结构里，地平高度就不是一个必要的量。浑天说则不然，它认为天是一个斜倚的球，球的旋转轴的北头（或天北极）是露在地面上的。这叫做北极出地。这个北极出地就是一个地平高度的量。唐代的僧一行专门发明了一件叫复矩图的仪器，用来测量各地的北极高度。这种仪器本质上可以测量天球上任何一点的地平高度。但是却要晚到郭守敬立运仪发明之后，人们才有了既能测量地平高度，又能测量地平经度的仪器。

中国古代在计量地平高度方面还使用目视估计的办法，而且用线长度作单位，例如，《史记·天官书》就有：

“五残星，出正东东方之野。……去地可六丈。”

等等的记载。明郑和航海图上记的“北辰×指”、“华盖×指”之类，也属地平高度。那是用牵星板测的。它们大概是从用手指宽度来目视估计天体地平高度的方法发展而来的。至今，海南岛的老船工还熟知用尺量或用手掌比量定北极星出地高度的方法。

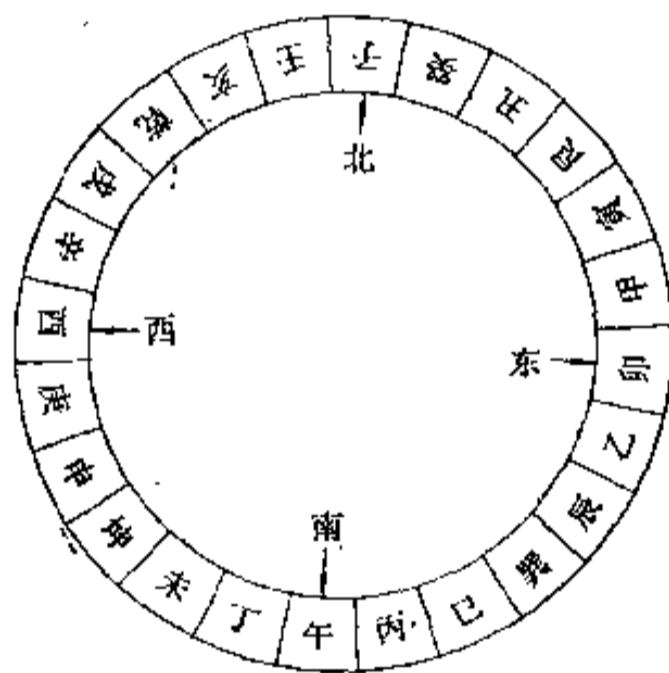


图 4-6 地平方位图



### 三、恒星位置的观测

用仪器对恒星位置进行定量的测定,至晚到战国时代就开始了,唐代《开元占经》中所载的所谓《石氏星经》中的一些恒星位置的观测数据,就是在这个时候测定的。对恒星位置进行测定,也是历代天文学家工作中的一项重要内容。但是可惜的是,这些观测中至今留下具体观测数据的不多,大多数都失传了。下面我们只介绍一下历史上几次重要的观测工作。

#### 1. 石氏星表

在唐代的著作《开元占经》中记载了一份古代观测恒星位置的星表,内容包括二十八宿及石氏星官的距星共121个星的赤道坐标。(但是今本《开元占经》中丢失了石氏中官星共六官,因此现在只剩下115个星的坐标位置。)在这些坐标之前都冠以“石氏曰……”的字样。现在通常都认为这个石氏就是指战国时代魏国的石申(约公元前四世纪又作石申夫),他著有《天文》八卷,另外还著有《浑天图》等。石申的这些著作,现在都已佚失了。在唐以前这些书还有流传,因为在《隋书·经籍志》中还列有这些书名。唐代开元年间(公元714~741年)编纂《开元占经》时,曾引用七十余种古代星占方面的书(这些书大多数现在亦都失传了,人们只能从《开元占经》的引文中,来了解这些古书的部分内容),石氏的书是《开元占经》中引用最多的一部,引的内容除了有关星占方面的东西之外,还包括了上面所说的这个“石氏星表。”

由于《开元占经》是唐代的著作,它所引的这份“石氏”星表是否真是战国时代所测的结果,人们对此有疑虑。这是可以理解的。对《开元占经》中的石氏星表,过去很多人对它进行了研究,但是结论很不一致,有的认为是汉代所测的数据,也有的认为就是战国时代所测的数据。

我们认为,必须把二十八宿距星位置的测量和石氏中外官星位置的测定分别考虑。根据《开元占经》记载的二十八宿距星的距度数值来看,它和《汉书·律历志》中所载的汉代太初历所定的数值是完全一致的。但是,《汉书·律历志》的这个数值却又和在西汉初年成书的《淮南子·天文训》中所载的数值一致。所不同的只是《汉书·律历志》中把三百六十五又四分之一度中的四分之一放在斗宿,而《淮南子·天文训》中则是放在箕宿。这样看来,石氏星表中的二十八宿距度的测定确有可能是在汉以前就有了的。从最近出土的马王堆帛书《五星占》中所记载的一些数据来看,汉以前对五星在二十八宿中的行度已经可以测定得很准确了,所以说石氏星表中二十八宿距度的数值就是战国时代所测的这点,现在看来还是可信的。

至于二十八宿距星的去极度和石氏中外官距星的坐标等的位置测量年代,当较此为晚。因为第一,即使如前所说,去极度的产生可能较早,但它的数值因岁差的影响而有较快的变化,所以在流传过程中就会有后人根据实测加以修订。上田穰的计算认为《开元占经》所载二十八宿距星去极度当是公元200年所测,这应理解为后人修订的结果。第二,关于石氏中外官星,看来还得分析。其中如天一,天衡、贯索等等星官,都和《史记·天官书》中所载的有很大差异,但却与后世的完全相同。显然,这些星官都是在《史记·天官书》之

后人们所增订的。因此,它们的测量时代就不会是在战国时代了。不过,尽管对现存《开元占经》中的石氏星表数据测定年代的分析有这样参差数百年的结果,它并不影响战国时代出现石氏星表这个结论,因而,今传数据的晚出完全可以归结为一个源远流长的石氏天文学派在不断地观测修订的结果。

讨论到中国最早的星表问题,不能不提出关于二十八宿的古度问题。

前已谈到,《开元占经》中,在二十八宿距度数字下,还附有“古度”的数字。例如:

“石氏曰:心三星,五度。<sup>古十</sup><sub>二度</sub>”

等等。夏侯灶墓出土的二十八宿圆盘证明了古度这套数据在古代有过广泛的使用。根据王健民同志的研究,认为古度与石氏所定数据的差别原因在于二十八宿距星的选择不同。一般来讲,古度的距星选取偏重于亮星。而《淮南子·天文训》及太初历等所定的距星选取则偏重于选每一宿中的西起第一星。从这点来看,他认为古度比较原始。

古度的测定时代至少是在战国时代。据《新唐书·历志三上》载:

“秦历十二次,立春在营室五度。……晨,心八度。……”

心宿距度超过了五度,可见秦历用的是古度。而秦历的上述数据大约是在公元前五到前四世纪所测的。因此,古度在战国时代即已出现,当无疑义。有没有可能它的测定时代更早?它和石氏星表中的二十八宿距度究竟是什么关系?这些重要的问题,亟待进一步的研究。

## 2. 开元年间的恒星位置观测

唐代开元十二至十三年(公元724~725年),在天文学家一行领导下,进行过一次规模很大的恒星位置观测的工作。当时是为了配合一行改历的需要,这次观测的内容很广,恒星位置的观测是其中之一。

一行在观测二十八宿距度及中、外星官的位置测定中,他发现许多恒星位置和古代所测的位置有显著的变化。其实由于岁差的原因,恒星的赤道坐标总是在不断变化的。对于不同的坐标点,每年的这种变化值也不同,因而两个天体的赤经差,即入宿度或距度也都是在变化的。只是由于这个变化很缓慢,因而在古代的观测技术条件下,在较短的时间内是无法发觉的。但是时间一久,这种变化就明显起来了。早在唐初贞观年间(公元627~649年),李淳风为修麟德历而进行的观测中,就已发现二十八宿距星间的距度有变化。但是在这个问题上他陷入了保守。在他的历法中仍旧沿用汉代太初历所定的数据。而一行则在自己的历法中,革除了沿用几百年的陈旧数据,改用了自己测定的数据,这点是有其进步意义的。但是限于科学发展的水平,他还没有能够提出任何解释的原因。

在一行的领导下,当时还进行了许多地点的纬度测量。有些中原天文学家被派到了纬度较低的地区观测,在那里他们发现,可以经常看到在中原地区很难看见的老人星,并且在“老人星下,列星灿然,明大者甚众,……大率去南极二十度以上之星皆见。”<sup>①</sup>遗憾的是,这些纪录都没有留存下来。

## 3. 宋代的几次恒星位置观测

在恒星位置观测方面,北宋时代进行过五次较大规模的观测,其观测的精度比起以前

<sup>①</sup> 《新唐书·天文志一》原文“皆”作“则”。今据《旧唐书·天文志上》改。

的观测来讲都有很大的提高,下面简略地介绍一下这几次观测。

公元1010年(北宋真宗时代)韩显符用他自己制造的浑仪对外官星的位置进行了一次观测,可惜他的观测记录已经失传,据记载,他测量的是“外官星位去斗极度数”。这儿的斗是指斗宿,因为当时的冬至点在斗宿之内(有好几百年冬至点的位置都是在斗宿内),因此人们就用斗来代表冬至点,就好象汉代用牵牛初代表冬至点一样。他用冬至点作起量点,量出这些外官星与冬至点之间的赤经差,这种赤经差和现在的赤经本质是一样的,不过现在的赤经是从春分点起量的而已。而这和过去传统的以二十八宿距星为标准,测量这些天体与所在宿的距星之间的赤经差——入宿度,是大不一样的,这是这次测量的特点。

景祐元年(公元1034年)宋仁宗下令编纂一本星占书:《景祐乾象新书》,在这部书中专门有一张表记载周天星座的入宿、去极度数,很可惜这份星表也已失佚了。仅仅在《宋史·天文志》中留下了这年所测的二十八宿距星的位置。

皇祐年间(1049~1053年),周琮等人用他们所铸的黄道铜仪进行了一次周天星官的测量。这次观测中的有关二十八宿距度的结果虽然后来记入了《宋史·律历志》,但是,在周琮等人所编的《明天历》中,却并未采用。皇祐年间的这次观测结果被收集在《灵台秘苑》一书中,该书原是北周时代天文学家庾季才所著。原著按《隋书·经籍志》所载有一百一十五卷。现在的《灵台秘苑》则是北宋时王安礼重新修订删节过的本子,只存十五卷。王安礼在重修《灵台秘苑》时,引入了皇祐的观测结果(原书是否也有坐标位置还没有考据)内容包括三百四十五个星官的距星的入宿、去极度。这是我国目前所存明末之前的星数最多的一份星表,它给我们提供了证认古代星官的直接资料。

第四次观测是在元丰年间(公元1078~1085年)进行的,《宋史》和其它同时的作品中都未提到过这次观测,可是在《元史》中却有这次观测所定的二十八宿距度的记载。在苏颂《新仪象法要》一书中所附的星图以及苏州石刻星图上的二十八宿距度的划分也是采用的这次观测结果。

宋代几次恒星位置的观测工作中,最精确的一次是崇宁年间(公元1102~1106年)由姚舜辅等所进行的。观测结果记载在姚舜辅等人编的《纪元历》中,这次观测完全是为他的历法服务的。在姚舜辅之前的三百多年间,各家历法都沿用唐一行时所测的二十八宿距度数据。直到姚舜辅才又完全抛弃了这些陈旧的数据。这次测量的结果使用了度以下的单位:少( $1/4$ )、半( $2/4$ )、太( $3/4$ )<sup>①</sup>等来表示,它的准确性当然也有了进一步的提高。二十八宿距度的误差绝对值平均只有 $0^{\circ}.15$ <sup>②</sup>,这样的准确度,在当时的情况下,不能不认为是达到了很高程度的。

一行虽然从自己的实际观测中发现了二十八宿距度古、今是不同的,但是并没有提出进一步说明,而姚舜辅则认为这些距度自古到今是一直在变化着的,今天的测量只符合今天的“天道”,他的这种思想对形而上学的“天不变道也不变”的反动理论是一个冲击。

#### 4. 郭守敬和赵友钦的恒星位置观测工作

元代在恒星观测方面一般仍然是继承着旧的传统,但是也出现了一些新的东西,在公

① 并不是仪器量度的精度,早从汉代起,仪器的精度就已达到了“少”,但是二十八宿距度数值则一直是整数度。

② 据载内清《宋代の星宿》一文中的计算结果统计,该文载日本《东方学报》第七册(京都版)。

元1276年一项巨大的改革历法工作开始了，著名的天文学家郭守敬是这个工作的主要负责人之一，他负责制造了许多精密仪器，进行了许多观测。他把二十八宿距星的距度观测精度，又提高到一个更高的水平，二十八宿距度的误差绝对值平均小于十分之一度。较之姚舜辅的观测，又减少了一半。

郭守敬在恒星位置的观测工作方面，还测量了二十八宿中杂坐诸星入宿、去极度，并编有星表；他还对前人未命名的无名星也进行了一系列的观测，也编了星表。这项工作是很有价值的，自从陈卓综合三家星官以来，各代天文学家们对1464颗星之外的无名星都不加重视。郭守敬的这项工作在我国恒星观测史上是件颇为突出的事。但是非常可惜的是，郭守敬通过自己实际观测所编的这两份星表均已失传。

元代的另一位天文学家赵友钦，在他的《革象新书》中提出了观测恒星赤经差和去极度的新方法。

他的测量恒星赤经差的方法是：用一套特制的漏壶，壶的浮箭分为146格半。控制水的流速，使箭在一昼夜内沉浮各50次，则共移动了14,650格。在一个平太阳日中，天球绕地转了 $366\frac{1}{4}$ 度。因此，天转一度，箭移四十格。另在一个木架上顺南北方向放两根平行的木条，中间间隙仅三、四分宽，间隙正中对准了当地的子午线，然后一人在架下观候，当一星来到隙缝正中时，即发呼一声，另一人即看壶箭刻画数记之。由两次刻画数之差，就可算出二星的赤经差。

这个方法除了 $366\frac{1}{4}$ 度这个数字不够精密，以及二木间隙不易正对子午线等缺点外，其观测原理和方法是和近代子午观测的原理是完全一致的，赵友钦利用两个恒星上中天的恒星时刻差来求赤经差，这是一个新的创造。

## 5. 对极星位置的观测

由于岁差的原因，北天极在星空中位置是在不断变化的。它大约在二万六千年间绕北黄极一周。

岁差的变化虽然非常缓慢，但是，自人类有史以来，北极星却已改换过好几个了。约在公元前三、四千年时，当时北极的位置在右枢星（天龙座 $\alpha$ ）附近，所以，那时的北极星是指右枢星，到了公元前十世纪左右，北极的位置已移到帝星（小熊座 $\beta$ ）附近，这时帝星就是北极星了。司马迁在《史记·天官书》中所说的：“天极星，其一明者，太一常居也”，指的就是帝星。

在《周髀算经》中，把北极枢和璇玑分开。这里北极枢是指真正的北天极，而璇玑是指北极星，所以《周髀算经》中说璇玑有四游，它已明确北极星不是正好在北天极了。

到了公元500年前后，北天极的位置已移到靠近另一小星——天枢星（又名纽星，鹿豹座 $34^2\text{H}$ ）。当时人们又直把天枢星当作真北极。到六世纪初时，祖暅用仪器仔细测定之后，才发现当时的北极星距北天极有一度多的距离。祖暅的这个观测发现是很有意义的。如果能在星图上描出北天极的位置或者是指出北极星的赤道座标，那么当后代的人进行类似观测时，就可以发现北天极是在星空中移动着的。可惜的是他没有做这一工作。但是，祖暅的这个发现纠正了过去人们认为极星就是北天极的错误认识，也引起了后代对极星位置观测的重视。

到了北宋熙宁年间（公元1068~1077年），杰出的科学家沈括，被任命为历官。他在一

次观测中发现,当窥管顺着浑仪枢轴的方向去观测极星时,一时见它在管中,再过一时却又跑到管外去了。沈括想到这是窥管和枢轴的内径太小了,而北极星的极距已超过了窥管的角半径。于是他把窥管逐渐扩大,每天晚上观测三次,每当极星进入窥管后就画一张图。这样,他一方面可以看出管径和极星的极距大小是否相当,另一方面他也可以看出浑仪的极轴是否和天球的极轴相合。如果极星的轨迹中心就是枢轴的中心,那末就是两者重合了。他从这两方面来校准仪器。在这一观测中共画了二百余幅图。最后终于使极星能始终在管内看见了,并且校准了仪器的枢轴。他根据这个观测得出极星距北极的距离三度有余<sup>①</sup>,而且和祖暅的观测值作了比较。可惜他没能从这个比较中得出岁差的结论,而把这两个数值之差,归咎于祖暅的观测不准确这个原因。

沈括这次观测中提出的利用北极星来校正仪器枢轴的方法是很科学的,所以后来郭守敬的简仪上就专门附加了一个定极环,应用沈括的这个方法来校正简仪的枢轴。

## 6. 两份阿拉伯星表

明洪武十五年九月(公元1382年10月),明朝政府命令吴伯宗、李翀与海达尔、阿达兀丁、马沙亦黑、马哈麻等人合译西域天文书四卷,次年二月译成。现收集在《涵芬楼秘笈》内,名为《明译天文书》。在此书的《说杂星性情》一章中,介绍了星分六等,这是“星等”概念在我国的初次出现,介绍了二十个星座(占托勒玫星表中48个星座的三分之一以上)和三十颗恒星的尾等和黄经。这些尾的所有黄经都比托勒玫星表中的大十三度。比阿尔·苏菲(Al-Sufi)公元903~986年星表中的大 $0^{\circ}18'$ 。所以可以推断原书的星表并非实测,而是依据岁差每60年差一度的公式加上去的。这个星表的原作者是波斯天文学家阔识牙尔(Kushyar ibn Labban 约公元971~1029年),现在欧洲所保存的阔识牙尔的《完备的天文表》(《Zij al-Jami》)中的星表与此完全相同。

在《明译天文书》以后,明成化十三年(公元1477年)南京司天监监副具琳写了一本叫《七政推步》的书,详细介绍了阿拉伯天文学。其中也有一份星表,包括277颗恒星的星等和黄经、黄纬。而且第一次作了中西星名的对照工作,这对中国人后来学习欧洲天文学知识无疑是有帮助的。值得注意的是十五世纪时著名的兀鲁伯(Ulugh Beg)星表中的星还全只是托勒玫星表中的星,而贝琳《七政推步》中的这份星表里,却有托勒玫星表中所没有的星。这些星的观测年代大约是在十四世纪中,从《明史·历志》中记载,洪武元年至二年(公元1368~1369年),明朝政府先后把元代上都(今内蒙古自治区多伦县境内)的回回司天监的工作人员黑的尔(即海达儿),迭星月实等二十五人调往南京的明代钦天监工作,因此,这份星表很可能就是黑的尔等人在上都时所编制的。

这两份阿拉伯星表,为我们研究中外在天文学方面的文化交流,提供了重要的参考资料。

<sup>①</sup> 沈括时代极星离北极为一度半左右。沈括说是三度有余,这是因为他是按枢轴孔径所占子午环上的地位来定的。这个度数乃是相对浑仪中心而言的圆心角,但按沈括的观测法,他的观测点是在枢轴的南端,枢轴北端孔径对南端所张的角应是相当于子午环上的圆周角。所以,沈括测得的极星离北极应是三度有余的一半,即一度半左右,与实际基本相符。这个说明最初是由中国科技大学的李志超等同志提出的。

## 四、星 图

星图是观测恒星的记录和查找恒星的工具。人们可以象绘地图一样来制星图；也可以象查地图一样来查找它。

我国古代的星图，大致可分为两类，一类是示意性质的图，它们往往是用作装饰的目的，如刻画在建筑物上或绘制在棺槨、墓壁、墓顶之上。这种星图一般绘制比较粗略，内容也常常是不完全的，有的只有单个星官，有的只有部分天区，还有的是把星官图象和一些别的内容配合一起，反映出古代传说的一些神话故事等等。这类星图，准确性虽然不高，但是对研究古代人们对星官的认识等还是有一定参考价值的。这类星图尤其在近年来的考古发掘中新发现了不少。另一类星图则是古代天文学家们所用的，它们是作为认识和记录天空中星官位置而绘制的。当然，这种星图的绘制是比较准确的，而且反映的天象也比较完整，研究这些星图，可以了解古代天文学中对恒星观测和认识的水平。但是，这类星图流传下来的不多，尤其是唐以前的几乎没有，只能从一些文献资料的记录中来了解这些星图的内容。

### 1. 汉以前的星图

最早的星图大概起源于所谓的“盖图”。盖图是配合盖天说而出现的，它是盖天说所使用的一种仪器，类似于现代所用的活动星图(见图 4-7)。

盖图是用两幅方罫重叠起来的。下面一幅涂成黄色，以中心为天北极，画上周天二十八宿等星官。上面一幅也画一个圆，代表人目所能见的天空范围。圆内涂成青色。把黄图画中心和青图画中心按北极和观测地的关系安排好。这样，青图画透视下的黄图画部分就是在该地人目所见的星空。如果把黄方罫绕北极顺时针旋转，在青图画内就可以看到星空的变化。

黄图画上所画的实际就是一幅星图。由于那时全天星官和恒星已定名的数日还不多，可以想象这种星图上的星官数和恒星数目都是较少的，而且由于学派的不同，各派所掌握的星官和星数也不尽相同，因此，不同学派的盖图，内容不会是一样的。

因为星图源于盖图，而且星图又是平面的，所以一直到隋代还有把这种以北极为中心的星图称为盖图。

### 2. 汉代的星图

到现在为止还没有发现任何汉代的全天星图实物，但是有关汉代星图的文字记载却还是可以找到不少。例如，东汉末蔡邕所著的《月令章

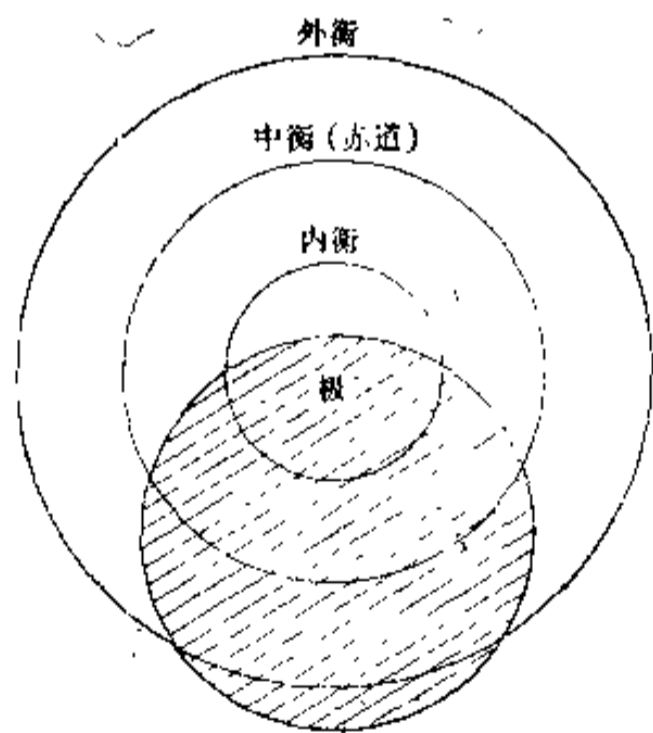


图 4-7 盖图 采自《科学史集刊》第一期(1958年)载钱宝琮：《盖天说源流考》一文。图中带斜线的部分是盖图的上层，涂青色。盖图的下层包括内衡、中衡、外衡三个圆，涂黄色，上面画有二十八宿。

句<sup>①</sup>中就有一段记叙当时天文史官用的星图(称作“官图”)的情况:

“天旋,出地上而西,入地下而东。其绕北极径七十二度常见不伏,官图内赤小规是也。谓乎恒星图也<sup>②</sup>。绕南极径七十二度常伏不见,图外赤大规是也。据天地之中而察东西,则天半不见,图中赤规截角、角者是也。”

从这段文字我们可以知道,当时的官图结构大致是这样的:(如图 4-8)

用红色绘出三个不同直径的同心圆,圆心就是北天极。最内的小圆称作内规,它代表

北纬五十五度有余的赤纬圈。在北极附近,内规之内的天区对我国中原地区(地理纬度约36度)的观测者来看,它们绕北极的周日旋转中,总是在地平线以上,所以也叫恒显圈。最外面的大圆称作外规,是代表南纬五十五度有余的赤纬圈,在这个纬度以南的天区,对中原地区的观测者来讲,是完全看不到的,因为它们总是在地平线之下,所以常伏不见。中间的一个圆代表赤道,它距南、北两极相等,所以称“据天地之中”。此外《月令章句》中没有提到图上有黄道。但是图上画了二十八宿,因而有赤道“截角、角者是也”的话。

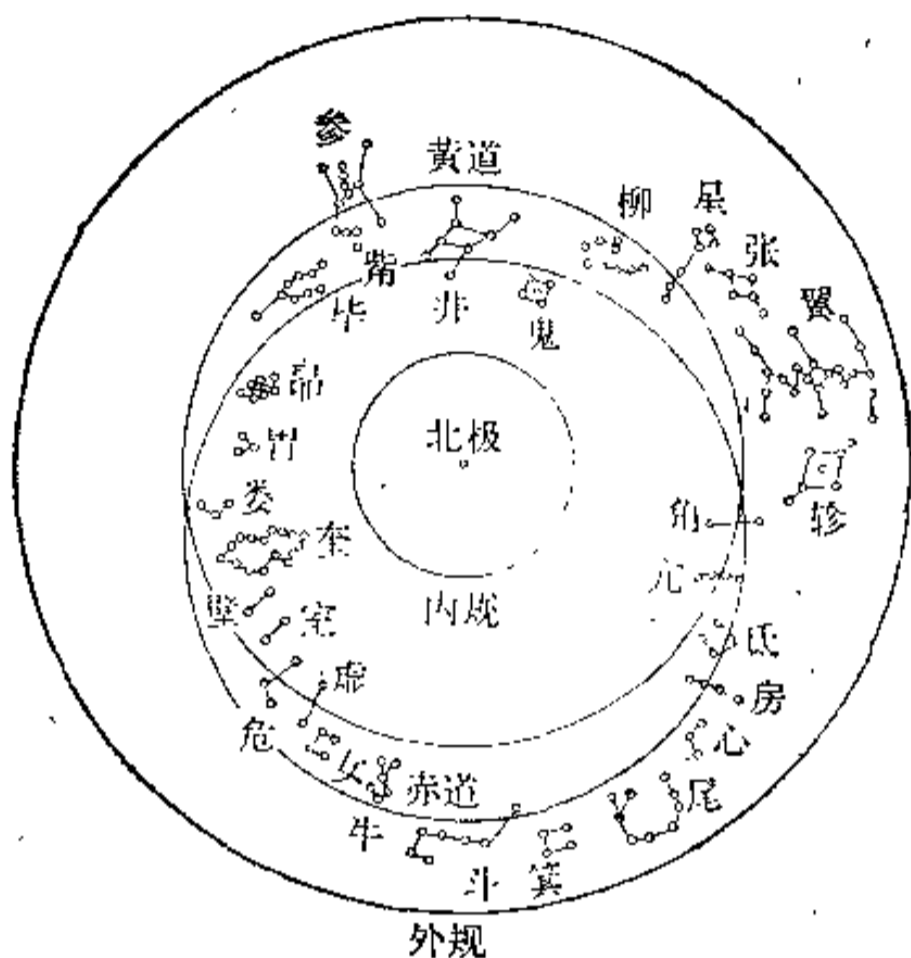


图 4-8 东汉的官图

这图上的星官除二十八宿星官以外,还应当有中、外星官等。《汉书·天文志》的记载说到“天文在图籍昭昭可知者”。可以推测蔡邕说的“官图”就是《汉书·天文志》所指的图籍。

从这里可以知道,后代所用的圆形星图的形式,至少在汉代就已经比较完备了,后代同类星图只是在星官数和恒星数目上比它再增加一些就是了。

### 3. 陈卓星图

由于汉以来观测仪器的发展和大量的制造,促进了恒星观测的工作。同时对星图的需要也提出了新的要求,有认识全天星官的必要,要求绘制比较全面的星图。这个工作由三国时代吴国太史令陈卓完成了。他把当时主要的三派(甘、石、巫)的星官,汇集在一起,并同存异,编成了一个具有283官1464颗星的星表。并且还为之测绘了星图。

陈卓星图是中国古代对星官认识的总结。虽然它并没有流传下来,但是作为一种范本,对后世星图有着很大的影响。

① 《月令章句》也已佚失。这里所引的是根据《开元占经》卷一中所摘引的。《开元占经》卷二中重复引摘了同一段材料,但和卷一的文字略有不同。如:“天旋”作“天左旋”,“官图”则无“官”字,“谓乎恒星图也”这句也没有,“天半不见”作“天半见半不见”。

② “恒星图”显系“恒显圈”之误。

#### 4. 隋唐星图

隋文帝平陈之后,得到了钱乐之所作的浑天象,于是,隋文帝就命令当时的天文学家庾季才、周冢等人,以此为底本,再参照各家星图,绘制了一幅圆形星图,这幅图上绘有黄、赤道,上、下规以及银河等并附有二十八条过二十八宿距星的经度线。

由于古代不懂投影的原理,在一幅以赤极为中心的圆形星图上,赤道当然是个正圆,而不与赤极等距的黄道则应该是一个扁圆形,但古人也画成了一个正圆。这是不正确的。直到一行才看出了这个缺点。他为了研究月亮出入黄道的情形而画了三十六幅星图,从实际测绘中他认识到“赤道内外其广狭不均,若就二至出入赤道二十四度,以规度之,则二分所交不得其正”他提出了一个近代所谓描点法的画法,“求赤道分至之中均刻七十二限,每据黄道差度以觔度量而识之,然后规为黄道,则周天咸得其正矣。”这样画出的黄道位置当然更合实际了。但是,一行所提议的这种方法,在后代圆形星图的绘制中并未引起注意,后世仍沿用古代的画法。

由于圆形星图存在着投影上的这个缺点,结果使星图上赤道以南的星官的形状变形很大,为了弥补这个缺点,在隋代前后出现了一种用直角坐标投影的卷形星图,称作横图,《隋书·经籍志》中就列有:“《天文横图》一卷高文洪撰”。横图对赤道附近的星官可以表现得比较好,但是,对赤极附近的星官又发生了困难。为了避免这个困难,后来就分开来画,把赤道附近的星画在横图上,而把赤极附近的星画在另一张以北极为中心的圆形图上。现存于敦煌卷子中有一幅唐代绘制的星图就属于这一种,这种星图已是近代星图的先声了。

唐代敦煌星图约绘制于公元八世纪初。<sup>①</sup> 图上有1350颗星。这卷图的画法是从十二月开始,按照每月太阳位置的所在,分十二段把赤道带附近的星,用圆筒投影的方法画出来,最后再把紫微垣画在以北极为中心的圆形图上。从每月星图下面的说明文字来看,太阳每月位置所在,还是沿用了《礼记·月令》中的说法,例如:“正月日会营室,昏参中,旦尾中”。这些位置并非当时实际所测。

敦煌卷子中这卷唐代的星图,是世界上现存星图中星数最多而且是最古老的一个,它在一九〇七年被英国考古学家斯坦因盗走,现在保存在英国伦敦博物馆内。<sup>②</sup>

#### 5. 五代和两宋星图

我国现在保存有两块五代的星图石刻。这是我国现存最早的石刻天文图。一块发现于吴越国文穆王钱元瓘墓的后室顶部;另一块发现于钱元瓘的次妃吴汉月墓,也在墓的后室顶部。前者死于公元941年,后者死于公元952年。这两幅石刻星图的直径约1.9米,比著名的南宋苏州石刻天文图大了一倍。这两幅图上刻的星都不多,主要是二十八宿星和若干北极附近的星,各约180颗左右。还画有内、外规及赤道。星数虽少但是星的位置刻画得比较逼真,准确,是两件珍贵的科学文物。<sup>③</sup>

现今贮藏在苏州的石刻天文图是最重要的星图之一。这块石刻是南宋王致远在淳祐

① 据敦煌文物研究所马世长同志的研究结果。

② 有关这幅星图的详细情况可参看席泽宗:《敦煌星图》一文,载《文物》1966年第三期。

③ 伊世同:《蒙古的石刻星图》,《考古》1975年第3期。



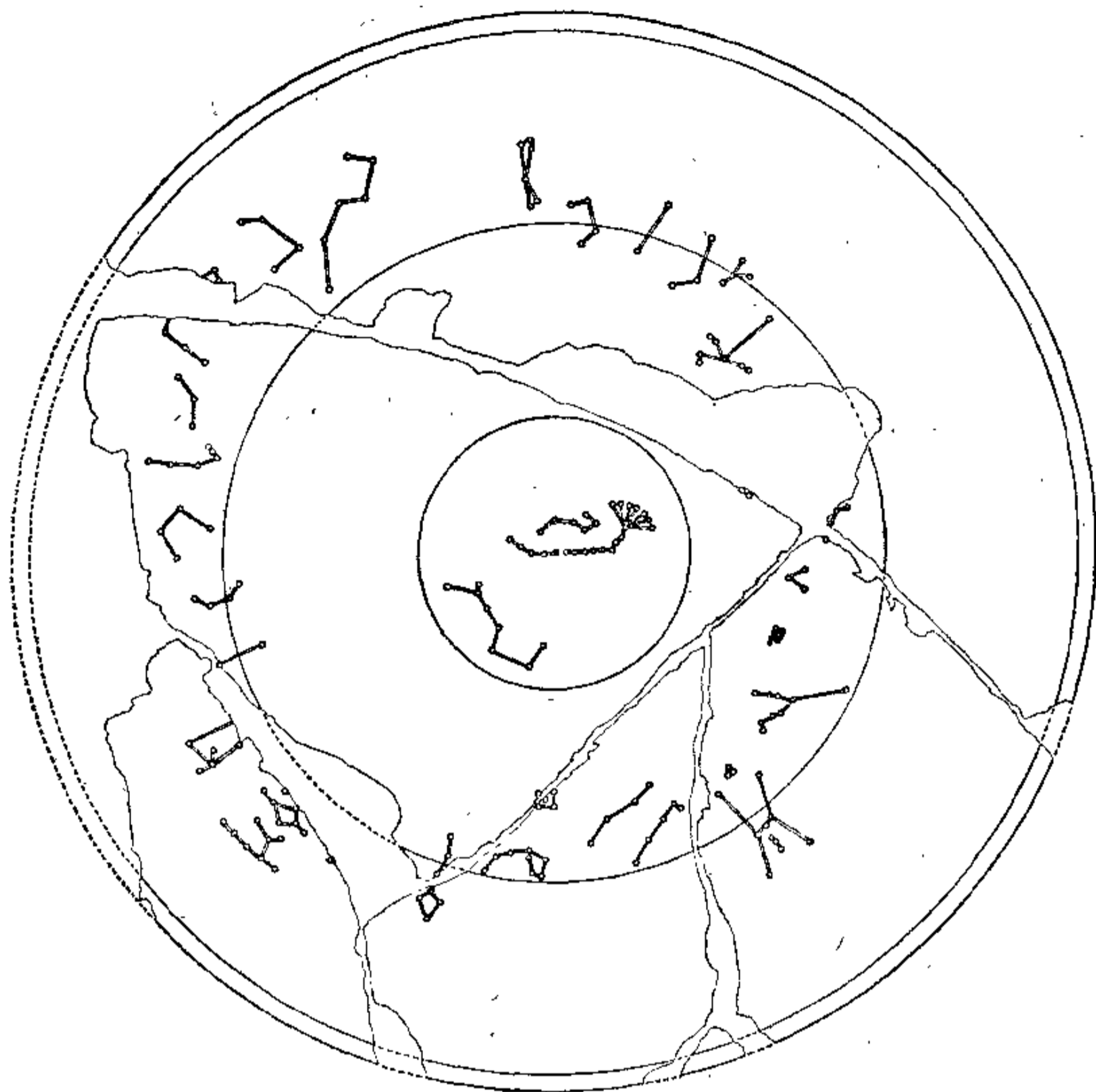


图 4-9 五代钱元瓘墓中的石刻天文图

七年(公元1247年)所刻的。王致远在与天文图同时刻石的地理图上记载说,天文图的底本得之于四川,是南宋嘉王赵扩(后来成了南宋的第四代皇帝宁宗)的教师黄裳于1190年前后画的。

石刻天文图总高八尺,宽三尺五寸,上部绘一圆形星图,下部刻有简介天文知识的文字。图的形式和上面介绍的圆图一样,有内、外规,黄道、赤道,银河等,外规大圆的直径约25寸。上面共刻恒星1400余颗,这幅图上二十八宿的距度和苏颂星图一样,采取的数值也是元丰年间所测的结果。星的位置一般都是画得比较严肃的。

正如上面所指出的,由于古代圆图在投影上存在着缺点,如果根据图上的春分点、秋分点和冬至点、夏至点等来判断它的年代都很难符合实际的结果。近年来有人使用日本今井漆提出的修正黄道的方法等,估算出苏州石刻天文图的测绘年代为公元1000~1100年间。<sup>①</sup>这和二十八宿距度数据所反映的年代是吻合的。

<sup>①</sup> 潘鼐:苏州南宋天文图碑的考释与批判,《考古学报》1978年第1期。

苏州石刻天文图有的地方较传统的星官星数有所增损。这本来是不奇怪的,在古代的绘图技术下错误在所难免。有趣的是,最近刘金沂同志发现,有些星点的增添似乎不是无意的错误,而是有意的增添。例如:天关星西北的一块缺损中有一个星点,这是1054年超新星的反映。而传舍星间多出的一颗则是1181年超新星的反映。此说当然是令人感兴趣的。不管它是否成立,由于苏州石刻天文图是个大型的,较严肃的科学星图,它提供了古代星官位置的重要信息,因此,对它所画刻的星点进行辨认,这是件有科学意义的工作。

苏颂《新仪象法要》中所附的星图是另一份重要的宋代星图(见图4-10)图共两套五幅,第一套是两幅横图和一幅圆图。横图一幅为东方、北方、自角宿到壁宿;一幅为西方、南方,自奎宿到轸宿。第二套是两幅圆图,它们都以赤道为最外界的圆,一幅北天,一幅南天。这套图当然也比单张的圆图或单张的横图要进步。

苏颂图上标的二十八宿距度的值和元丰(公元1078~1085年)年间的观测记录是相同的。这次观测离开他著这部书的时间不远。可以有理由说,苏颂在《新仪象法要》中所绘的星图,也是根据当时的实际观测所画的。当然这些图是书中的插图,苏颂的原书早已佚失了,现在流传下来的都是经过传抄、刊刻的,难免走样。不过它是目前我国所流传下来的全天星图中时代最早的星图之一。

## 6. 明代的星图

自宋以后到明末欧洲天文学传入之前,这一时期现在发现有一份星图,那就是明正德元年(公元1506年)立于江苏常熟的石刻天文图。据立石的常熟知县计宗道记述,此碑是他重镌前任知县杨之器于七、八年前所刻的图。而杨在刻图跋文中则称他是翻刻苏州石刻天文图的结果。杨不但是翻刻,而且“考甘、石、巫氏经而订正之”。

据研究,<sup>①</sup>常熟天文图共284宫1466星,的确改正了苏州图上的许多错误,诸如有星元名,有名无星,星名错讹、少星、多星、星间连线不妥之类。不过星点的位置却较苏州图为差。这大约是因为常熟图是多次翻刻,而计、杨二人又均非天文专家的关系。尽管如此,常熟图的重要性仍是不应忽视的。

## 7. 其他古代文物中的星图和星象示意图

除了上述我国古代的全天星图之外,在我国古代文物中还保留了不少单个或若干个星官的星图和属于星象示意性质的“星图”。这些图有的反映了我国广大地区人民对星空认识的一个侧面,有的反映出古代少数民族地区和我国中原地区文化上的紧密联系,还有的反映了中外天文学知识方面的交流情况。无疑,这些都为我们研究古代天文学发展提供了重要参考资料。

有关这方面的古代文物是很多的,例如:汉代武梁祠石刻中的北斗图,唐代绘有二十八宿星官及四象图的铜镜等等。自汉代到宋、辽之间的墓室中也常常可以发现各种星象图的壁画。近年来考古研究所在国家文物事业管理局的支持下把这些文物中的主要星图都已汇集起来,拟印刷出版,供广大读者研究。我们在此就不详细一一列举,只介绍两幅墓室中的彩绘星图。

<sup>①</sup> 车一雄、王德昌:常熟石刻天文图,载:《中国天文学史文集》,科学出版社1978年版。

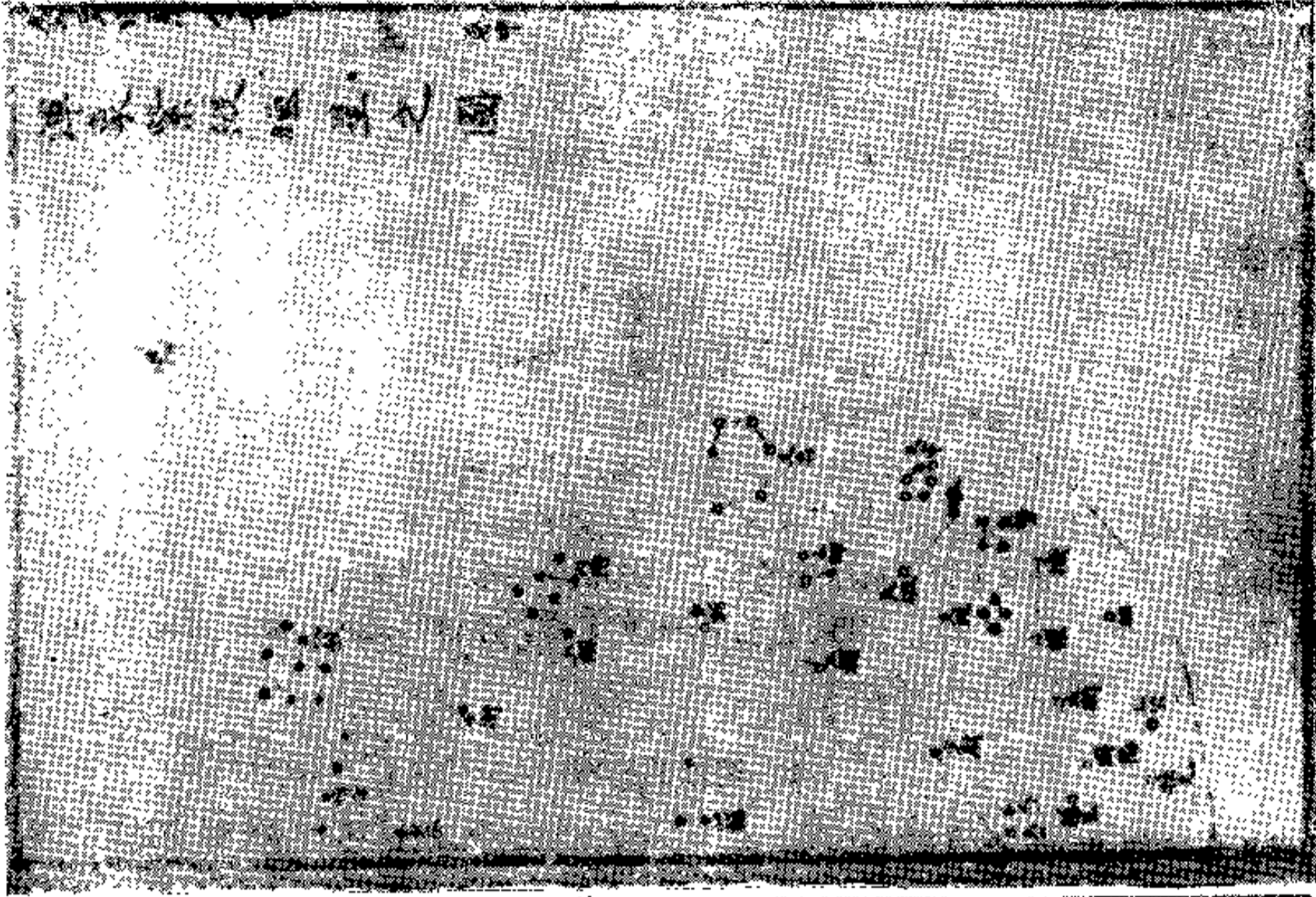


图 4-10 (二)

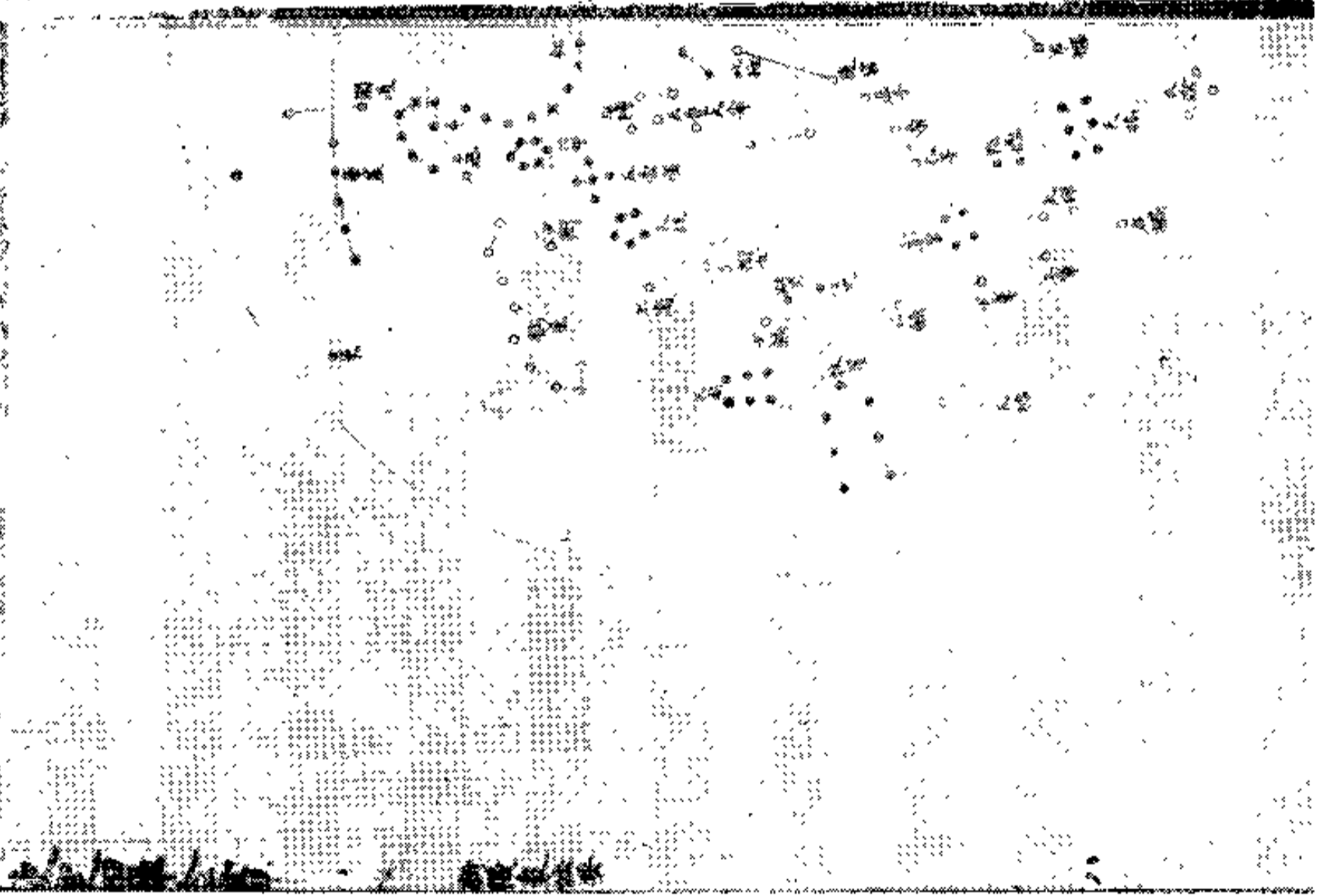


图 4-10 (一)

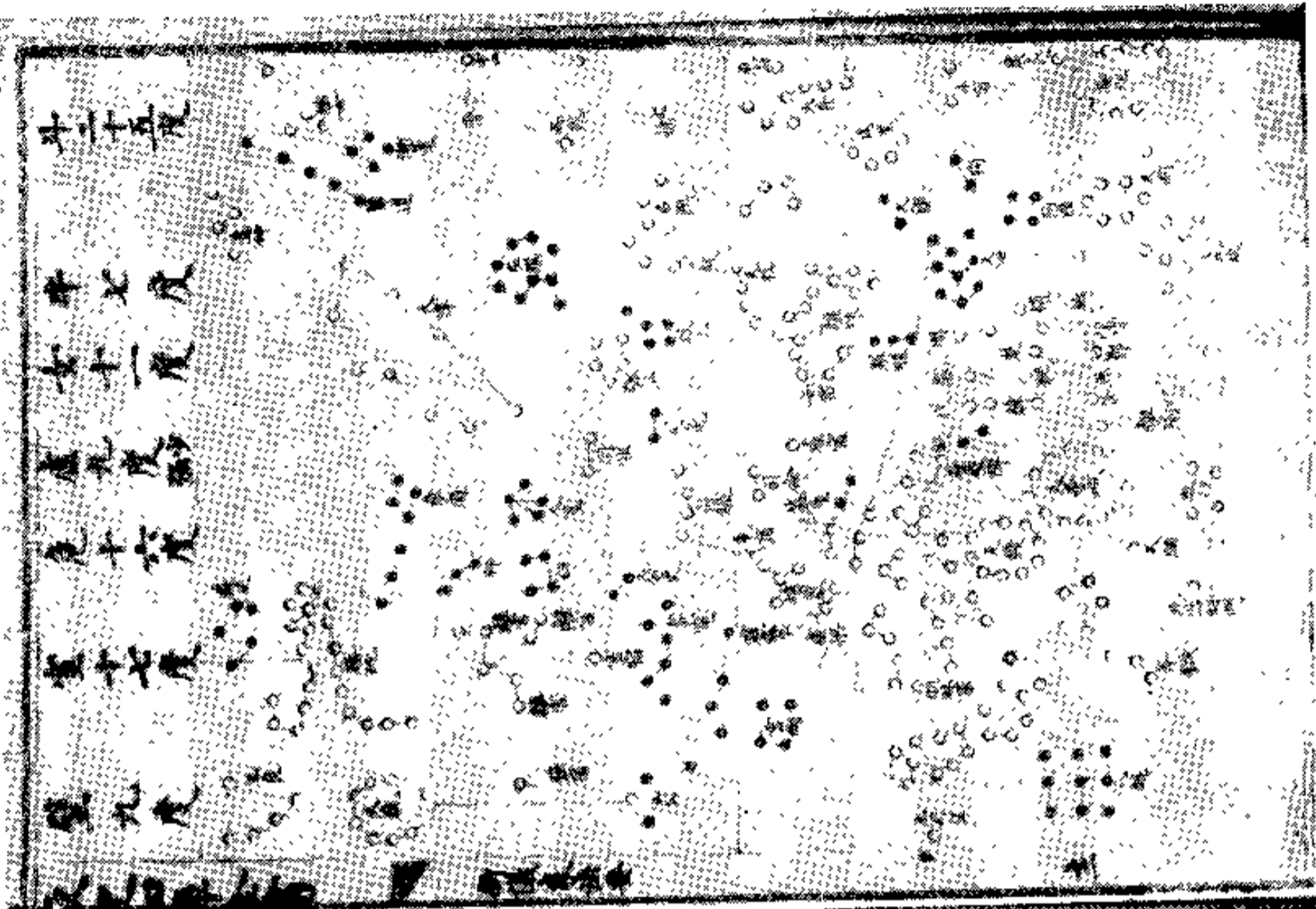


图 4-10 (四)

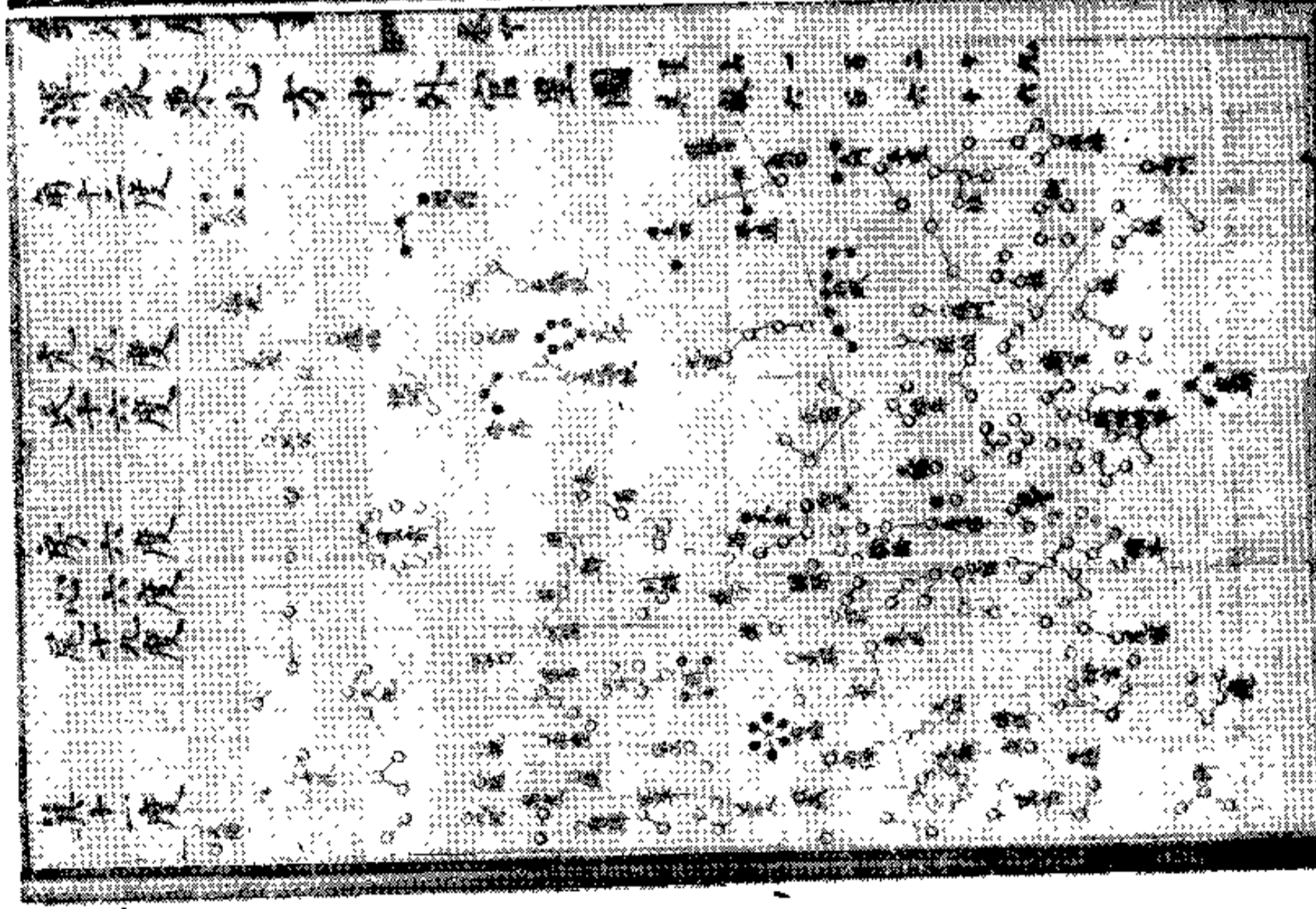


图 4-10 (三)

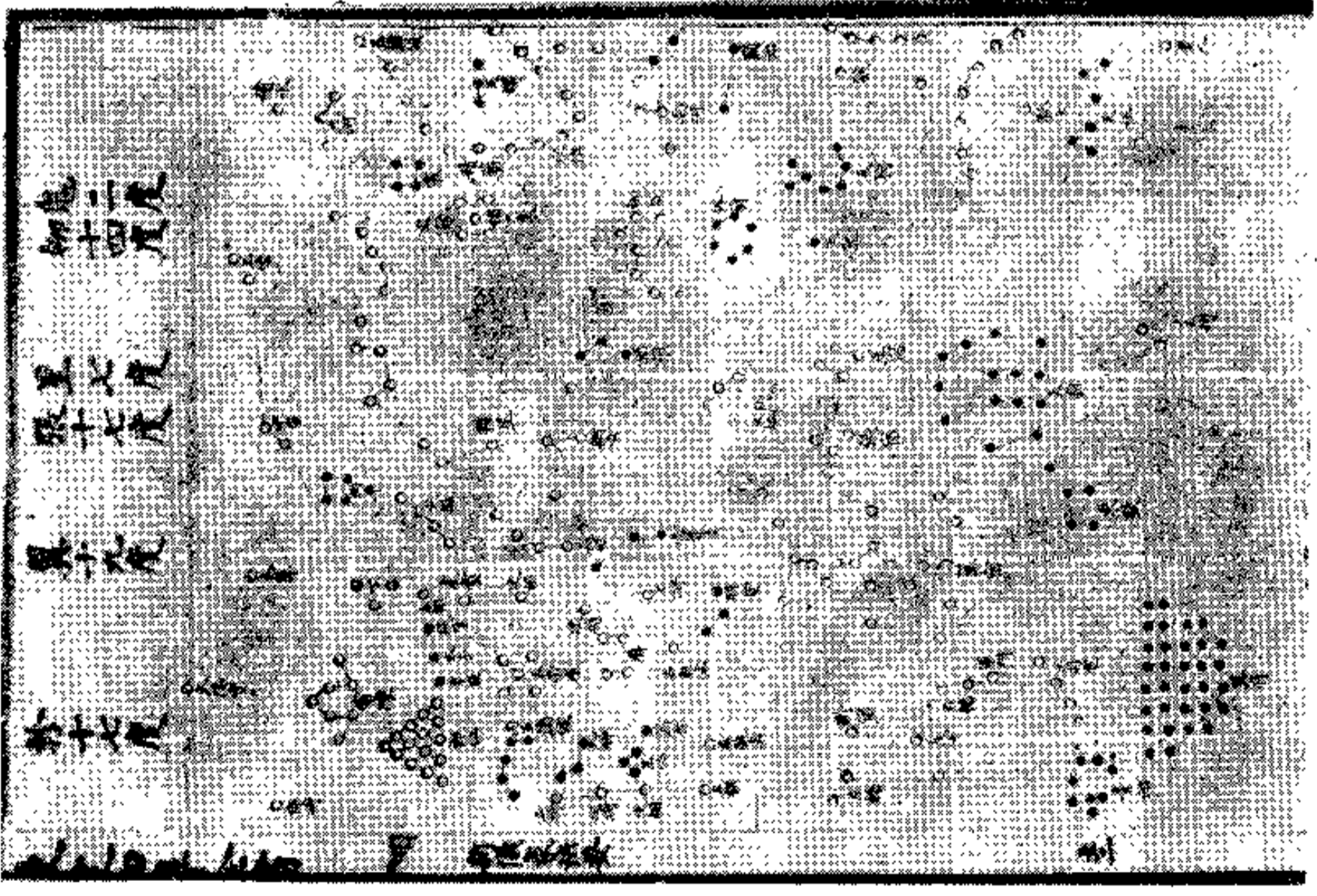
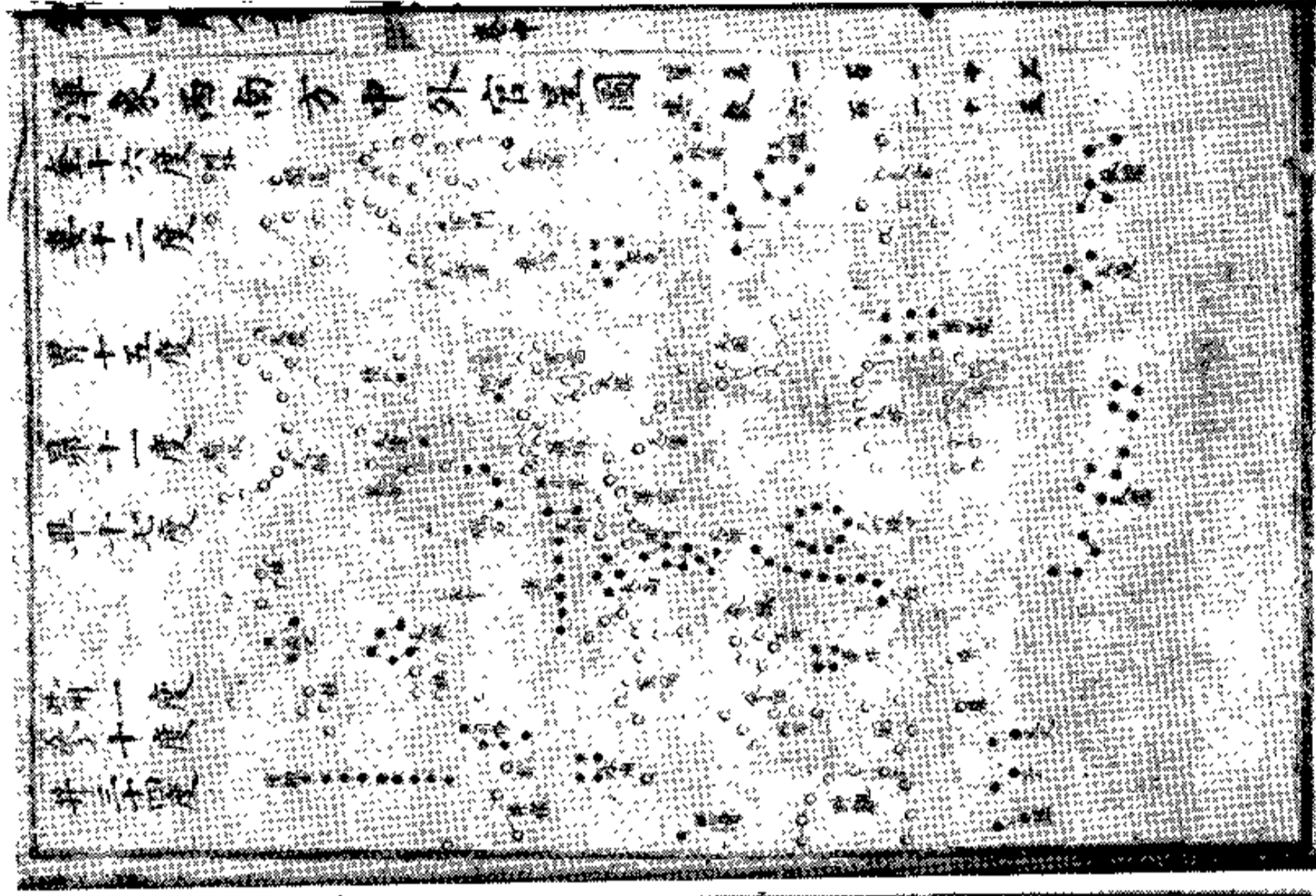


图 4-10 (六)

图 4-10 (五)

图 4-10 《新仪象法要》中附的一套星图(采自四库全书)

一幅是在1973年发掘的新疆吐鲁番阿斯塔那唐墓中的星图<sup>①</sup>。图绘在墓室的四壁上部和室顶部。四壁上部绘的是二十八宿，星点间用细相连，构成二十八宿示意图象。东北壁星宿图象上部还用红色绘一圆形，内画一金乌，以示太阳。西南壁上部则用白色绘一圆形，内有桂树和持杵玉兔图形，这是表示月亮。在月亮边上画有一弯月，象征月相。横贯墓顶有一束白色线条，这是象征银河。这幅示意星图描绘的完全是中原地区的星象知识和神话传说，充分反映出，新疆地区和中原地区是紧密地联系在一起。

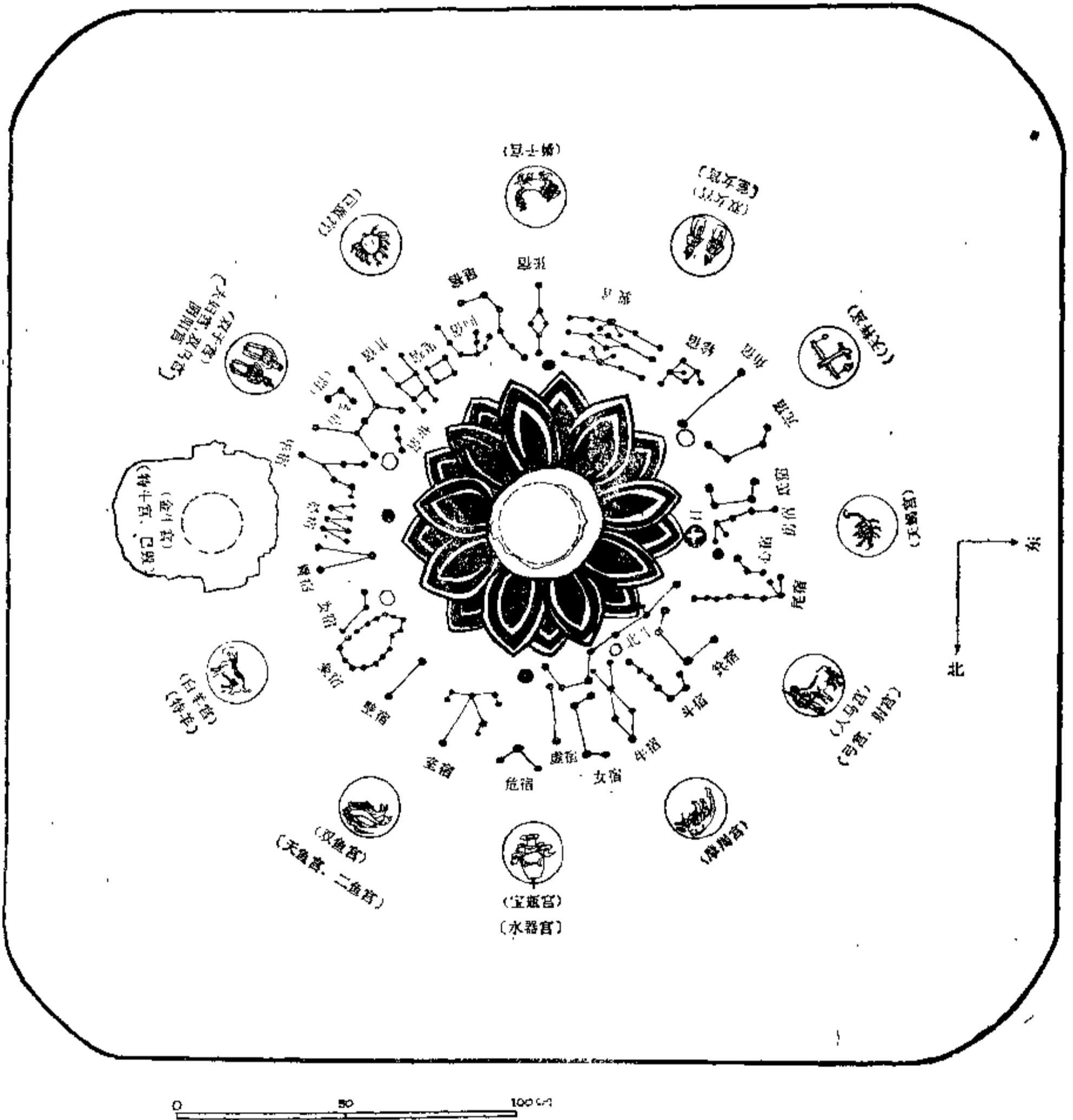


图 4-11 辽墓星图

① 新疆维吾尔自治区博物馆：吐鲁番县阿斯塔那-哈拉和单古墓群发掘简报，《文物》1973年第10期。

另一幅是1971年在河北宣化的一座辽墓中发现的<sup>①</sup>。墓葬距今已八百余年。

图在墓后室顶部,图的中心嵌铜镜一面,四周绘昌莲花,莲花之外绘日、月、五星及北斗。再外就是二十八宿星官图形,最外圈画十二个小圆,圆中绘黄道十二宫图形。

二十八宿是我国古代沿黄道、赤道带天区的星座划分方法,而黄道十二宫则是古代巴比伦为观测日、月、五星运行,沿黄道的星座划分方法。虽然在隋唐时代,西方十二宫的名称已经由印度传到了我国,但在星图中表现出来,则迄今所知以这幅星图的时代为最早。

## 五、航海术的天文观测

航海的需要是天文学发展的动力之一。我国在很古的时候就开始了航海活动,在长期的航海实践中发展了天文导航的技术。《淮南子·齐俗训》中说:

“夫乘舟而惑者不知东西,见斗极则寤矣!”

东晋僧人法显从印度回国时就乘的是海船。他记述那段历程时说到:

“大海弥漫无边,不识东西,唯望日、月、星宿而进。若阴雨时,为风逐去,亦无准。……至天晴已,乃知东西,还复望正而进。”<sup>②</sup>

可见天文观测是当时保持正确航向的最重要的知识。唐、宋以后指南针应用于航海,导航术有了飞跃的发展,但是,天文观测仍然是不可缺少的技术。宋人朱或在《萍州可谈》中说:

“舟师识地理,夜则观星,昼则观日,阴晦则观指南针。”

现存最早比较详细地反映了古代航海术中天文观测技术的资料有两种。它们都是明朝前期郑和船队七次下西洋的伟大航行的产物。一种叫做《自宝船厂开船从龙江关出水直抵外国诸番国》,后人简称《郑和航海图》。一种叫做《顺风相送》,是一本书。《郑和航海图》载于明末茅元仪编辑的《武备志》第二百四十卷中。《顺风相送》于1960年经向达校注,与另一种清初的航海著作《指南正法》合成《两种海道针经》一书出版。

《顺风相送》中载有:《观星法》、《定日、月出入位宫昼夜长短局》、《定太阳出没歌》、《定太阴出没歌》、《定寅时歌》等以歌诀形式表达的,以日、月、星辰的出没确定方位的方法,及各个月里十二时辰(以寅时作标志)与夜间更、点的关系等重要的天文学问题。同时,在叙述往返于阿齐—古里、古里—忽鲁谟斯、古里—阿丹、古里—祖法儿等航程上的针位时也提到了观星,即标明船在某地时见某星的地平高度多少。高度的数量单位则用“指”、“角”表明。

《郑和航海图》主图为横条形海路图一幅,长达二十页。从图可以看出,当年郑和船队从苏州刘家港起锚,直到印度尼西亚的苏门答腊岛北端,这一段海路上都是用指南针定位。从苏门答腊往西到锡兰(今斯里兰卡)的途中开始兼用天文观测定位。从锡兰往西则尽量利用星辰定位,并且和指南针针位相参照。海图上共记录有六十四处各地所见北辰星(即北极星)和华盖星(即小熊座 $\beta$ 星、 $\gamma$ 星等共八星)的高度,其单位也为“指”、“角”。

《郑和航海图》还有四幅附图,称为《过洋牵星图》。图以图示的方法标出了船经印度洋各地时所见的许多星辰的方位和高度。其单位和海路图上及《顺风相送》书中所载完全

<sup>①</sup> 河北省文物管理处等:河北宣化辽壁画墓发掘简报,《文物》,1975年第8期。

<sup>②</sup> 法显:《佛国记》。

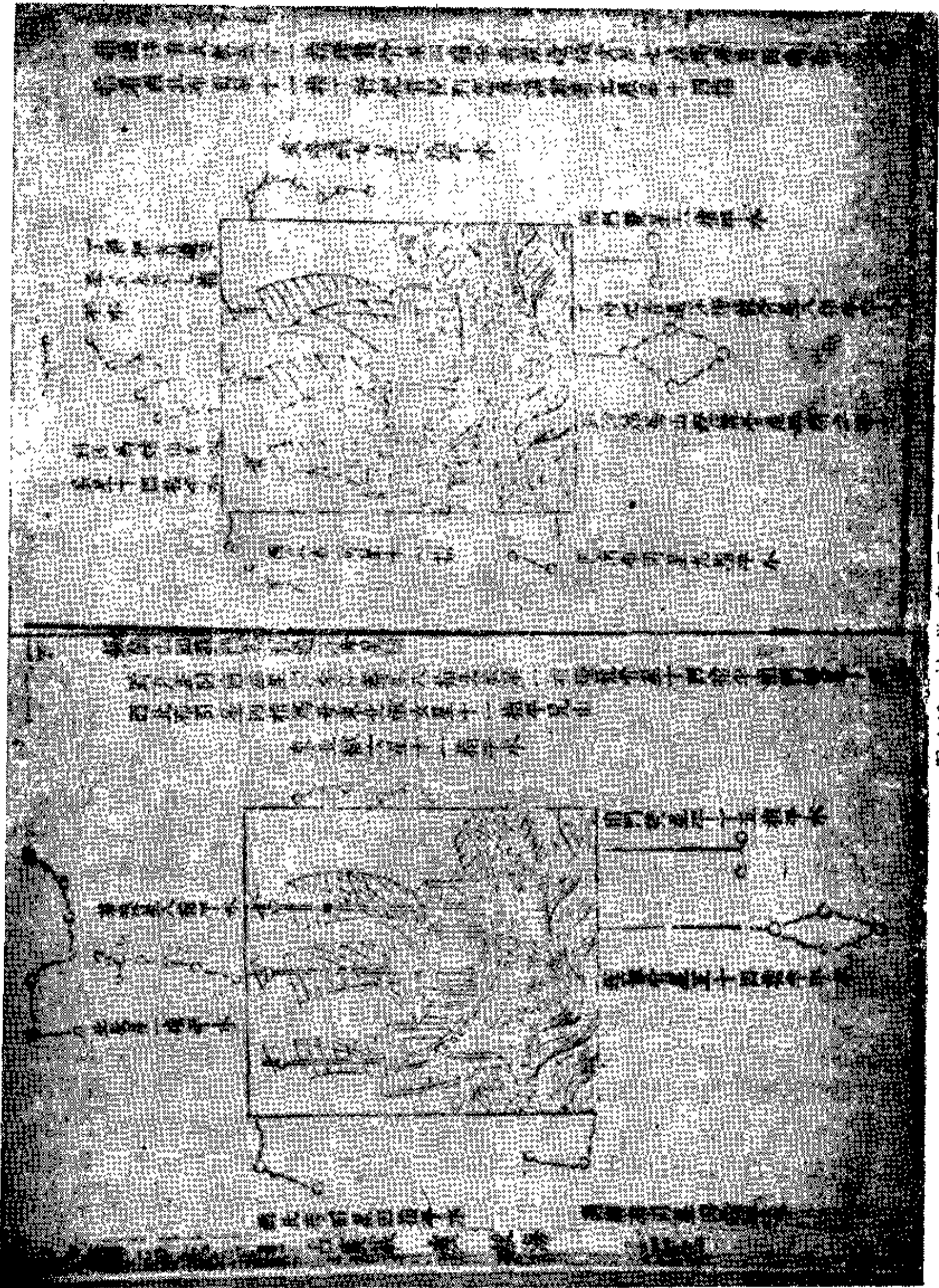


图 4-12 过洋脊断面图



一样。

由《过洋牵星图》的名称可以知道,我国古代航海术中用的是牵星术。明代李诩的著作《戒菴老人漫笔》中记述了牵星术的工具:

“苏州马怀德牵星板一副,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,具有细刻,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。盖周髀算尺也。”

关于牵星版的用法以及牵星术所涉及的种种问题,当前学术界存在两种意见。

据严敦杰同志的研究<sup>①</sup>,马怀德的牵星板和阿拉伯航海家所用的相似。最大的牵星板约二十二厘米,为十二指。每小一指递减二厘米,板中心穿一根绳子,左手拿木板,向左则伸出。右手牵着绳子。使木板和绳相垂直,眼在绳端观看。见板下边缘和水平线相切,上边缘和北辰星或其它星相切,则这块板的指数就是天体的地平高度。使用绳子的目的之一是使眼和板有固定的距离。但若观测者熟练,也可以不用绳子。马怀德的牵星板大约是没有绳子的。

他根据:观测地的北辰指数差数和纬度差数,估算出一指约在 $1^{\circ}34'$ 和 $1^{\circ}36'$ 之间;并把有北辰指角数的观测地纬度和北辰指角数所相当的北辰出地高度相比较,求出有一个 $4^{\circ}18' \sim 4^{\circ}54'$ 的修正量。这个修正量主要是因为北辰星不在天极的缘故。

严敦杰同志认为华盖星等乃是一种方位星,即不论在何纬度,均候该星至一固定方位时观测其地平高度。此等方位可见《顺风相送》中的“观星法”一节:

“北斗出在丑癸,入在壬亥。华盖出在癸,入在壬。灯笼(笼)骨出在巳丙,入在丁未。水平星出在巳丙,入在丁未。”

设观测地纬度为 $\varphi$ ,恒星赤纬为 $\delta$ ,出地高度为 $h$ ,方位角度为 $A$ ,则有公式:

$$\sin \delta = \sin \varphi \sin h - \cos \varphi \cos h \cos A \quad (1)$$

由此式,结合《郑和航海图》上给出的观测数据,他推得灯笼骨星在公元1430年左右的赤纬在 $-53^{\circ}$ 和 $-53^{\circ}29'$ 之间,由此他推断灯笼骨星是船底座 $\alpha$ 星,即我国通称之老人星。使用类似的方法,他证认出华盖星为小熊座 $\beta$ 星、 $\gamma$ 星。水平星可能为波江座 $\alpha$ 星。另外,《过洋牵星图》上绘出的西北布司星则为御夫座 $\alpha$ 星,西南布司星为天蝎座 $\alpha$ 星,南门双星为天鹤座 $\alpha$ 星和 $\beta$ 星,等等。

严敦杰同志的文章开创了对我国古代航海天文学的科学研究。他的具体结论可能是可以商榷的,但是,作为开拓者的历史地位却是无可置疑的。

严文发表之后十一年,有“航海天文调研小组”重新进行了调查研究。<sup>②</sup>

他们除了广泛搜集了历史文献资料外,还进行了民间传说航海天文的调查。他们发现,海南岛和福建等地的老船工当年都使用过与牵星术类似的方法,只是不用牵星板,而是用直尺,或用手掌量度。即用手伸出垂直持市尺,测看北极星距海面的高度;或伸直右臂,手指向左,拇指头朝下与海面相接,小指指尖朝上,恰见北极星,这就叫一掌。如见星在中指上,就叫北辰高半掌。由此,“航海天文”调研小组认为,古代的牵星板也是类似持法,即板面始终和海平面垂直。

① 严敦杰:《牵星术——我国明代航海知识一瞥》,《科学史集刊》第九期,1966年。

② 参加该小组的有华南师范学院、北京天文台、广州造船厂、上海海运学院等四个单位共十一位同志。他们的报告题为《我国古代的航海天文》,发表在1977年的《华南师范学院学报》上。

他们又从广东老船工得知民间航海观测的星中有灯笼星,据辨认,这是南十字座 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 、 $\delta$ 四星。他们认为这就是《郑和航海图》上所说的灯笼骨星。

他们考释出《郑和航海图》上所用的北辰星已是今天的北极星——小熊星座 $\alpha$ 星,而且是在北辰星下中天时进行观测的。于是,北辰星的地平高度 $h$ 和赤纬 $\delta$ 之间有下列关系:

$$h = \varphi - (90^\circ - \delta)$$

根据图上所提供的北辰指数 $Z$ 和已考释出的地点的地理纬度,他们画了一张 $Z - \text{tg } h$ 图。利用图解法求得:

$$Z = 29.6 \text{ tg } h$$

在 $h$ 不大的情况下有:

$$Z = 29.6 \times \frac{h^\circ}{57.3}$$
$$h = \frac{57.3}{29.6} Z = 1.9Z$$

即,一指约相当于 $1.9^\circ$ 。

有意思的是他们有马王堆帛书《五星占》中找到了“指”这个角度单位:

“月与星相遇也,月出大白南……三指有忧城,二指有……”

又发现,在《开元占经》所引的汉代著作《巫咸》占多次引到金星与月亮的最大南北向角距为五指。他们推算,金星和月亮的最大赤纬差是 $9.4^\circ$ ,由此也得一指等于 $1.9^\circ$ 。于是,他们认为,有理由推断,“我国航海天文的牵星术量度方法起源于战国时期。”

“航海天文”调研小组和严敦杰同志的说法有很多不同。二说孰为正确尚难最后断定。关键的是“航海天文”小组没有对严敦杰同志所提出的方位星概念作出答复。可能,从字面看,“出在 $\times$ ,入在 $\times$ ”,应该是指天体出入地平时的方位。但是大家知道,天体出没的方位是随观测地的纬度不同而有很大的不同的。郑和船队经历过从北纬 $30^\circ$ 左右到赤道附近的广大地域。天体出没方位的变化是不能不感觉到的。因此,《顺风相送》中的观星法一节含义究竟如何,应有明确解释。在此之前,还很难说牵星术问题已得到科学的说明。

## 六、变星的观测

### 1. 对恒星亮度变化的观测

古代天文学家对恒星的观测是很勤恳的,但却有个缺点,那就是没有把星的亮度量化,古代的观察结果大概地描述作星明大、光润、光芒小等等。后人很难知道这到底是多么亮。从古代观测者的勤恳和细致来讲,应该对许多亮度变化较大的变星有所发觉和记录。但是,遗憾的是这种明确记载恒星亮度变化的纪录遗留下来的很少。这种情况的一个可能原因,是因为大多数变星的亮度变化幅度都不大,若不是作细致的定量观测,一般是难以发觉的。只有有时亮有时看不见的变星,才有较大的可能被古代的天文学家观测时注意到。《史记·天官书》有段记载:

“句圃十五星属杓,日贱人之牢。其牢中星实则囚多,虚则开出。”唐代张守节注

释道：

“牢口一星为门，欲其开也……一星不见有小喜，二星不见则赐禄，三星不见则人主德令囚赦。”

司马迁说的贱人之牢包括后来的七公和贯索。这两个星官中的贯索部分在今北冕座中。在那里有三个显著的变星 R、S、T，它们都正好在贯索的半圆形附近。它们的变幅分别为  $6^m.8 \sim 12^m.5$ ； $6^m.1 \sim 12^m$ ； $2^m \sim 9^m.5$ ，都是变化在可见与不可见之间的变星<sup>①</sup>。因此，《史记·天官书》中的所谓星实，星虚的话就容易了解了，显然，当时已经观察到这些变星了，所以才会有这样的占文。

不过有关恒星亮度变化的类似占文，在后世的星占书中很多，究竟哪些是真正观测到他们的亮度有变化的，这还必须对那些星占书逐个作一些研究才能肯定。但是，说汉代已经观察到了变星，这是可以肯定的。

当然，古代天文学家们并不是完全没有亮度这方面的思想，三国时代，吴国的天文学家徐整曾提过一种看法：“日、月径千里。大星径百里，中星径五十里，小星径三十里。”日、月之径是根据《周髀算经》等所取得的概数，这当然是错误的。恒星看起来都是一个光点怎么能看出大、小来呢？事实上可能是徐整对恒星亮度的一种分类。这种分法不是很科学的，也未引起后来天文学家们的注意。因此，在恒星亮度的变化的观测上一直没什么进展。这一点是很可惜的。

值得提出的是，古代天文学家们对恒星的颜色却很注意，早在殷周时期，人们把心宿二取名为火的时候，就注意到它的颜色是发红的了。《史记·天官书》中对星的颜色有许多描写，如：“白比狼，赤比心，黄比参左肩，苍比参右肩，黑比奎大星”等等。根据现代对恒星光谱分类来看，天狼星（大犬座 $\alpha$ ），心宿二（天蝎座 $\alpha$ ），参右肩（猎户座 $\gamma$ ），等的比喻还是符合客观实际的。至于奎大星（仙女座 $\beta$ ），本来是一颗光谱型为M型的暗红色的星，称之为黑色，固然是为了满足五行学说而凑上去的，但和人民群众的习惯倒也并不矛盾。比如，现在有的人还把红糖叫做黑糖。值得注意的是参左肩（猎户座 $\alpha$ ），在《史记·天官书》中说它是黄色的，但是，现在它却是一颗红色的星。有人从天体演化的角度对它进行了研究<sup>②</sup>，认为二千年来它的颜色由黄变红，这是符合质量比较大的（二十个左右太阳质量）的早型主序星演化规律理论的。我国古代天文学家对恒星颜色的这些记录，也为现代天体演化的研究，提供了非常重要的资料。

## 2. 对新星和超新星的观测与记录

变星又可以分为两大类，一类是爆发型的，一类是非爆发型的，新星和超新星就是属于爆发型的一类。

当新星爆发时，它的亮度在几天之内就可以增加几千甚至到几万倍，然后又渐渐的暗下去，一般经过几年到几十年之后，又降到它原来的亮度，对于新星的爆发，在银河系中大

① 现代的观测表明，北冕座T变星是一颗再发新星，它在1846年和1946年都突然变亮过。北冕座R变星又是一颗类新星，它平时处于发亮的阶段，但有时会突然变暗，同时光谱也变化，变化的情况和新星相似。有人认为：类新星、再发新星、新星、超新星，这代表一个序列，它们之间的关系是：爆发的周期越长，则光变的幅度越大，爆发的程度也越猛烈。这个规律是否正确，尚有待进一步研究。而我国历史上的变星和新星的观测，对这一问题的研究可以提供很有价值的资料。

② 薄树人、刘金沂、王健民：参宿四二千年的颜色变化，《科技史文集·天文史学专辑》，1978年上海科学技术出版社。

约每年出现50颗左右,但是能够达到我们用肉眼能见到的程度的也不多。

在新星爆发中,有一种爆发规模更大的新星,叫做超新星,超新星爆发时,它的光度在几天之内可以增加到几千万甚至几亿倍,这种超新星爆发在银河系中出现的次数则比新星少得多,有史以来被观察到的超新星也只有几十个。

### (1) 我国古代对新星及超新星的观测

由于我国古代天文学家对天象观察的勤勉和仔细,所以对新星及其它一些天象的记载也是最丰富和最详细的。

我国对新星和超新星爆发现象的观测,在出土的殷商时代的甲骨文字中就有记载了,如“七日己巳夕彗出新大星并火”,“辛未昃新星”等,时代约在公元前十四世纪。前者出现的位置在心宿二(天蝎座 $\alpha$ 星)星的附近。

在以后的文献记载中,我国古代把新星和超新星的出现,一般称作“客星”。因为有些星原来是很微弱的,多数是人目所看不见的,在某个时候它的亮度突然增大了许多倍,变得非常光亮,出现在星空中引人注目。过了一段时间之后,它又渐渐暗了下去,在星空中“消失了”,就好象是到星空中来作“客”一样,因此就给它取了“客星”这个名字。由于彗星也有类似的现象,本来看不见,以后突然出现,不久又消失了,所以,在古代所谓“客星”的记录中,还有一部分是属于彗星的记录。但是,对这些“客星”记录分析的结果表明,凡称“客星”的不少是新星及超新星。

“客星”这个名字,最早出现于汉代,当然决不是说汉以前就没有新星爆发的记录了,上面所列举的殷商时代甲骨文中的记载就是证明。但是,记录比较详细,位置、时间都比较可靠的而且是系统的记录则是从汉代才开始的。《汉书·天文志》中所记的“元光元年五月客星见于房”就是第一个这种记录。时间是公元前134年,房是现在的天蝎座。

自汉以后,对天空中出现的“客星”进行观测和记录就成了天文学家观测的一项内容。由于历代天文学家们的勤恳而细致的观测,新星出现的记录逐渐增加。到十七世纪末,在我国历史上可靠的“客星”记录约有60多项。这么丰富详细而又系统的历代新星爆发记录,在世界各国中是独一无二的,也是我国古代天文学家们的辛勤观测所留下的无可估价的宝贵历史遗产。在这60多颗新星记录中约有10个是属于光度变化特别大的超新星爆发记录(见附录一),其中最早的一个也是在汉代,就是《后汉书·天文志》所记载的:

“中平二年十月癸亥,客星出南门中,大如半筵,五色喜怒,稍小,至后年六月乃消。”

这颗超新星的可见时间为公元185年12月7日到公元186年7月左右,位置在半人马座 $\alpha, \beta$ 两星之间,在这颗超新星的记录位置上已被证认出有一个射电源。其它的几个记录也大多可以证认出和它们对应的射电源。这些超新星爆发的记录中,描述宋代1054年出现在天关星附近的客星记录,是现代最引起人们注意的一项。

### (2) 关于1054年的天关客星

北宋至和元年五月(公元1054年6~7月)的一个早晨,在东方地平线上刚刚升起的天关星(金牛座 $\zeta$ )附近,突然出现了一颗明亮的“客星”起初它亮到甚至白天都看得见的程度。当时我国司天监的工作人员观测并记录了这个令人惊奇的天象。后世的许多史书中都记载着这一现象,我们现在所能看到的最早记载这一“客星”的史书是《宋会要》,其中记着:

“嘉祐元年(公元1056年)三月,司天监言:‘客星没,客去之兆也’,初,至和元年五月,晨出东方,守天关,昼见如太白,芒角四出,色赤白,凡见二十三日。”

十八世纪后,有人在天关星附近,发现有一块外形象蟹的星云,取名为蟹状星云。1921年有人发现这个蟹状星云在不断向外膨胀,根据观测到的膨胀速度,可以反推回去算出这块星云物质是大约在九百年前从一个中心飞散出来的。这个时间与《宋会要》中记录的天关客星出现的时间很相近。而且位置也接近。于是人们很自然地想到,蟹状星云的形成是不是同1054年天关客星的出现有联系?后来又经过一些人的研究,证明1054年的天关客星确实是一次超新星爆发的记录。到本世纪四十年代初期,蟹状星云就是1054年所爆发的超新星遗迹一事,已被天文学界广泛承认。

以后,随着射电望远镜和其它观测手段的发展,人们发现蟹状星云有许多奇特的现象,从它的中心发射出从 $\gamma$ 射线,X射线,可见光直到无线电波段的各种波长的电磁辐射,而且这些辐射都有一个周期极短(约1/30秒)的稳定脉冲,对这些现象进行多方面研究之后,人们认为,它的来源就是过去理论上所预言的一种超新星爆发后的残留中心星——中子星。中子星的发现是现代天文和物理学中的一件大事,对它的研究关系到许多学科的一系列理论问题。从蟹状星云那里观测到的许多奇特现象,正是这些理论的观测基础。也是检验这些理论是否正确的依据。因此,蟹状星云也就成了很重要的研究对象。而对蟹状星云及其核心的研究总要涉及到它的形成历史及超新星爆发的性质。在欧洲各国的历史文献中,还没有发现任何有关这个问题的记录,而在我国的史籍上却留下了有关这次超新星爆发的详细记录(此外,日本的古籍中也有简略记录),因此,世界各国的研究者,都以极大的兴趣转向我国古代留下的关于新星的这些记录,把它看作是我国古代天文学中,对恒星观测上的一项重大成就。

附 汉以来二十八宿距星表

东方七宿		北方七宿		西方七宿		南方七星	
角	$\alpha$ Vir	南斗	$\phi$ Sgr	奎	$\zeta$ Aqd	东井	$\mu$ Gem
亢	$\kappa$ Vir	牵牛	$\beta$ Cap	娄	$\beta$ Ari	舆·鬼	$\theta$ Cnc
氏	$\alpha$ Lib	婺女	$\epsilon$ Aqr	胃	$\beta$ Ari	柳	$\delta$ Hya
房	$\pi$ Sco	虚	$\beta$ Aqr	昂	$\gamma$ Tau	七星	$\alpha$ Hya
心	$\sigma$ Sco	危	$\alpha$ Aqr	毕	$\epsilon$ Tau	张	$\nu$ Hya
尾	$\mu$ Sco	营室	$\alpha$ Peg	觜·蝠	$\phi$ Ori	翼	$\alpha$ Crt
箕	$\gamma$ Sgr	东壁	$\gamma$ Peg	参	$\delta$ Ori	轸	$\gamma$ Crv

## 第五章 历 法

历法是判别节气,记载时日,确定时间计算标准等的方法。它的普遍内容是说明每月的日数怎样分配,一年中月的安排和闰月、闰日等的安插规则,节气的安排等等。

世界上的历法可分为阳历、阴历、阴阳历三种。以太阳运动为主要依据的历法叫阳历。以月亮运动为主要依据的叫阴历。兼顾这两种运动的叫阴阳历。我国古代的历法,自有文字记载以来所使用的都是阴阳历,只有在个别兄弟民族中使用纯阴历或纯阳历。

历法是我国古代天文学中一个很重要的领域。围绕着历法的改革,我国古代人民在天文学方面作出了许多重大的发明创造,对世界的文明和人类的进步作出了重大的贡献。

我国古代的历法还包含更丰富的天文学内容,例如,有关于日、月食和五大行星运行的推算等。这些天象的推算不但是由于我国古代对天文学的重视,而且也是由于它们是验证历法的准确性的一个重要手段。甚至我国历法史上好几次改历的直接原因就是由于日食等的预推有差错。从一定程度上来说,我国古代的编历工作,可以说是一种编算天文年历的工作。

鉴于我国古代历法内容的丰富,在本章中就不可能进行详细的介绍。特别是关于日、月食和行星运动等方面的历史发展,本书将以专门的篇幅来介绍。本章将主要介绍自春秋以来到明末时期和安排年月日时有关的历法内容,而在介绍这些具体内容之前,首先介绍一下历法改革的基本情况。

### 一、从春秋到明末的历法改革

#### 1. 春秋时期的历法和四分历的起源

春秋战国时期由于铁制工具的使用和牛耕的发明,使农业生产得到了进一步的发展。和农业的发展相适应,历法工作也取得了很快的进步。我国最早的科学的四分历就是在这种新的生产大发展的推动下建立起来的。

从《春秋》一书中可以看出,春秋时期的一年分为十二个月。以正月、二月、三月为春季;四月、五月、六月为夏季;七月、八月、九月为秋季;十月、十一月、十二月为冬季。在每个月内,规定以日月合朔的那天为初一,称为朔日;每个月的最后一天(二十九日或三十日)称为晦日。因为十二个月共354或355天,短于一个回归年<sup>①</sup>。为了使月份和寒暖季节大致相应,必须隔二年或三年就插入一个闰月。

《春秋》记有鲁隐公元年(公元前772年)到哀公十六年(公元前479年)共294年的史料。这些史料中记有700多个月名,394个干支日名,37个日食记录。这些是研究春秋历法的一项基本资料。历史上有很多人对此进行过研究,以推求春秋历法的本来面目,经反

<sup>①</sup> 回归年的较严格的定义是:太阳连续两次过春分点(或冬至点)的时间间隔。在春秋时代,一回归年约365.2423日。

复考证,证明这37次日食中有33次是可靠的。以这33次日食记录日期为基本点,参考那些干支日名记录,人们可以排比出整个春秋时代的历谱。晋代的杜预、清代的王韬和日本的新城新藏等都是沿着这个方向进行研究的<sup>①</sup>。王韬等人的研究结果表明,春秋时代的历法以鲁文公(公元前626年—公元前609年)、宣公(公元前608年—公元前591年)为分界线。在此之前,冬至大都出现在十二月,置闰没有明显的规律,大、小月的安排比较随便。宣公以后冬至大都出现在正月,置闰已大致符合十九年七闰的闰法,大、小月的安排也比较有规律。这表明,历法正是在此前后摆脱了观象授时的被动性,掌握了按科学规律来编排历日的主动性。

一个朔望月的长度比二十九天半稍长。按照朔望月来安排历日,必然是小月和大月相间,而到一定月份之后,就要插入一个连大月。这个连大月的安插,在春秋中期以前,并不呈现明显的规律性。可是从鲁襄公二十一年(公元前552年)的九、十两个连大月以后,除了襄公二十四年八、九两个月连大之外,其他所有的连大月的安插都符合15个月—17个月有一次的间隔规律。这表明,当时已掌握了比较准确的朔望月长度。

据统计,《春秋》37次日食记载中,在宣公以前的15次,记明是朔日的只有6次。成公(公元前590年—公元前573年)以后22次,记朔日的竟有21次。由此可见,春秋中期以后,朔日的推算已相当准确。这表明,除了已掌握比较准确的朔望月长度外,日月合朔的时刻也能定得比较准确。

春秋时期农业生产的大发展对于历法预报季节的工作提出越来越严格的要求。在没有掌握较准确的回归年长度以前,闰月的安插只能观测天象来确定。长期的经验积累,人们当然会摸索到一些安置闰月的规律。人们会有如下的认识发展过程:三年一闰太少,五年二闰太多,八年三闰还少一点,十一年四闰又多一点,若把十一年四闰与八年三闰配合起来,或是其他几种方法配合起来,组成十九年七闰,所得结果就相当满意。这个规律的掌握大概是在春秋中期。根据王韬、新城新藏等人的工作统计,自公元前722年到公元前476年间的闰月情况可以得下表:

年次(公元前)	闰月数	年次(公元前)	闰月数	年次(公元前)	闰月数
722~704	7	627~609	7	532~514	7
703~685	6	608~590	8	513~495	7
684~666	7	589~571	7	494~476	7
665~647	7	570~552	7		
646~628	6	551~533	7		

从上表可以看出,自公元前589年以来,十九年中有七个闰月的规律已经掌握。

我国古代很早就发明了用立表观测太阳影子来定方向的办法<sup>②</sup>。后来人们发现,在一天中当太阳位于正南方时表的影子最短。如果每天量度太阳在正南方时的表影长度,

<sup>①</sup> 杜预:《春秋长历》,他的研究是把《春秋》和《左传》中的资料合起来考虑的,但其实两者的历法是有不同的。后来王韬等人主要是根据《春秋》的资料。

王韬:《春秋历学三种》。

新城新藏:《春秋长历》,《东洋天文学史研究》第五编,1933。

<sup>②</sup> 参见本书第九章。

就可以发现,一年中有一个时候影最长,这表示太阳到了最南方,所以叫做日南至。又因为这个时日总发生在冬季,所以后来也叫冬至。在《左传》中有两次日南至的记载。一次在僖公五年(公元前655年):“春王正月辛亥朔,日南至”。一次在昭公二十年(公元前522年):“春王二月己丑,日南至”。这两次记录历来有人怀疑经过刘歆的篡改,以附会他的三统历数据,这当然是可能的。因为用三统历的历元和回归年、朔望月数据推算这两次冬至和合朔的干支,均和《左传》记载相合。但无论三统历的历元和回归年、朔望月的数值都和实际不合,因此,用这些误差颇大的数据居然能推得和《左传》记载相合的结果,这说明《左传》的记载就很可能不是实测的。虽然我们倾向于肯定刘歆篡改了记录,但是我们也认为这些日南至的观测也应该是有过的。刘歆大概不大可能凭空生造几个《左传》中根本没有影子的记录出来。也就是说,我们认为僖公时代,是有过日南至的观测的。

利用土圭作每天中午表影长度变化的观测,可以直接决定冬至的日期。这种观测误差虽然可以大到一、二天左右。但是通过长达几十年或数百年的观测资料的积累和平均,这种一次观测误差的影响是会大大降低的。也就是说,只要长期使用圭表测影来定冬至(或夏至),就可以得到较为准确的回归年长度—— $365\frac{1}{4}$ 日。

掌握了十九年七闰的规律,比较准确的朔望月和回归年长度,历法工作者就进到了四分历的大门口。通过对历史资料的分析比较,人们会发现十九个回归年和二百三十五个朔望月( $235=19\times 12+7$ )的日数是很接近的。当然,当时的实测数据不一定正好相等。但历法工作者认为,若把这两者日数取作相等,就将大大方便历法工作中的计算。这样,四分历就诞生了<sup>①</sup>。这个时间大约在公元前五世纪前后。

## 2. 战国时期的历法和古六历

战国时代四分历的发展已经很成熟了。《孟子》一书中有句话说:

“天之高也,星辰之远也,苟求其故,千岁之日至可坐而致也。”

这个话反映了人们对当时的历法已具有充分的信心。由此可见当时历法的进步。

《礼记·杂记篇》中有句孟献子的话说:

“正月日至,可以有事于上帝。七月日至,可以有事于祖。”

孟献子首见于《左传》文公十五年,卒于襄公十五年,是春秋中叶鲁国的大夫。战国中期的书中还记有七、八月因旱而禾苗枯死,又遇下雨而禾苗复苏的事实。由这两条资料看,春秋中叶至战国中叶这段时间,历法用的是周正。

春秋后期,周天子的权威已大为削弱。这时的一些大诸侯国就有可能不使用周天子颁布的历法而用他们自己的。进入战国之后,特别是各诸侯国称王之后,自然更要颁行自己的历法了。这些历法都是四分历,但是岁首不同,历法的起算点——历元也不同。

所谓岁首问题,就是以哪一个月为一岁之首的问题。如果把冬至所在的月称为“子月”,下一个月就叫“丑月”,以此类推。前已提到,《春秋》所记鲁国的历日表明,在文公、宣公以前,冬至大都在十二月。这就是说,那时的历法是以丑月为正月。宣公以后冬至大都在正月,这就是以子月为正月。与此同时,晋国地区所用的历法则是以寅月为正月的。

<sup>①</sup> 四分历的基本数据是一回归年= $365\frac{1}{4}$ 日。由于十九年七闰,所以235朔望月= $19$ 回归年= $19\times 365\frac{1}{4}$ 日= $6939\frac{3}{4}$ 日。一朔望月= $29\frac{499}{940}$ 日。



《左传》所记晋国的史事日期和《春秋》所载的要差两个月。晋是夏民族的后裔。他们认为自己的历法是夏王朝留下来的。鲁国属周民族，他们尊用周王朝的制度。由于这些岁首的不同，引起了后世有所谓“三正论”的说法。这个说法是说，夏、商、周三个王朝，行用三种不同岁首的历法。但是，对于这个说法，现代的研究者都不赞成。例如，已故钱宝琮先生认为，三种不同的岁首“是春秋战国时期不同地域的历日制度，不应看作是三个王朝改变正朔的故事。”<sup>①</sup>这个说法可能是合乎实际的。

战国时期各国历法的具体资料留传至今的很少。据《汉书·律历志》记载：

“三代既没，五伯之末，史官丧纪，畴人子弟分散，或在夷狄。故其所记有黄帝、颛顼、夏、殷、周及鲁历。”

《汉书·艺文志》中记有

“黄帝五家历三十三卷，颛顼历二十一卷，夏殷周鲁历十四卷”

等等。这就是所谓的古六历。这六种历，颛顼历在秦及汉初行用过，由于考古发掘的进展，现已获得不少资料。关于殷历等其他五种历法，至今只留下一些片断的资料。唐《开元占经》中记有这六种历法的上元积年，《后汉书·律历志》、《新唐书·历志》中还记有个别历法的历元资料。

古六历都是四分历，它们之间的不同在于测定时间的不同，测量精度的不同，因而各自求得不同的历元。六种历法大都以冬至为一岁之始（颛顼历以立春为一岁之始），合朔为一月之始；夜半为一日之始。古人制历，都力图以自己的观测为基础，往前推求到有那么一年，它的冬至（或立春）发生的时刻也正好是合朔的时刻，这个时刻而且正好是夜半。把这样的时刻取作历法的计算起点，就叫历元。从历元这个时刻开始，推算此后各年冬至（或立春）和合朔时刻都很方便，只要将回归年或朔望月周期不断往上叠加就是了。求得冬至和合朔后，一年中其他节气和弦、望时刻也都不难算出，一年的历谱就可以安排出来了。

《后汉书·律历志》中介绍了古六历历元年份的年名。后汉用干支记年，六个历元年是：“黄帝造历，元起辛卯。颛顼用乙卯。夏用丙寅。殷用甲寅。周用丁巳。鲁用庚子。”《后汉书·律历志》又引用后汉天文学家刘洪的话说：

“甲寅之元，天正正月甲子朔旦冬至，七曜之起，始于牛初。乙卯之元，人正己巳朔旦立春，三光聚天庙（按：即营室）五度。”

近人朱文鑫根据这条记载，运用岁差理论，推算出殷历和颛顼历的测制年代大约在公元前370年前后。反观刘宋祖冲之的说法：

“古之六术，并同四分。四分之法久则后天。以食检之，经三百年辄差一日。古历课今，其甚疏者朔后天过二日有余。以此推之，古术之作，皆在汉初周末，理不得远。”

祖冲之的结论是正确的<sup>②</sup>。

### 3. 秦颛顼历和汉太初历的改革

① 钱宝琮：从春秋到明末的历法沿革，《历史研究》，1960年第三期。

② 这一段的议论引自钱宝琮的前引论文，朱文鑫的工作可见其所著《历法通志》59~61页。据我们计算，冬至点在牛初的时代约在公元前450年。朱文鑫的推算虽然有出入，但这不影响他对祖冲之结论的正确肯定。

秦统一中国以后,在全国颁行了统一的历法——颛顼历。汉王朝建立以后,起初它仍然继续了秦的各项制度,历法也依然用秦颛顼历。除了在汉文帝时代置闰规则小有变化外,一直到汉武帝太初改历为止,历法基本没有变化。

颛顼历的资料在史籍中保存下来的本也很少。所幸前几年在山东临沂出土了一批前汉竹简。其中有一份汉武帝七年(后追改元,这年应为元光元年)的历谱。它为颛顼历的研究提供了重要资料。这份历谱是从十月开始的,最后是九月之后的后九月,共十三个月。这与《史记》等所载秦统一中国后以十月为岁首的改革以及古代奉行岁终置闰的规则等都是相合的。这份历谱中除了给出每日的干支外,还注明了冬至、立春、夏至、立秋四个节气的日期。根据这份历谱,结合其他文献和考古资料,有人认为颛顼历以公元前366年正月甲寅朔旦夜半立春为历元。于秦始皇统一中国后开始行用(公元前221年),采用借半日法<sup>①</sup>。

但也有人采用逆推的方法,把竹简历谱的朔日、节气和干支往上逆推算。他认为从元光元年正月往前数第80个月的朔日和从立春向前数第160个节气,都发生在同一天的夜半。由此推算出是在公元前217年,即秦始皇三十年,根据当时实测得到五月戊午朔旦夜半芒种,于是以此为改历的观测依据,并作为历元<sup>②</sup>。

这两种结论目前尚无定论。我们认为,以芒种做历元,这是历史上从未有过的现象。由于竹简历谱只有一年的资料,单据此是难以确定这年各个合朔的具体时刻的。因此,往上逆推的结果也是不容易确定的。即它可以有好几个结果,芒种历元之说难以凭信。当然,借半日法也是历史上所罕见的。《汉书·律历志》虽然有记载,但那是说的邓平的方法。邓平之前是否实际施行过,还应有确切的考证。不过,从目前来看,从前述立春为历元所推出的历谱和《史记》、《汉书》所载的史料相较极为相近。随着我国社会主义建设事业的发展,必将有更多的文物资料出土,秦汉颛顼历的问题一定会得到完满的解决。

秦颛顼历行用了一百多年,到汉武帝时进行了新的改历。

这次改历的原因有两个。一是自然的,即颛顼历本身有误差,经过一百多年的积累,变得“朔晦月见,弦望满亏多非是”<sup>③</sup>的明显错误。正巧,按当时的测算,元封七年的十一月甲子日的夜半,正好合朔和交冬至。这在古代被认为是历元的理想时刻。于是,由太史令司马迁等人提出:“历纪废坏,宜改正朔。”<sup>④</sup>汉武帝接受了这个意见,下诏改历,并定元封七年为太初元年。历元年名焉逢摄提格,月名毕聚<sup>⑤</sup>。

改历开始,先是由司马迁等人造仪器,做观测。请了一些民间天文工作者一同工作,其中有方士唐都、巴落下闳等人。但是,这一次改历似乎有点周折,按《汉书·律历志》的说法,这些天文学家工作了一段时间之后,有一部分人上了一个奏章,说是:

① 陈久金、陈美东:从元光历谱和马王堆帛书《五星占》再探颛顼历问题,《中国天文学史文集》,科学出版社,1978年出版。

一个朔望月是29天半多一点,若这个月的合朔时刻在夜半,则下个月的合朔时刻就在上个合朔之后第30日的中午过一点。若把这一天定为第二个月的朔日,则第一个月就是小月,29日。所谓借半日法,就是把下个月的合朔时刻加上半天,再定为第二个月的朔日。这样第一个月就是大月,30日。经过借半日法定朔日,在它的夜里就有可能见到月亮。

② 张培瑜:汉初历法的讨论,《中国天文学史文集》,科学出版社,1978年版。

③、④ 《汉书·律历志》上。

⑤ 见《史记·历书》。

“不能为算，愿募治历者，更造密度，各自增减，以造汉太初历。”<sup>①</sup>

于是又招请了治历邓平等二十余人，收集了十八家不同的历法。最后比较的结果，汉武帝命令司马迁采用邓平的历法，这就是著名的太初历。

太初历用夏正，以寅月为正月、岁首。它有许多比颛顼历进步的地方：它规定以无中气之月为闰月，这比年终置闰的办法更合理；它首先记有日、月食周期，为日、月食预报打下了基础；太初历所测定的五星运行周期也比过去有显著的进步。围绕着太初历的制定，进行了制造仪器和测量天体位置的工作。凡此种种表明，太初历的改革，基本上是一项前进的科学活动。

但是，太初历也有其缺点。它取一个朔望月为  $29\frac{43}{81}$  日。从而，按十九年七闰的规律，回归年的日数为  $365\frac{385}{1539}$  日。这两个数值都比四分历的误差更大。其所以这样取，是因为  $29\frac{43}{81}$  日与四分历的  $29\frac{499}{940}$  日极为相近；而 81 这个数字却可以附会上一种神秘的意，叫做黄钟自乘<sup>②</sup>。黄钟是古代一种音调的名称。把天文数据和毫不相干的音律联系在一起，在当时是为了表明自己数据的神圣性。但这一来就不得不牺牲天文数据的客观性，从而使这两个基本数据的精确度反而倒退了。

历法是显示封建统治权力的一个标志。在削平汉初以来的诸侯王割据之后，汉武帝施行改历，正是为了大力加强他的封建的中央集权的专制统治。御史大夫儿宽在向汉武帝议论改历时说：

“帝王必改正朔，易服色，所以明受命于天也。”<sup>③</sup>

这就是说，改历也是为了宣扬“君权神授”论的需要。这样一来，在科学的历法上面就不可避免地要强加上一些神秘、唯心的东西，从而使历法的科学性受到影响。太初历的缺点是有其社会根源的。

太初历在制订时和颁行后都遇到过反对。

太史令司马迁虽提议改历，却并未想到要改变四分历的计算方法。他在编写《史记·历书》时竟不提邓平的八十一分法，而仍以四分法编出他的《历术甲子篇》附在后面。显然，他是不同意八十一分法的。《史记·太史公自序》有一段司马迁之父司马谈的话：

① 这是件很奇怪的事。被郑重地请来改历的天文学家不全是平庸之辈，他们提出“不能为算”，这表明他们一定遇到了某些困难，并且很可能产生了严重的分歧。我们推测，困难之一可能是这次改历活动中进行了大量的观测，由此发现了一些当时传统观念中还无法接受的现象。例如，冬至点的位置，过去都认为是在牵牛初度，可是由于岁差的原因，到汉武帝改历时冬至点已移到斗宿。然而当时的人们还不知道岁差，许多人很难接受冬至点位置已经改变的事实。在后来的《三统历》里，既使用了牵牛初度的数据，又含混地承认了冬至点“进退牛前四度五分”的事实。这种矛盾反映出当时在处理这个现象时一定是很困难的。困难之二大概在于新历历元所定的年名，这个年名定的是焉逢摄提格（甲寅），可是按当时的纪年法，这年应是游兆困敦（丙子），这两者相差了三十八年，造成纪年的不连续。这对实用上和历法推算上都很不方便。因此，它必然会受到人们的反对。可是这个新历历元年名已由皇帝诏书颁布，是否要改回到和以往连续的年名，肯定是个难以解决的问题。后来改定的《太初历》，在名义上并不否定它的历元年名叫焉逢摄提格，可是在实际使用和历法计算中却是用的丁丑。

② 汉代认为，用一根九寸长的铜管或竹管吹出的音调称作黄钟，它是十二音律之首。“黄钟自乘”就是以其长九寸自乘得81。一说，黄钟管的周围为9分，以围乘长，得81。不管如何说法，反正太初历取81为朔望月的日法，是从黄钟来的。《汉书·律历志上》中说：“故，八十一为日法，所以生权、衡、度、量、礼乐之所繇出也。”说到最神的时候，音乐可以和天地阴阳万物相联系。把历法的数据和这样神妙的乐律联系在一起，这就使自己的数据显得神圣、秘奥。而颁行这种历法的帝王就更显得具有“神性”。这就是封建社会里把天文数据神秘化的根由。

③ 《汉书·律历志》。

“夫阴阳、四时、八位(八卦方位)、十二度(十二次)、二十四节各有教令,顺之者昌,逆之者不死则亡,未必然也。故曰:使人拘而多畏。夫春生、夏长、秋收、冬藏,此天道之大经也,弗顺则无以为天下纲纪。故曰:四时之大顺不可失也。”

从这里可以看出,司马迁父子很重视天时的自然规律,却在一定程度上反对阴阳家说、天人感应之类的迷信。司马迁之反对八十一分法是有其思想基础的。

如果说司马迁对太初历的反对中包含着一定的合理因素,那末二十七年之后的另一位太史令张寿王提出的反对却是完全的倒退。

汉昭帝元凤三年(公元前78年),张寿王上书道:

“历者,天地之大纪,上帝所为。传黄帝调律历,汉元年以来用之。今阴阳不调,宜更历之过也。”

又说:

“阴阳不调,谓之乱世。”<sup>①</sup>

他不承认元封七年十一月朔旦冬至这个较准的推步起点,认为合朔时刻亏了四分之三日。他主张用殷历。他的反对提出以后,西汉政府组织了主历使者鲜于妄人、治历大司农中丞麻光等二十余人,做了三年的天文观测,比较了太初历、黄帝调历、殷历等十一家历法。结果证明,在这十家中还是太初历比较符合天象。辩论中张寿王还想以传说中的帝王的年岁问题进行纠缠。凡此种种都表明了张寿王的落后性。最后,张寿王被罢官而去。

到了西汉末年,刘歆把太初历改造成为《三统历》,并撰附了一篇主要用来说明《春秋》和其它古史的《三统历谱》。《三统历》和《三统历谱》被《汉书·律历志》采作蓝本而得以流传下来。可是这一来,邓平的《太初历》却失传了。

刘歆进一步发展了太初历的落后方面。他利用与天文学毫无关系的《易·系辞传》中的神秘数字来解释太初历的基本数据,使三统历变得更加神乎其神。尤其错误的是,他把董仲舒的历史循环论——三统之说引进了太初历。

本来,按太初历的朔望月和回归年数据,从历元时刻起,过1539年之后朔和冬至时刻又回到同一天的夜半。过三个1539年之后,朔和冬至又回到同一个甲子日的夜半。这是很自然的结果。但是刘歆却把这1539年的周期称为“一统”,三个1539年就是“三统”,所以他把他的历法定名为《三统历》。他说:

“三代各据一统,明三统常合,而迭为首。”<sup>②</sup>

所谓“三代各据一统”,就是董仲舒所主张的:夏为黑统,商为白统,周为赤统。三统依次循环。每换一统就要更换一个朝代。换一个朝代就要改正朔、易服色,表示他获得了这一统的天命。这种反动的历史循环论本是为了西汉统治集团加强其封建专制统治的需要而炮制出来的。然而,它却也很适合西汉末年统治集团面临崩溃时地主阶级换马的需要。王莽的国师刘歆把三统说引入太初历,这显然是为王莽篡位,获得新“天命”作舆论准备的。

作为一个天文学家,刘歆在历代天文工作者辛勤劳动的基础上曾经发现了一些新东西。例如,他提出岁星超辰的算法,以改进粗略的岁星十二年周期;他发现太初历的朔望

① 《汉书·律历志上》。

② 《汉书·律历志》。

月和回归年的数值都太大,提出了比四分历还进步的数据<sup>①</sup>。但是,刘歆只在三统历里引进了岁星超辰算法,却把朔望月和回归年的长度完全保持原值而未作改变。因为如果要改变的话,他的整套神秘的数字体系就要彻底垮台。反动的政治立场、唯心主义的世界观使他把已经达到的科学进步重又抛掉。刘歆给后人留下了深刻的反面教训。

刘歆后因王莽集团的内部矛盾而被杀。王莽篡位后不几年也被农民起义的烈火所埋葬。由于三统历在历法内容上就是太初历,因此,太初历的施行并未因王莽的上台或灭亡而有所变化。真正的变化是在又过数十年以后。

#### 4. 后汉四分历和刘洪乾象历

东汉初年,人们即已发现,日月合朔常在历书上的朔日之前,月食日期也比预推的早一日。这是太初历回归年、朔望月数值太大和太初历历元尚有误差的缘故。人们根据实践,有的采取“缩用算”的办法,即把各种天象预推时刻都提前一段;有的则干脆重新采用四分历的回归年和朔望月长度。永平十二年(公元69年)开始采用张盛、景防、鲍业等以四分法所推算的弦、望和月食时刻。元和二年(公元86年)正式颁布编訢、李梵等人编的四分历。它以文帝后元三年(公元前161年)十一月夜半朔旦冬至为历元。由此推算,东汉四分历的交气、合朔时刻比太初历提前了四分之三日,从而有利于太初历历法后天现象的校正。其后又经贾逵等人共同讨论和修订,总结了几十年来的观测记录,取得了更显著的进步。这个历法后世一般称为后汉四分历。

后汉四分历把先秦四分历以来一直沿用的冬至点在牵牛初度这个位置改正到斗二十一度又四分之一;它用黄道度数来计算日、月的运动和位置;它还根据实际观测定下了二十八宿距星间的赤道度数和黄道度数,二十四节气的太阳所在位置和昏、旦中星,昼夜漏刻和八尺表的影长等等的重要数据。此外,在贾逵等人讨论的过程中李梵他们还根据历代记录发现了月行速度有迟、疾的现象,并且定出:“月移故所疾处三度。九岁九道一复。”<sup>②</sup>这就是现代所谓的月亮轨道近地点的进动。不过,这个发现在后汉四分历里却没有引进。

后汉四分历诞生以后也象太初历一样受到过多次批评和攻击。

两次攻击,一次在延光二年(公元123年),一次在熹平四年(公元175年)。这两次攻击都拿历元问题做文章,认为后汉四分历历元不合图讖,而且都把由于豪强大地主阶级兼并土地而引起的社会动乱归结为用了图讖上找不到的历元的缘故。例如说:

“孝章改四分,灾异卒甚,未有善应。”<sup>③</sup>

或者说:

“历元不正,故妖民叛寇益州,盗贼相续为害”,<sup>④</sup>

等等。这些议论反映了在农民骚动和起义的打击下,地主阶级中一部分人的惊慌失措。他们需要不论什么样的救命稻草来使自己免于灭顶。可是这些反动愚蠢的家伙不仅找不

<sup>①</sup> 《续汉书·律历志》载:“刘歆研机极深,验之春秋,参以易道。以《河图帝览嬉》、《雒书·乾曜度》推广九道,百七十一岁进退六十三分,百四十四岁一超次。与天相应,少有阙谬”。按171岁去朔余63分计,一朔望月长度为29.530496日。相应地,回归年171岁也应去中余1197分,则一回归年长度为365.2456日。

<sup>②</sup> 《续汉书·律历志中》。

<sup>③</sup> 《续汉书·律历志中》。

<sup>④</sup> 同上。

到(也根本不可能找到)政治上的解决办法,而且也提不出任何真正的历法改革意见。他们对后汉四分历历元的攻击丝毫也抵挡不了农民起义的革命锋芒,却只能把历法搞乱,从而归根结底要增加东汉王朝最高统治集团的困难。因此,东汉统治集团拒绝了他们的攻击。这就是尚书令陈忠(延光二年)和议郎蔡邕(熹平四年)等高级封建官吏也能说几句有唯物主义倾向的话来“保卫”后汉四分历的根本原因。

后汉四分历虽然有其进步的地方,但是在它制定之初有些内容就已经落后了。例如,西汉末年发现的去六十三分法,李梵等发现的月行当有迟疾等新内容都没有被后汉四分历所吸收。其后在延光二年的历法争论中,尚书郎张衡、周兴提出了真正的改历建议:采用九道法。这种方法把月行迟疾考虑进去以求月亮运动和位置,它也就是后世所谓的定朔法<sup>①</sup>。汉安二年(公元143年)尚书侍郎边韶上言用去六十三分法。张、周、边等人就有关的问题批判了四分历。但是,这些革新意见也都未被采纳。

然而,历法推算是要经受客观天象的检验的。后汉四分历行用几十年之后日益后天,特别月食的预报错误非常明显,因此,人们一再提出各种九道法。东汉政府无奈,就把用这些方法所算出的朔、望及月食等预报,让太史部门参用。可是正式颁行的历法则始终是四分历。在这个斗争过程中锤炼出了东汉末年刘洪的乾象历。

乾象历是第一部传世的引进月行迟疾的历法(它以前的九道法均已失传)。它定出了比较精确的近点月日数和一个近点月内每天的月亮实际所行度数。它用月亮的实际运动来修正根据月亮的平均运动所算出的朔、望时刻(这叫做平朔和平望),修正所得结果就叫定朔和定望。由此而可以更准确地推算日食和月食。乾象历的另一个进步是缩小了斗分<sup>②</sup>,即改进了回归年数值,从而也改进了朔望月的数值。乾象历还第一次定出了交食食限的数值,这在交食预报上是个重要发明。

可是,当时的东汉王朝已极为腐朽,它已没有能力来进行新的历法改革。乾象历纵然优秀,它也不可能得到颁行。直到东汉王朝灭亡为止,太史令只能死守着一部后汉四分历。

## 5. 三国两晋南北朝时代的历法

从三国到南北朝,这是社会大动荡的时期,各个民族、各个地区的局部政权此起彼伏,这些政权在它们相对稳定以后常常颁行自己独立的历法。因此,这一时期中提出了很多新历法。由于各族人民的努力,这些历法中不断有东西创造出来。

三国时期,历法也出现了三历鼎立的局面。孙吴政权,大约在孙权称帝(公元222年)后次年颁行刘洪的乾象历。曹魏则于景初元年(公元237年)颁用尚书郎杨伟造的景初历。只有蜀汉,出于政治上的考虑,仍然沿用后汉四分历。

景初历改进了朔望月的数据,但回归年则不如乾象历,五星方面和乾象历相当。景初历的主要优点是在日、月食的预推方面。推食分多少、日食亏始方位等计算则是其特创。

① 《续汉书·律历志中》：“用九道为朔，月有比三大二小”。显然，这是一种定朔的算法。

② 所谓斗分，即回归年长度的日以下的小数部分。四分历的回归年为365.25日，这0.25即所谓斗分。中国古代按太阳日行一度的说法，将一周天分成365.25度。而二十八宿中各宿距度都为整数，唯独冬至所在的宿——斗宿占有剩下的度以下的分数部分。故这部分尾数又称为斗分。或者用分数表示的话，就称分子为斗分。例如，乾象历回归年尾数为 $\frac{145}{589}$ ，这145即斗分，化成小数就是0.2462，即乾象历的回归年数值为365.2462日，由十九年七闰规律可推求出乾象历的朔望月数值为29.53064日，这两数值都较后汉四分历的为佳。

后秦姚兴(公元395~416年在位)年间颁行姜岌于公元384年所造三纪甲子元历。北凉沮渠蒙逊于元始元年(公元412年),颁行赵歊所造元始历。这两个历法是在少数民族政权下提出的重要历法。

在南方,刘宋元嘉二十二年(公元445年)颁行太子率更令何承天撰的元嘉历<sup>①</sup>。肖梁天监九年(公元510年)起颁行祖冲之的大明历。这是汉族政权下颁行的两个先进的历法。

何承天继承了其舅父晋秘书监徐广所积累的四十余年天文观测记录,他本人又继续观测了四十年,因此,元嘉历的观测基础是比较好的。何承天依据冬至前后日影的观测判定按景初历所定冬至已后天三日。在元嘉历中他作了改正。何承天认为,既然以寅月为岁首,那么就应以寅月的中气——雨水为气首,元嘉历的历元就定在正月朔旦夜半雨水的时刻。此外,何承天为了求得更精密的朔望月数值,他创造了所谓调日法的数学方法(详情见后)。这种方法为后世历法家所广泛采用。

何承天认为,日食应该在名符其实的朔日,月食则应在望日。因此,他主张在历日安排上也采取定朔,废除平朔。但是,由于用定朔安排历日,就可能出现连着三个大月和连着两个小月的情况。这一点,早在东汉时代人们提出九道法时就已经遇到过。因为这违反了大、小月相间,最多有两个月连大的千百年来习见的现象,因此,九道法受到了强烈的反对。后来刘洪在乾象历中就只在计算日食和月食时才引进定朔和定望,而在历日安排上仍然采用平朔、平望。现在何承天又提出用定朔的问题。一些保守的人也提出同样的理由加以反对。年已高迈的何承天虽有革新的思想,却没有坚持的勇气。他撤回了定朔的建议,回过头来仍然采用平朔。

祖冲之的大明历完成于刘宋大明六年(公元462年)。他批判地继承了前人的工作,自己又进行过卓有成效的天文观测实践,加上他的精湛的数学知识,使他在大明历中提出了许多革新和创见,因此,大明历成为这一时期中最优秀的历法。

大明历的最重要的创新是把东晋虞喜发现的岁差现象引入历法计算之中。祖冲之测定冬至时太阳在斗十五度,和过去的记录比较,定出岁差为四十五年十一月差一度。以往历法都认为冬至时太阳所在的位置是固定的,这样,作为日、月、五星等天体运动的起算点就不能符合实际,而每次改革又只能凑合一时。祖冲之把岁差引进大明历,使冬至太阳所在的位置成为逐年变动的,这就开辟了纠正这个缺点的道路,对历法计算准确性的提高有重要意义。

大明历的其他重要改进有:定出比赵歊更精密的闰周;定出精密的交点月日数27.21223日,同现代观测所定的相比只差十万分之一日;大明历所定的五星周期,也比以往历法精密。

祖冲之历法进呈刘宋政府后,受到宋孝武帝的宠臣戴法兴的反对。戴法兴顽固守旧,不信资浅年轻的祖冲之能改革历法(当时祖冲之年不过三十三岁,官不过是南徐州从事史)。戴法兴的反对主要集中在岁差和闰周这两点。

戴法兴认为“日有恒度”,冬至点的位置是不会变的。如果岁差之说成立,那么《尧典》、《诗》、《左传》等儒家经典中所载的星象就都要改变了。因此,戴法兴攻击祖冲之是

<sup>①</sup> 何承天于元嘉二十年表上新历,后经检验、答难和修改。据《宋书·律历志中》载:“有司奏……宋二十二年普用元嘉历,诏可”。这宋二十二年当是宋元嘉二十二年。

“诬天背经”。

戴法兴认为,十九年七闰法是“古人制章,立为中格”,因此是“此不可革”。而祖冲之的改革则是“削闰坏章”。这样,过七千四百二十九年就要少一个闰月。而按四分历的回归年计算,祖冲之历法过一百三十九年零二个月就要少一日。他狂妄地嘲笑说,“恐非冲之浅虑妄可穿凿。”

由于戴法兴是宋帝刘骏的宠臣,有权有势,异议一出,朝臣都附和他的意见。但是,手中有真理的祖冲之并没有被吓倒。他上了一道辨析的奏章,针对戴法兴的非难,摆事实,讲道理,逐条予以驳斥。

祖冲之根据元嘉十三年(公元436年)以来的几次月食观测,证明冬至点的位置与古代相比是在变化的,事实具在,不能“信古而疑今”。古今的星象是在变化的,好象“夏礼未通商典”一样。所以,戴法兴的引经据典,是完全对不上号的。关于少日、失闰的问题,祖冲之举出自己测定的冬至数据,证明元嘉历行用一定年限后已经明显落后于天象;至于四分历的情况更是这样,所以回归年长度就是应该比元嘉历和四分历的要小,也即,少日是对的。减闰也是一样。

因为古代的朔望月也是太大,所以日食常在晦日。十九年七闰是个很粗略的数据。按戴法兴的说法,那就应该重新使用四分历了,这能行吗!祖冲之的通篇辩论摆事实,讲道理,并且坚信天文数据“非出神怪。有形可检,有数可推”。充分表现出祖冲之坚持科学、反对迷信的唯物主义战斗精神。

当然,事物都是一分为二的,祖冲之是个伟大的天文学家,但是他也有缺点。一个缺点是把诸如近点月、交点月以及五个行星的运动周期等都列入了他的上元积年的考虑因素之内,以至把过去已经很复杂的上元积年计算搞得更复杂了。所得的数据也格外庞大。在这个问题上,杨伟景初历和何承天元嘉历都有比较简单的处理方法(见后),可是祖冲之却没有发展这个先进经验。戴法兴的批评中也提到了这一点,应该承认,这里是有一定正确性的。但是戴法兴却摆出权威的架势,斥责祖冲之说:“迟疾之际,非凡夫所测”,从而根本否定了祖冲之的近点月工作。这种宣扬神秘、唯心的观点,被祖冲之加以痛斥,那是完全有理由的。

另一条是,戴法兴辩论中提到了“日有缓急”的说法。虽然这是为十九年七闰辩护而提出来的,但是它的本身却叫戴法兴蒙对了。祖冲之对这一点采取了简单否定的态度,斥之为“未见其证。”这样,日有缓急的思想又延缓了一个多世纪,直到北齐时才由张子信经过三十多年的天文观测加以证明。

## 6. 隋唐五代历法改革

张子信的三十多年天文观测取得了很重要的成果。他证明了太阳周年视运动的不均匀性(古称日行盈缩);他研究了日、月、五星运动速度变化的规律和计算问题;他还发现了合朔时月“若在日道外,虽交不亏”的现象。<sup>①</sup>张子信的工作极为重要,它开创了隋唐历法的新生面。

隋唐五代历法在历代成果积累的基础上产生了新的飞跃。其中最主要的有两点。一点是由于日行盈缩的认识和二次差内插法的发明,把定朔算法大大向前推进了一步,使

<sup>①</sup> 《隋书·天文志中》。



日、月食计算和五星运动计算也得到了重要改进。再一点是在交食计算中察觉到需要引进一些经验改正,这些改正的实质起因于月亮的周日视差。虽然当时还没有这种清晰的认识,但是,直觉的经验却毕竟是科学理论的开始。隋唐历法中这项改正的科学价值是不能低估的。

历法改革在隋代经历了激烈的斗争。

隋开皇四年(公元584年)颁用道士张宾等所造的开皇历。张宾因为曾用相面术等手段为隋文帝杨坚取代北周、夺取政权制造过舆论,因而得到杨坚的宠信。开皇历是将何承天元嘉历微加增损而成,当然是落后于当时整个天文历法发展水平很多了。于是,刘孝孙(此人曾与张子信的弟子张孟宾一同担任过北齐王朝的历官,且两人均系广平——今河北省永年县人)和冀州秀才刘焯等人提出批判。批判的最主要之点是开皇历不懂得有岁差,不懂得算定朔。刘孝孙等人的奏章上去以后,张宾和因阿附张宾而升为太史令的刘暉合谋,诬蔑刘孝孙是“非毁天历,率意迂怪”;攻击刘焯是“妄相扶证,惑乱时人”,寻个事故,把他们赶出京城。

后来张宾病死。刘孝孙得知后抛弃了他当时所任的掖县(今山东省掖县)丞这个官职,再次进京上书。可是,当太史令的还是刘暉。刘暉一面扣压他的奏章,一面把刘孝孙骗到司天监里,让他“累年不调,寓宿观台”<sup>①</sup>,把他架空起来。刘孝孙悲愤之下抱了他的书,用车子推了棺材到皇宫门前哭诉。这次引起了杨坚的注意。他命人评比各家历法的优劣。这时司天监另一个官员张胄玄也出来批评张宾的历法,并献出自己的方法。评比结果证明开皇历错误很多,当下刘孝孙要求处斩刘暉。可是这个要求冒犯了封建帝王的“尊严”,刘孝孙的历法还是没有被采用。不久,他就死了。封建专制制度扼杀了无数人民群众的发明创造,刘孝孙的遭遇不过是一个小小的注脚而已。

刘孝孙死后,张胄玄使用投靠杨坚亲信大臣,伪造天文现象来吹捧杨坚<sup>②</sup>,等等的办法得到了杨坚的欢心。命令他参加制定新历。张袁两人又相互勾结,排挤了刘焯。由此,张胄玄确立了他的优势。开皇十七年(公元597年)按张胄玄的方法编成新历。这时,有人上书说,落下闳改历时就预言,八百年后会有圣者出来改历。从太初元年到现在已七百多年,取其整数的话,当今就是圣者了。杨坚看了大喜,下令颁行新历,把刘暉等四人革职,另外六人解去现任司天监官职;让张胄玄当员外散骑常侍郎,领太史令;袁充任太史令。

张胄玄最初学的是祖冲之的方法,所编历法也相当落后。进入司天监后与刘孝孙共事,据刘焯揭露,张胄玄后来的新历乃是刘孝孙所作。显然,这是刘孝孙死后的遗稿被张胄玄占去。不过,刘孝孙历法原用定朔安排历日,却被张胄玄删掉。

刘焯是隋代最杰出的天文学家。他于开皇三年(公元583年)编撰历法。其后在与张宾、刘暉、张胄玄的斗争中不断发展自己的方法。开皇二十年(公元600年),他撰成他的杰作——皇极历。但是,因为张、袁两人把持了司天监,互相引重,博得隋文帝杨坚和其后的隋炀帝杨广的信任,刘焯对张胄玄的揭露和对张胄玄历法的批判几次都受到压制而毫无结果。刘焯本人于大业四年(公元608年)抱恨而终<sup>③</sup>,成为封建制度下的又一个牺牲者。

① 《隋书·律历志中》。

② 张胄玄胡说白天的时间比往年长了,正午的表影比往年节气相同的日子要短了,这是杨坚德行好,隋朝福命大的象征,事见《隋书·律历志》和“张胄玄传”。

③ 据《隋书·刘焯传》,刘焯死于大业六年(公元610年),年六十七。但是《隋书·律历志》两处记载,刘焯死于大业四年,并且说明,张胄玄直到刘焯死后才敢改功他的历法,而张胄玄大业历的上元积年数也是计算到大业四年,可见刘焯卒年应以《隋书·律历志》所载为是。

但是他的皇极历受到当世学者的众口称颂,得以流传后世。

张胄玄开皇十七年定的历法未曾流传下来。据《隋书·律历志》记载,其后发现它的历元冬至点和其他数据有错误,但是,直到刘焯死后,张胄玄才敢改动他的历法。此历以大业历之名流传于后世。从这种情况看来,刘焯揭露张胄玄抄袭刘孝孙的事大概是可信的。不过,这样一来,大业历或许有了另外一种重要性,那就是,它和张子信的工作可能有较深切的关系。大业历的五星周期比较精密,这恐怕不是偶然的。

大业历行用到隋亡。但是入唐以后第二年(公元619年)起行用的戊寅元历仍然基本采用张胄玄的方法,不过它的作者东都道士傅仁均却主张用定朔法排历谱。不仅如此,他还主张不用上元积年,也颇有点革新气概。但这些主张最后均遭失败。武德九年(公元626年),大理卿崔善为奉诏校正戊寅元历,恢复了上元积年。唐太宗贞观十八年(公元644年)预推次年九月起有四个大月相连,许多历法家议论纷纷,不得已,又改用平朔。

唐高宗时戊寅元历疏误日多。麟德二年(公元665年)颁行李淳风作的麟德历。麟德历以皇极历为基础。皇极历的创造发明在被压制了四十多年之后终于得到了承认和发展。科学和真理终究是扼杀不了的。

麟德历也采用定朔排历谱。从何承天提议以来,经过二百多年的争论和斗争,用定朔排历谱的主张基本得到了胜利。在封建制度下取得科学上的进展是个十分艰巨的斗争过程。就是胜利也往往难以一下彻底。例如,麟德历为了避免四个大月或三个月月相连的特殊现象,设立迁就的方法,或把朔日下推一日,使第三个月月变成大月;或上退一日,使第四个大月变成小月。这套迁就的方法直到元朝的授时历才彻底革除。

麟德历对许多天文数据采用同一个分母,这比过去各家历法都是一种数据一个分母的办法当然要简便得多。麟德历正式废除章部纪元之法,不用闰周,直接以无中气之月置闰,从此,彻底摆脱了闰周的累赘。

虽然麟德历是比较好的历法,但它终究包含着误差,几十年后,在日食推算上就屡次失误。唐玄宗开元九年(公元721年),诏僧一行作新历。为此,一行组织领导了新仪器的制造和天文观测,为他的编历工作奠定了观测基础。开元十五年(公元727年)新历草成,一行也即逝世。历经(即讲历法计算的本文)和历议等有关文字材料都是当时的宰相张说和历官陈玄景编次进上的。开元十七年(公元729年),大衍历颁行。

四年之后,有个历法家瞿昙谏和陈玄景一起提出批评说:“大衍历写九执历,其术未尽。”曾经在一行领导下进行过子午线长度测量的南宫说也提出责难。天文观测是检验天文理论的标准。当下有侍御史李麟、太史令桓执圭等人把历年来的灵台观测纪录和几种历法的推算结果相比较,结果证明,大衍历的确比麟德历和九执历都来得优越。南宫说等人因而受到了处罚。

大衍历的确有很多成就。它发明了定气的概念(见后)。它认为冬至时日行最急,夏至时日行最缓。这是对太阳周年视运动规律比较正确的认识,它改正了刘焯以春分前一日日行最急的错误认识。大衍历在皇极历的基础上发明了不等间距二次差内插法。大衍历研究了历代历法的编算结构,归纳成七篇,立法整齐,为后世所效法。大衍历的许多数据既有当时的观测基础,又吸取了前人的先进成果,因此,一般都是比较优良的。

当然,大衍历也有缺点,它生硬地用《易·系辞传》上关于“象数”的语言来附会它的数据,致使天文学神秘化起来,有时就要影响天文数据的精确性。一行依大衍历推得开元十

二年(公元724年)七月朔和开元十三年十二月朔都应有日食,但两次都未观测到。一行就认为不是他的历法尚有缺点,而是唐玄宗的德行感动了上天。

大衍历以后,唐代还行用过五种历法。其中唐穆宗长庆二年(公元822年)颁行的宣明历比较优良。它的近点月和交点月数值准确到小数第五位。日食计算方面的三差改正也是宣明历的贡献。

唐德宗建中年间(公元780—783年)有个天文学家曹士莠。他创立了符天历。符天历有三项变革。它以显庆五年(公元660年)为历元,不用上元积年。它以雨水为气首。它以一万为基本天文数据的分母,也即把数据化成十进小数,从而大大减轻了计算工作。这三项改革中,除了雨水气的准确时刻难以测定外,其他两项改革是很实事求是,简便易行的。可是这两项改革不为一般历官所重视。符天历只能在民间受到欢迎。它流行于晚唐、五代、直到宋代的好几百年之间。而各个时期的司天监官员则贬称之为“小历”。偶有采用这些改革的,也都不能长久。例如,后晋天福四年(公元939年)颁行司天监马重积撰的调元历。该历即不用上元积年,可是不过五年即告废除。

## 7. 宋、辽、金历法

北宋王朝从开国(公元960年)到首都开封被金兵占领(公元1126年),这一百六十七年间颁行了九个历法。南宋从宋高宗赵构南渡(公元1127年)至首都临安被蒙古军队占领(公元1276年)这一百五十年间也颁行了九个历法,平均起来十七、八年就要改一次历法。这样频繁的变革说明了宋代天文观测的进步。因而历法预报的误差很容易发现。但是,另一方面,这也说明了宋代历法发展的缓慢。大多数的改革只不过就最近几次的观测作一些改正,以求凑合于一时。这样的历法,行用一久就一定要出现新的误差。

当然,这不是说宋代的历法都是平凡无奇的。

例如,大科学家沈括在《梦溪笔谈》里提出过一个十二气历,这就是一个革命性的建议。在我国传统的阴阳历制度中,节气和月份的关系并不是固定的。虽有闰月的调节,终究无法消除这个矛盾。而节气和月份比较起来当然是节气对人类的生产和生活活动影响较大,因此,沈括提出了完全按节气来定历的主张。他的历法以十二节气定月,立春为孟春(正月)初一,惊蛰为仲春(二月)初一,等等。大月三十一日,小月三十日。一般大小月相间,一年最多有一次二个小月相连。月亮圆缺和季节无关,但是可以在历书上注明“朔”、“望”以备参考。这个历法既简单,又便于农业生产。但是,它根本否定了中国几千年的阴阳历传统习惯。在习惯势力占统治地位的封建社会里,沈括的十二气历是不可能实行的。沈括自己就说过:

“今此历论尤当取怪怒攻骂。然异时必有用予之说者。”<sup>①</sup>

的确,沈括的主张一直到清代还受到阮元的攻击。可是他的纯阳历的原则在后世的中国果然实行了。太平天国的天历和辛亥革命以后引进的公历,它们都是节气位置相对固定的阳历,其实质和沈括的十二气历是相似的。

沈括在提举司天监期间,曾经想整顿一下这个充满了官僚习气的业务机构。他引进了平民出身的天文学家卫朴来进行改历。这在当时也是个惊世骇俗的举动,在司天监内外引起过激烈的斗争。然而我们必须承认,虽然此举表明了沈括改革和整顿皇家天文机

<sup>①</sup> 《梦溪笔谈·补笔谈卷二》。

构的魄力,但是卫朴的历法——奉元历本身却并无出众之处。卫朴是个能运算如飞的数学家,有过人的记忆力。但他是个盲人,无法亲自进行天文观测实践。一切数据的取得完全依赖于他人。因此,他也就难以进行理论上和方法上的创造。

北宋颁行的历法中,以大观元年(公元1107年)起行用的姚舜辅撰造的纪元历为最佳。姚舜辅创立观测金星定太阳位置的方法,从而提高了测算太阳运动的精确性。纪元历的许多经验计算公式,都较以前的历法简便、精密。

南宋颁行的历法中,以杨忠辅所造的统天历为最有创造。此历颁行于庆元五年(公元1199年)。统天历的回归年长度为365.2425日,和欧洲于公元1582年以后采用的格里高利历完全一致。不但如此,杨忠辅还提出回归年长度不是固定不变的,它的数值古大今小,由此他提出了斗分差的改正(见后)。其数值虽比今测值大了三十多倍,却是天文学史上的一个重要发现。

杨忠辅接受曹士芳符天历的先进经验,也不用上元积年。但为了避开守旧派的攻击,杨忠辅仍旧虚立一个上元。这个上元到绍熙五年(公元1194年)积3830年。但这个上元十一月甲子日夜半的时刻并不是冬至、合朔时刻,也不是月过近地点和月过黄白交点的时刻。而是仿照杨伟、何承天的办法,根据实测推算出上元时刻和冬至相去的差数,冬至和十一月合朔时刻的差数,冬至和月过近地点时刻及和月过黄白交点时刻的差数等等。

杨忠辅虽然煞费苦心,虚立了上元,但他仍然逃不过守旧派的攻击。历法颁行的第四年,嘉泰二年(公元1202年)五月甲辰朔日食,统天历预推时刻比实际天象早了一个半时辰。这当然说明统天历是有欠缺的。但是杨忠辅却遭到了罢官的处置,虽然同时他的历法却继续行用。作为一个封建机构,司天监内当然会有官僚倾轧之类的斗争,然而仅仅因为日食算得不够准确就立即被罢官,这却是在历史上不多见的。如果不是杨忠辅的改革冒犯了守旧派,那就难以想象还有什么其他理由会使他垮得这样快。五年之后,开禧三年(公元1207年),有个大理评事鲍瀚之继续攻击统天历。《宋史·律历志》中记下了他的控辞:

“自唐麟德、开元而至于五代所作者,国初应天而至于绍熙、会元所更者十二书。无非推求上元开辟为演纪之首,气、朔同元,而七政会于初度,从此推步,以为历本,宋尝敢辄为截法而立加减之数于其间也。独石晋天福间马重绩更造调元历,不复推古上元甲子七曜之会。施于当时,五年辄差,遂不可用。识者咎之。今朝廷自庆元三年以来测验气景,见旧历后天十一刻,改造新历,赐名统天。进历未几,而推测日食已不验,此犹可也。但其历书演纪之始起于唐尧二百余年,非开辟之端也。气朔五星,皆立虚加、虚减之数;气朔积分乃有泛积、定积之繁。以外算而加朔余,以距算而减转率。无复强弱之法,尽废方程之旧。其余差漏,不可备言。以是而为术,乃民间之小历,而非朝廷颁正朔、授民时之书也。”

这段话就说得很清楚:日食算错了,“此犹可也”!要不得的是不用上元积年,发明斗分差等等的新东西,这些东西是“民间之小历”,而不是“朝廷颁正朔、授民时之书”。还举出了马重绩调元历的遭遇来作为历史的证据。鲍瀚之的这段话正是守旧派对历法创新深痛疾恶的绝妙写照。从这里也可以想象到,在封建社会里,科学每前进一步要遇到何等沉重的阻力!

在宋王朝颁行自己的历法的同时,北方的辽、金两王朝也先后颁行自己的历法。

辽于大同元年(公元947年)攻占石晋首都汴京后得到了马重绩的调元历。这是辽有历之始。辽穆宗应历十一年(公元961年),司天王白、李正等进历,此历仍是调元历。直到辽圣宗统和十二年(公元994年)才有可汗州刺史贾俊进新历,得以颁行,号称大明历。辽大明历本文已失传。《辽史·历象志》的作者却误以为它就是五百年前的祖冲之大明历,因而把《宋书》所载《大明历》本文全部照录,这显然是错误的。

公元1125年,金王朝灭辽。次年,金又灭了北宋,又过了一年,即金太宗天会五年(公元1127年)金王朝的司天官员杨级“始造大明历”<sup>①</sup>。但直到天会十五年(公元1137年)才正式颁行。这个历法据《金史·历志》说:

“然其所本,不能详究,或曰,因宋纪元历而增损之也。”

从这些情况看来,金大明历大概是结合辽大明历与宋纪元历之法而成的。其所以要十年才能颁行,正是因为原来文化较低的女真族需要有一个学习、钻研先进历法的过程。

杨级大明历于金大定十七年(公元1177年)进行重修。重修者为金司天监赵知微。大定二十一年(公元1181年)历成。当时还有个翰林应奉耶律履也造了一种乙未历,经过当年十一月望月食的检验,证明赵知微的重修大明历优于耶律履及杨级的历法。于是重修大明历得以采用。几年之后,金司天监刘道用又造了一种新历,当时曾决定,等以后日、月食的验证再用,但此后终究一直未再采用,看来刘道用的历法在验证中失败了。

金重修大明历在月亮运动周期方面具有很高的精确性。它的黄赤交角值和现代理论推算所得相当接近。

## 8. 元授时历和明大统历

元灭金后也继承了金的文化,开始采用金重修大明历。其后中书令耶律楚材曾撰献过一部《西征庚午元历》,其主要数据和推算方法与金重修大明历相同,但是修改了历元,以消除大明历的一些误差。耶律楚材又因元王朝版图辽阔,故创设里差法以校正同一天文现象东西万里所见地方时刻的不同。但是,这部历法没有颁行。

元世祖至元四年(公元1267年),西域人扎马鲁丁进万年历。元世祖曾“稍颁行之”<sup>②</sup>。从后来扎马鲁丁曾主持回回司天台,该台又曾颁发回回历的情况来看,很可能,万年历就是后来的回回历。

至元十三年(公元1276年),元军攻占南宋都城临安(今浙江杭州),中国统一已成定局。于是,元世祖忽必烈下令由太子赞善王恂、都水监郭守敬领导,设立太史局,召集南北历官,修订新历。并且命御史中丞张文谦、枢密副使张易二人主管这件事。围绕着这次修历进行了一场巨大的天文活动。建造仪器,进行观测,到全国二十七个地点去测景、测北极高度,等等。经过四年的努力,新历告成,被命名为授时历,于至元十八年(公元1281年)颁行。就在这一年,王恂病故,而历法的文字和数表还没有定稿。以后由郭守敬在几年内撰成推步七卷、立成二卷、历议拟稿三卷等有关书稿。因此,郭守敬通常被认为是授时历的作者<sup>③</sup>。

① 《金史·历志》。

② 《元史·历志》。

③ 据当时一位学者杨桓写的《太史院铭》中记道:“……以太子赞善臣王恂业精算术,凡日月盈缩迟疾,五星进退见伏,昏晓中星,以应四时者悉副其推演。寻迁太史令。以都水监臣郭守敬颖悟天运,妙于制度,凡仪象表漏,考日时、步星曜者悉副规矩之。寻授同知太史事”。可见历法本身主要是王恂负责的。郭守敬则主要负责仪器和观测。

授时历吸取了历代历法的先进经验,所用天文数据几乎都是历史上最先进的。例如,朔望月、近点月、交点月等数据取自金重修大明历;回归年数据取自杨忠辅统天历;并且也接受了统天历关于回归年长度变化的说法,不过数值改为上推每百年长万分之一日,下推每百年消万分之一日。其误差较统天历为小。

授时历废除用复杂分数表示天文数据的办法。它以一日为100刻,一刻为100分,一分为100秒。秒以下的单位也一律百进。主要的天文数据以一万为分母。唐南宮说<sup>①</sup>、曹士考<sup>②</sup>的先进经验终于得到贯彻。

授时历彻底废除上元积年,以至元十八年天正冬至(实即至元十七年十一月里的冬至)为历元。根据实际观测,确定了当年的气应(冬至距上个甲子日夜半的时间)、闰应(冬至距十一月朔的时间)、转应(冬至距月过近地点的时间)和交应(冬至距月过黄白交点的时间)等数据。这些办法和近代编算天文年历中使用的办法是相近的。

授时历中运用招差法创立三次差内插公式,比二次差内插公式又前进了一步。授时历在解决天体的黄道度数和赤道度数互相换算的问题中创立了两个公式,它们和球面三角法中的有关公式是一致的。

由于授时历的作者们强调实际观测,认真总结前人经验,又能打破陈旧框框,大胆创新,因此,授时历发扬了我国古代历法的精华,登上了我国古代历法的最高峰。王恂、郭守敬等人的工作是应该赞扬的。

授时历是先进的,但也还有缺点。它受到中国古代数学的限制,在解决三角函数值和反三角函数值的问题时取用了近似公式,公式比较粗疏。因而它虽然得到了正确的球面三角公式,但实际计算的结果却包含了较大的误差。授时历为简化计算,因而取圆周率为3,这也增加了计算中的误差。当然,还可以举出一些其他的缺点。但是,所有这些缺点,与成就相比,是次要的。

授时历颁行后一直用到元末。

元末朱元璋起兵后,于称吴王之年(公元1367年)的十一月冬至日,太史院使刘基率他的属下高翼上次年历法,此历即名之为大统历。名字虽与授时历不同,但实际完全和授时历一样。因此,明太祖洪武十七年(公元1384年)有个漏刻博士元统上书说道:“历以大统为名,而积分犹踵授时之数,非所以重始敬正也。”<sup>②</sup>他提出,授时历颁行至今已一百多年,“年远数盈,渐差天度,合修改”<sup>③</sup>,并推荐了郭伯玉来推算。

不知为什么,朱元璋没有去找郭伯玉,却把元统一下提升为钦天监监令(后改称监正)。元统就把《授时历》加以改编,去掉岁实消长之说,以洪武十七年天正冬至为历元,基本天文数据和计算方法仍然遵用《授时历》,只是调整了原来的篇目次序和计算的顺序,共得四卷书,称为《大统历法通轨》。从此以后,大统历一直行用到明末。从实质上说,也就是授时历一直行用到明末。

授时历虽然是优秀的历法,但是还是有许多天体运动规律未能很好认识和掌握。因此,日子一久,一定有差错出现。在明代的二百多年中出现过多次日、月食推算上的误差。但是,社会发展明代已进入了封建社会的晚期,政治制度的腐朽不能不影响到象历法这

<sup>①</sup> 南宮说于唐中宗神龙元年(公元705年)编造神龙历,神龙历的天文数据大都采用百进制。日以下单位为余,余以下单位为奇,奇以下为小分。

<sup>②</sup>、<sup>③</sup> 《明史·历志一》。

类掌握在皇家天文机构中的科学业务工作。不能说那时没有天文学家。在这二百多年中曾有不少天文学家提出过改革历法的意见,有些意见也是颇有见地的。然而,直到明末以前,这许多意见、建议都被拖、压扼杀了。就是明末徐光启、李天经虽然得到了改历的机会,可是新修的历法却在守旧派的阻挠下仍然未能颁行。

## 二、关于太阳视运动的研究

由于地球绕着太阳转动,从地上的观测者看来,就看到太阳在星空中的位置在不断地改变,好象太阳在绕着地球转动。太阳的视位置决定了地球上的节气、昼夜长短等许多天文现象的状况。因此,对太阳视运动进行研究,历来是历法中最重要的一项内容。在有记载的各项历法中都占有相当的篇幅。从唐《大衍历》以后,历法大体分成七篇。其中第一篇步中朔(有的叫步气朔)、第三篇步日躔、第五篇步晷漏(也称步轨漏)都有计算太阳视运动方面的内容。

### 1. 冬至时刻的测定和回归年长度的确定

我国古代的天文、历法工作者把冬至作为一个天文年度的起算点。冬至的时刻确定得准不准,关系到全年节气预报的准不准。因此,测定准确的冬至时刻,是我国古代历法工作者的重要课题。测定两次冬至时刻,求出它们之间的时间间隔,用这两次冬至之间的年数去除,就得到一年的时间长度。这样定出的年叫回归年。古代称为岁实。

使用圭表,人们可以直接测定冬至所在的日子,因为那一天正午的表影长度比一年中任何一天的正午表影长度都要长。但是冬至很少发生在正午。要想求得冬至发生的时刻,往往要经过较长时期的测算。

四分历的回归年长度是  $365\frac{1}{4}$  日。根据四分历,如果第一年的冬至发生在正午,第二年的冬至就发生在正午之后又过四分之一日;第三年的冬至就发生在正午之后又过四分之二日,也即发生在夜半;第四年冬至发生在夜半之后又过四分之一日;到第五年的冬至才又回到正午时刻发生。因此,从四分历的观点来看,如果测量上述五个冬至日正午时刻表影的长度,那末一定是第一年的表影最长,第二年的表影稍短,第三年的表影最短,第四年的表影又回到和第二年的表影相等,第五年的表影就回到和第一年的表影一样。《后汉书·律历志》上说:

“日发其端,周而为岁,然其景不复。四周,千四百六十一日而景复初,是则日行之终。以周除日,得三百六十五四分日之一,为岁之日数”。<sup>①</sup>

这段话反映的就是冬至日正午日影长度四年之后变化一周的意思。和两汉时回归年的实际长度相比,四分历的误差为一年差 0.0077 日<sup>②</sup>,四年之后误差积累为 0.0308 日,即不到四十五分钟,可以认为误差是很小的。也即可以认为,过四年后冬至日正午影长大体回复到最初的长度。

对于洛阳这样的纬度地带,用八尺高的表来测日中影长,在冬至前后的日子里,每天日中影长的变化大约为 1 分,汉代的 1 分约相当于 2 个多毫米。因此,1/4 分的距离是可

① 原文为“三百六十五四分度之一”。“度”字显然有误。

② 当时的回归年长度为 365.2423 日。

以觉察出来的。我们可以设想,四分历测定冬至时刻的办法大概是连续测几年冬至日正午的表影长度,取其中最长的那一年,就定为这年的冬至时刻正在这天的正午。甚至也可以不测读出这些影长的最精细的数值,而只是在圭面上刻下这些影端的位置,连续分别标刻几年,取影端最远的那一年为冬至时刻发生在正午。以后每过一年,冬至时刻就增加 $1/4$ 日。可以认为,这种方法大概从古六历的时代起就已经有了。

话得说回来,上述方法看来很理想,但是,在实践上是有困难的。第一,由于太阳半影的影响和大气分子、尘埃对日光散射的影响,使表影的影端很难确定。第二,不一定每年冬至日都能测到日中表影,难免有些年会遇到阴、雨、雪天。如果得不到一组连续五年的观测,就难以作出正确的比较。第三,事实上冬至也很难得是在正午发生的。因此,用上述方法去定冬至时刻,是会包含误差的。另外,既然在测定影端上包含着种种困难,这也就是人为因素的渗入提供了可能。人们可以出于政治上的原因,或因为其他天文因素上发现了误差,都可能对冬至时刻加以改动。总的来说,古代冬至时刻的测定是准确性不高的。而回归年精确值的取得主要依靠长时期(数十年,甚至数百年)的统计平均。

四分历回归年误差短期内虽然数值不大,但年代一久,就有显著的积累。十年差 $0.077$ 日,一百年就差 $0.77$ 日,这时人们就比较容易发现,常常在四分历预推的冬至时刻到来之前一天,就已经是正午表影最长了。这种历法预推时刻比实际天象发生时刻要晚的现象,古代称为历法后天。四分历冬至时刻后天的现象大概在后汉四分历颁行之后约一百年左右被人们发现,并且认识到这是由于四分历的回归年时刻长度太大的缘故。东汉末,刘洪在编撰《乾象历》时就把这个数值减少为 $365\frac{146}{589}$ 日,即 $365.246180$ 日。

乾象历回归年长度的余数不是一个简单分数,需要过 $589$ 年才能使它的累积数成为一个整数。也就是说,如果某一年的冬至时刻发生在正午的话,从乾象历观点看来,要过 $589$ 年才能重又发生在正午。因此,很难想象刘洪还能使用比较各年冬至影长的原则来确定冬至时刻。他的方法是什么?史书也没有记载。鉴于乾象历回归年长度和四分历相去不远,可能刘洪仍然是利用上述四分历的方法来决定冬至时刻的。

一种具有比较严格的数学意义的测定冬至时刻方法是祖冲之提出来的,就在祖冲之驳斥戴法兴对他的《大明历》的非难时,祖冲之讲述了他测定大明五年(公元 $461$ 年)十一月冬至时刻的方法。今把他的测量方法评介如下:

《宋书·历志》原文	今译
十月十日影一丈七寸七分半	10月10日影长 10.7750 尺
十一月二十五日一丈八寸一分太 <sup>①</sup>	11月25日影长 10.8175 尺
二十六日一丈七寸五分疆	11月26日影长 10.7508 尺
折取其中,则中天冬至应在十一月三日	冬至应在10月10日和11月25日之间正中的那一天,即11月3日
求其蚤晚	求冬至时刻在早晚什么时候
令后二日影相减,则一日差率也	一日差率= $10.8175 - 10.7508 = 0.0667$
倍之为法	法= $0.0667 \times 2 = 0.1334$

① “太”是古代记数法中的一个符号,代表所记数的最小单位的 $3/4$ 。前文中的“半”代表 $1/2$ ;后文的“疆”,也作“强”,代表最小单位的 $1/2$ 。



前二日减,以百刻乘之为实

以法除实,得冬至加时在夜半后三十一刻

$$\begin{aligned} \text{实} &= (10.8175 - 10.7750) \times 100 \text{刻} \\ &= 0.0425 \times 100 = 4.25 \text{刻} \\ \text{冬至时刻} &= \text{实} \div \text{法} = 4.25 \div 0.1334 \\ &= 31 \text{刻} \textcircled{1} \end{aligned}$$

由此得:大明五年冬至时刻在十一月三日夜半后三十一刻<sup>②</sup>。

祖冲之的方法中使用了两条假设:(一)冬至前和冬至后影长变化的情况是对称的。即,冬至前、后离冬至时间间隔相同的两个时刻,它们的影长是相同的。(二)影长的变化在一天之内是均匀的<sup>③</sup>。这两条假设严格来讲都有误差,但是,它们的误差不大。特别前一条,它的误差的产生是由于太阳视运动最快的那个地方(天文学上称为太阳的近地点,也就是地球轨道近日点的正对面),和冬至点并不重合,因而严格来讲,冬至前和冬至后影长变化的情况是不相同的。但是,太阳近地点在祖冲之那个时代离冬至点不太远(相距约13.5度),并且从长期来说,它是在缓慢地向着冬至点靠拢的。因而冬至前后影长变化接近于对称,并且越来越接近对称。至于一天内影长的变化,从稍长的时间来看,当然每天是不均匀的。但是就一天的范围来讲,把它当作均匀的,误差也不大。因为本来一天的影长变化本身就不太大。

我们从上述这两条假设出发来推导祖冲之的算法。如图5-1,设A为十月十日正午,B为十一月二十五日正午,C为十一月二十六日正午。因为A点的影长a比B点的影长b短,可是比C点的影长c要长。

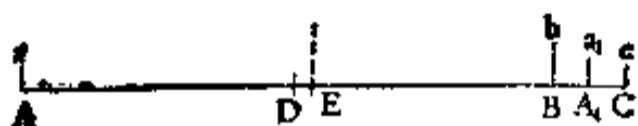


图 5-1 祖冲之测影定冬至算法推理

可以在B、C之间找到一个理想的点A<sub>1</sub>,它的假想的

影长a<sub>1</sub>和A点的a相等。这样,A点和A<sub>1</sub>点的中点E就是冬至时刻所在。A、B两点之间的中点D即十一月三日子夜。今求DE。AD=DB AE=EA<sub>1</sub>, DE+EA<sub>1</sub>=DB+BA<sub>1</sub>

$$\overline{DE} + \overline{AE} = \overline{AD} + \overline{BA_1} \quad \overline{DE} + \overline{AE} - \overline{AD} = \overline{BA_1} \quad \overline{DE} + \overline{DE} = \overline{BA_1} \quad 2\overline{DE} = \overline{BA_1} \quad \overline{DE} = \frac{\overline{BA_1}}{2}$$

$\overline{BA_1} = \frac{b-a}{b-c} \times 100$  刻,故  $\overline{DE} = \frac{b-a}{b-c} \times \frac{100}{2} = \frac{(b-a) \times 100}{(b-c) \times 2}$ ,此分式中分母即为法,分子即为实。

祖冲之在回归年数值上也有他的重要贡献。他的测定达到了很精密的程度。按大明历载的数据推,是365.2428日。这个数值要过700多年之后才出现更精密的。而在欧洲,直到十六世纪以前都在实行的儒略历中,回归年的数值是365.25日,它还赶不上刘洪的水平,更不用说祖冲之了。

祖冲之以后一直都使用这个办法来定冬至时刻。他本人选取的是冬至前后二十多天时的影长观测。这时影长变化已比较显著,但又不是很剧烈。这样,他的第二条假设的误差也不大。到北宋皇祐年间(公元1049—1054年)周琮提出取立冬、立春前后的影长观测

① 精确些说,应该是31.86刻。古代历法计算中通常不进位,故为31刻。

② 因为十月十日正午和十一月二十五日正午之间的中点是十一月三日子夜,所以算出的冬至时刻是从子夜起算的。

③ 这里所谓的一天之内的影长变化,不是指的实际随着表影方位的变化而发生的一天之内的影长变化,而是指的:今天的日中影长和明天的日中影长不同,则可以想象在这整日内日中影长是在不断变化的。这种变化是一种抽象的存在于思维推理中的变化。不过,考虑到日中影长的变化就是太阳视赤纬变化的结果,则一天内的影长变化这个抽象概念是有其天文学内涵的。它也就是一天之内太阳视赤纬变化的意思。只是要注意的是,太阳视赤纬变化和日中影长变化之间的关系不是简单的比例关系。

来推冬至时刻。因为立冬、立春离冬至更远，影长变化更大，周琮以为这样观测可以较准。但是这样一来，祖冲之方法的第二条误差就要增大影响。因此，周琮方法的利弊得失是相当的。

长期以来一直采用的是一组观测，定出一个冬至时刻值。北宋姚舜辅在修纪元历时采用一年多组观测，然后求出平均的冬至时刻，这个方法是符合误差理论的。此后，冬至时刻的测定就越加精密。根据这些观测统计，平均得出的回归年值也越加精密。到南宋时杨忠辅所定的数值为366.2425日。这同现今国际通用的公历——欧洲的格里高利历的一年长度完全一样，但统天历的提出比格里高利历早了约三个半世纪以上。不但如此，杨忠辅还发现，回归年的长度不是绝对不变的，而是每年有着微小的变化。尽管杨忠辅定的变化数值比近代理论推出的要大，但是，近代理论是在杨忠辅之后六、七百年，当天体力学、高等数学以及近代天文望远镜有了高度发展之后才提出的。

最精密的数值是晚明时邢云路在兰州建立六丈高表以观测日影之后定出来的。其数值为366.242190日，和用近代理论推算的精确值相比，误差仅为-0.000027日，即约一年差2.3秒。而当时欧洲最精密的是丹麦天文学家第谷于1588年测定的365.2421875日，这个数值在明末徐光启等人编译的《崇祯历书》中被采用。它的误差在第谷测定时为-0.0000363日，即一年差3.1秒。但在崇祯二年，则误差减小为-0.0000278日，与邢云路所定值的误差相当。

## 2. 冬至点位置和岁差的测定

我国古代计算太阳视位置是从冬至点开始的。因此，冬至点在星空间的位置测定也是个很重要的课题。

战国时代的四分历都把冬至点定在牵牛初度<sup>①</sup>。关于这个数据的测定方法，也没有留下当时的文献记载。仅在张遂(僧一行)的《大衍历议·日度议》里提到，古代测定太阳位置的方法是测定昏、旦时刻的中星。由此可以推算出夜半时刻中星的位置，则夜半时刻太阳的位置正在它的相对的地方<sup>②</sup>。《大衍历议》也提到，后来采用直接测量夜半时刻中星的办法。这就要求所使用的计时工具漏刻有比较稳定精确的运行。求出某日夜半时刻太阳在星空间的位置，按照太阳一天走一度的规律就不难求得冬至时刻太阳所在的位置，即冬至点的位置。

冬至点在星空间的位置不是固定不变的。由于岁差的原因，它在星空中有极缓慢的移动。这种移动短时间内不易觉察出来。即使到比较显著而有所觉察时，开始还得受传统习惯的影响，不能一下子改正过来。大约在制订太初历的年代就已经有可能发现，冬至点的位置和战国四分历所定不大一样<sup>③</sup>。《汉书·律历志》所载的《三统历》本文中提

① 太阳近地点大约在宋元时代(十三世纪)和冬至点密合，此时祖冲之方法的误差实际上不存在。

② 颛顼历是定立春时刻太阳在营室五度。立春离冬至是四十六日。营室五度按《开元占经》所列二十八宿的古代距度计算，离牵牛初度也正是四十六度。按当时的认识是太阳一天行一度。因此，立春时太阳在营室五度也就是冬至时在牵牛初度。按古代理论推算，这个数值与公元前450年左右的的天象相符。

③ 中星的原意是指某颗星在绕地球旋转时正好走到通过人头顶和天球北极的那条正南北方向的天球子午线上，这时这颗星就叫中星。中，就是对东西而言，正好在正中。在中国古代天文学中，“中星”的含义引伸为某个时刻和天球子午线重合的那条赤经线，就叫做该时刻的中星。而不管在这条赤经线上是否有恒星。所谓夜半时刻的中星就是夜半时刻正和天球子午线重合的那条赤经线。这时，太阳正位于和它差半个周天的地方，即正在和那条赤经线相对的赤经线上。

④ 太初历认为元封七年(即太初元年，公元前104年)十一月甲子朔旦冬至“日月在建星”。

到,经过一元之后,日月五星“进退于牵牛之前四度五分”,这实际上是含蓄地承认了冬至点已不在牵牛初<sup>①</sup>。

最先明确地肯定了冬至点位置改变事实的是无名的民间天文学家贾逵在论历中举了一个例证:

“《石氏星经》曰:‘黄道规牵牛初值斗二十度,去极百一十五度。②于赤道,斗二十一度也’。”

这里的《石氏星经》是战国时代石申的著作《天文》八卷的汉代通行本。自战国到两汉,石申的著作不断有人钻研,继承和发展。可以说,形成了一个相当大的石氏天文学派。这个学派的成员都是默默无闻的工作者。他们用自己的天文观测改进着前辈的数据。确定冬至点的最新位置就是他们的贡献之一。因为自战国以来都认为冬至点在牵牛初,所以牵牛初成了冬至点的别名。《石氏星经》的这段话意思是指,当时冬至点的赤道位置在斗二十一度<sup>③</sup>。

可是,作为一个封建官僚机构,东汉的太史官中常常充满着腐朽保守势力。即令民间已经测定了冬至点的新位置,甚至后来连太史官属下的工作人员也懂得了冬至之日,“日在斗二十一度”,然而,“以问史官,虽知不合,而不能易”。<sup>④</sup>当然,当时官方历法的错误还不止冬至点位置不准确这一点,诸如朔望、节气都有很显著的误差。东汉政府迫于无奈,只好求助于民间天文学家。于是,有编訢、李梵等人出来对官历进行改革。这场改革进行了好几年,可以想见,当时的斗争是很艰难的。最后,通过五年的观测,证明了编訢等人的改革是进步的。他们的新历才得以站住。这就是后汉四分历。他们所定的冬至点位置是斗二十一度四分一<sup>⑤</sup>。从此,冬至日在牵牛初的说法就没人再提了。

冬至点是在移动的,因而冬至日的昏中星也是在变动的。《尚书·尧典》中留下了一个“日短星昴”的记载。东晋的天文学家虞喜看到他那个时代的冬至日昏中星已是在壁宿了。因此,他领悟到经过一个回归年之后,太阳没有在地上走一周天,而是应该“每岁渐差”。<sup>⑥</sup>于是,他提出:“天自为天,岁自为岁”<sup>⑦</sup>的概念,如果把“岁”理解作一回归年太阳所走的度数<sup>⑧</sup>,则可以求出天、岁之差,这个差就称为岁差<sup>⑨</sup>。虞喜把“日短星昴”的记录认为是在他之前2700余年的尧的时代的记录,由此求得岁差积五十年差一度。虞喜的岁差

① 三统历的历元是十一月甲子朔旦冬至日月起牵牛初。一元之后进退于牵牛之前四度五分,实际起因于当时已经测到冬至点不在牵牛初。但是三统历的计算仍然采用牵牛初为起点。

② 《后汉书·律历志》所引原文是:“去极二十五度”,显然有误。黄道上的冬至点在赤道以南二十多度,离北极应是一百一十多度。我们认为“二”字是“百一”两字在古代传抄时讹误而成的。注意,古文字序是直排的。

③ 这个数据约和公元前70年左右的天象相符。

④ 《后汉书·律历志》。

⑤ 这个数据和公元前80年左右的天象相符。如果作为后汉四分历颁行时所测定的,则误差比较大,因为颁行时已是公元85年。虽然如此,后汉四分历首创改冬至点的位置,这个功绩还是不应抹煞的。

⑥ 《宋史·律历志》。

⑦ 《新唐书·历志三上》。

⑧ 中国古代把一周天按一回归年的日数分度,这样就可以得太阳一天走一度这个极简单的数据。发现岁差现象后,人们仍然不改变太阳一天走一度的数值,因此,一个回归年的日数也仍然可视为太阳在一回归年中所走的度数。

⑨ 关于岁差的现代较严格的定义和导致发生岁差的物理原因的解,读者可以查阅任何一本大学的普通天文学教科书。这里可以笼统地理解为,春分点或冬至点每年沿黄道向西移动 $50''.2$ 。这个移动量在赤道上的投影,就叫做赤道岁差。因为黄赤交角是在缓慢地变化的,因此,赤道岁差也有极微小的变化。在虞喜的时代,赤道岁差每年约 $45''.98$ 。

累积值是从昏中星的变迁而得出的,它反映的是冬至点的赤道度数的变化,这种变化称为赤道岁差。按现代理论推算,在虞喜的时代,赤道岁差积累值约为77.3年差一度。虞喜测定的误差较大,主要是中星观测的误差及“日短星昴”的记录年代估计有误。

一直到两晋时代,测定冬至点的位置大概还是用测中星的方法。这个方法由于漏壶的精确度不够,因而误差比较大。所以,古代天文工作者力求能比较直接地测定太阳的位置。

第一个这样的方法是后秦姜岌提出的。他的办法是在月食时测量月亮的位置,这时太阳正好在它的正对面。这样测出的太阳位置就减少了时刻误差所致的误差。姜岌用这个方法实测得冬至点的位置在斗十七度(测于公元384年)。

姜岌之后,人们又采用观测行星的方法来求得太阳的位置。金星、木星等较亮的行星,常常在日出之后,或日没之前就已能在太阳不太远的地方看到。因此,可以直接观测出太阳和行星之间的距离。然而等太阳下山之后(或先在太阳出山之前)可以见到恒星的时候,测出行星在恒星之间的位置,考虑了这两次观测之间行星位置的移动之后,就能推求得太阳的确切位置。这个办法就大大扩大了观测太阳位置的机会,从而也有助于提高测量的精度。例如,北宋姚舜辅曾经观测金星求太阳位置。元代王恂、郭守敬等编《授时历》时曾用三年时间测量月亮、金星、木星的位置,反复验证利用月食法求得的冬至点位置。他们测得冬至点在箕宿十度。

随着太阳位置测定的精密,岁差现象越来越被重视。祖冲之首先在历法计算中引进了岁差。他实测得冬至点在斗十五度。与汉以来的测定相比,祖冲之以为“通而计之未盈百载,所差二度”。他的结论是冬至点位置四十五年又十一个月差一度。虽然这个数据不很准确。但是历法中引进了岁差,这却是个很大的革新。此后,隋代的刘焯测定得七十五年差一度。宋《统天历》和元《授时历》都定为六十六年又八个月差一度。这些数据都比当时的欧洲一直还在沿用的100年差 $1^\circ$ 的数据要精密。

### 3. 二十四节气

二十四节气是我国古代劳动人民的一项重要创造。它的产生反映了历法的制定和发展就是由生产所决定的。

我国古代的历法,一直是用的阴历月,即一个月为29天或30天,它的平均长度就是一个朔望月。12个朔望月比一个回归年少11天左右。而季节、寒暑的交替主要决定于太阳的位置变化。人们从渔猎、采集、游牧、农耕等各项生产活动中逐步认识了植物、动物在一年中生长、生活的规律,逐步地认识了一年气候变化的规律。以北京地区为例,大约在每年的农历五月收获小麦。可是如果只以12个阴历月为一年,那末大概过了三年,小麦的收获就会挪到六月份去。不但小麦收获月份变了,其他各种生物、气候现象都要挪后一个月名。这样,使人们想到,如果在这一年里增加一个月,那么以后各种生物、气候现象又可以发生在和上两年同样的月份里。这个增加的月就是闰月。这种历法以阴历月为基础,但是又兼顾及太阳的周年运动,所以叫做阴阳历。

阴阳历可以使一些主要生产活动的月份大致固定下来。这种固定对于指导生产来讲是个很大的方便和进步。但是,它只能适应比较粗放、低下的生产活动。例如,北京地区

一般是在农历十月种麦子。可是究竟是在十月初种,还是在十月末种,这里大有关系。种早了,种迟了都影响收成。要提高小麦产量,就得掌握下种的恰当时机。这个时机当然和每年当时的天气变化有关。但是平均起来大约总在冬至之前的四、五十天。按照阴阳历的办法,这段时间可能有的年份在十月上旬,有的年份在十月中旬,甚至也可能会落到九月份去。长期的生产实践,使人们认识到不能满足于阴阳历。必须发展出一种完全反映太阳周年视运动的历法。这样就产生了节气的概念。

节气概念的本质是把太阳周年视运动均匀地分成若干等分,每个节气就标志着太阳在一周年运动中的一个固定位置。这样,各种生物、气候现象都可以用节气作标准,它们的发生、活动等时间就有了相对的固定。例如,在北京地区种麦的时间大体就可以确定在立冬节前后。万物生长靠太阳,节气的产生是历法在阴阳历的条件下适应农、牧业生产发展的需要的必然结果。

早期的节气大概各个地区是不同的。例如,《管子·幼官图》中记有一种一年三十个节气的历法<sup>①</sup>。《管子·幼官图》虽然被认为是较晚的、甚至是汉初的著作,但这种节气的分法与汉代通行的二十四节气法大不相同。应该认为,它是春秋战国时代齐国地区所行用的一种节气分法。

在后世通行的二十四节气中,有许多节气的产生应该是很早很早的。例如,冬至与夏至,春分与秋分等,这些在前面都已经提到了。在古六历中有以立春为历元的。可见,在古六历产生的年代,立春、立夏、立秋、立冬这四个节气也早就有了,《春秋左传》僖公五年条下记有:“凡分至启闭必书云物,为备故也。”历来注疏都认为“分至启闭”就是指二分、二至、四立这八个节气日。这样,四立这四个节气的确定,可能上溯到公元前第七世纪的春秋时代。在《春秋左传》和《国语》中都有所谓八风的说法。按《淮南子·天文训》的解释,从冬至日以后每过四十五日就刮来一种风。可见,八风应是一年有八个节气的制度的流变遗迹。

其他十六个节气,在先秦文献中也可以见到部分名称。例如,《夏小正》里有“启蛰”;《管子·幼官图》里有“清明”、“大暑”、“小暑”、“白露”、“始寒”、“大寒”;《楚辞》里有“霜降”<sup>②</sup>、“白露”<sup>③</sup>;《吕氏春秋·十二月纪》里有“蟄虫始振”、“始雨水”、“小暑”、“溽暑”、“白露”、“霜始降”等等。这些名称和现今流传的相仿,但又并不完全一致。它们所标志的时节和后世通行的也并不都相同。这种差异性正说明了全国各地劳动人民为适应农、牧业生产的需要纷纷在进行节气的创制。

现行二十四节气的全部名称首见于《淮南子·天文训》<sup>④</sup>。而《淮南子·天文训》所使用的是秦汉之际的颛顼历。因此,可以认为,现行二十四节气是战国时代关中地区劳动人民的创造,由颛顼历的作者进行总结,成为历法中的一个部分。

二十四节气的制度和其他各种节气的划分法相比,有它的优越性。(一)每个季节都有六个节气,每个月有两个节气,比较整齐。齐国的三十个节气就只能是春、秋两季各八

① 这三十个节气的名称是:地气发、小卯、天气下、义气至、清明、始卯、中卯、下卯(以上属春季);小郢、绝气下、中郢、中绝、大暑、中暑、小暑(以上属夏季);期风至、小卯、白露、复理、始前节、始卯、中卯、下卯(以上属秋季);始寒、小榆、中寒、中榆、寒至静、大寒、大寒终(以上属冬季)。

② 见《楚辞·九章》中的《思美人》和《远游》两章。

③ 见《楚辞·九辩》中的第三章。

④ 全部名称如下:冬至、小寒、大寒、立春、雨水、惊蛰、春分、清明、谷雨、立夏、小满、芒种、夏至、小暑、大暑、立秋、处暑、白露、秋分、寒露、霜降、立冬、小雪、大雪。

个节气,夏、冬两季各七个节气;就每个月而言,有六个月是两个节气,有六个月是三个节气,都极不整齐。在二十四节气制度中由于两个节气的长度大于一个朔望月,因而也可能出现有的月只有一个节气的现象。但这种现象正好可以被利用来作为阴阳历中需要安插闰月的一个标志。(二)它比较全面、细致地反映了一年中的主要的气候现象。八节制度只能反映四季的变迁。三十节气制度虽然也有比较细致的地方,却远不如二十四节气反映得全面。例如,二十四节气中夏至之后有小暑、大暑,到立秋之后又是处暑,全面反映了暑天的起伏。而三十节气中只有大暑、中暑、小暑,只反映了暑气减退的一面。又如,三十节气中把整个冬季从始寒到大寒终为止,用了五个节气来反映寒冷的变化,看上去很细致。但是,二十四节气中在冬至之前有小雪、大雪,冬至之后有小寒、大寒,既反映了寒冷的进退,又反映了冬季的降雪,远比三十节气要全面。至于二十四节气中的谷雨、小满、芒种等与农事有关的节气更是体现了这个制度和农业生产的密切关系。二十四节气的这些优越性从一个侧面反映了秦国地区农业和农业科学技术发展得远较六国为快的事实。正因为二十四节气有这些优越性,所以,随着秦始皇统一六国,颛顼历成为颁行全国的统一历法,二十四节气也就为全国人民所接受。

#### 4. 平气和定气

二十四节气的计算方法,最初是把一个回归年均匀地分成二十四等分。例如,颛顼历的回归年是  $365\frac{1}{4}$  日,每一个节气的长度是  $\frac{365\frac{1}{4}}{24} = 15\frac{7}{32}$  日。从立春时刻开始,每过  $15\frac{7}{32}$  日就交一个新的节气。这样定的节气叫“平气”。若是后世回归年的数值测定得更加精确,那末两个节气之间的时间间隔(或也可看作上一个节气的长度)也就随之变得更精确。

太阳周年视运动实际是不等速的。这个现象大约到北齐时代(约公元六世纪)被一个叫张子信的天文学家所发现。张子信曾经在一座海岛上进行了三十多年的天文观测。他发现了“日行在春分后则迟,秋分后则速”<sup>①</sup>。很可惜,关于他的工作,没有一点具体资料流传下来。然而,他对后世是有很影响的。隋代的一些著名天文学家刘孝孙、刘焯、张胄玄等都从他那儿吸收过营养。

由于太阳运动的不均匀性,各个平气之间太阳所走的度数是不相等的。于是就有刘焯在他的《皇极历》中提出以太阳黄道位置来分节气。把黄道一周天从冬至开始,均匀地分成二十四分。太阳每走到一个分点就是交一个节气。这样定的节气叫“定气”,取意是每两个节气之间太阳所走的距离是一定的,或每个节气太阳所在的位置是固定的。显然,每个定气的长度是不相等的。例如,冬至前后太阳移动快,一气只有十四日多;夏至前后,太阳移动慢,一气可将近十六日。

刘焯的定气在民用上没有多大关系,因为人们只要求有个相对固定的标准把生物、气象现象在一年中的日子固定下来。至于这种固定是用平气作标志还是用定气作标志,这不是本质的。也就是说,生物、气象现象可以和平气建立一套联系,也可以和定气建立另一套联系。因此,刘焯的定气在民用历本上一直没有采用。只是到了清朝的时宪历才改用定气来注历本。直到今天,我们的日历上注的也是定气。

<sup>①</sup> 《隋书·天文志中》。

但是,刘焯的定气算法在天文学上还是很有意义的。特别对于日、月食的推算,必须考虑太阳运动的不均匀性以计算太阳的真实位置。刘焯为此发明了等间距二次差内插法,在数学史上作出了贡献。自刘焯以后,对太阳运动不均匀性的了解日益正确。计算方法也日益进步。

例如,一行在《大衍历议·日缠盈缩略例》中批评了刘焯对于太阳运动规律的错误认识。他指出:“焯术于春分前一日最急,后一日最舒;秋分前一日最舒,后一日最急。舒急同于二至,而中间一日平行,其说非是”。而大衍历提出的规律是“日南至,日行最急。急而渐损,至春分,及中。而后迟。至北日至,其行最舒。而渐益之。以至秋分,又及中。而后益急。”<sup>①</sup>一行的认识比刘焯更接近实际。

一行《大衍历》所给的太阳运动计算表是以定气为根据的。由于各个定气之间的时间间隔不等,要计算任意时刻的太阳位置,就不能使用刘焯的等间距内插公式。为此,一行发明了不等间距的二次差内插公式,把内插法又向前推进了一步。

以后到元代的授时历,采用招差法来求太阳运动。在实际计算中《授时历》考虑到三次差。这是中国古代历法计算中的一个重要成就。

## 5. 黄赤交角

黄赤交角是天文学中的基本数据之一。我国古代又称黄赤大距。“黄”指黄道,“赤”指赤道。黄道是地球绕太阳公转的那个轨道平面向外延伸和天球相交的大圆。对地上的观测者来说,也就是太阳周年视运动的轨道。赤道是过地球中心与地球自转轴垂直的那个赤道平面延伸出去和天球相交的大圆。赤道和黄道不相重合,它们之间有一个交角,这个交角就称为黄赤交角。中国古代采用测量黄道上各点离赤道距离的方法,所得的量叫做黄道去赤道度数。黄道上的冬至点、夏至点离赤道的距离最远,所以古代称之为黄赤大距。由于中国古代的仪器是以赤道装置为主的,而计算太阳、五星的运动都要从黄道计算,因此,在古代历法计算中经常需要进行黄道位置和赤道位置的换算工作。要进行这个换算,前提是必须知道黄赤交角。黄赤交角的测定是古代天文学中极为重要的一项基本工作。

我国古代留存有丰富的黄赤交角观测数据。这些数据是直接用浑仪或其他测角仪器测量冬至或夏至时刻太阳离北极的距离而算得的。最早的观测者现在所知的是战国时代的石申,他的数据是冬至“去极百一十五度”<sup>②</sup>。由于赤道去极为 $365\frac{1}{4}\text{度}\div 4$ ,即 $91\frac{5}{16}\text{度}$ 。因此,石申的黄赤交角实际为 $23\frac{11}{16}\text{度}$ ,即 $23.6875\text{度}$ 。

大约自东汉贾逵以后,一般都把黄赤交角取作整数,即二十四度。这显然是种概约的说法。在实际测量和历法计算中还是有差异的。下面我们把这些有变化的数据列出一个表,并给出按现代理论推算,各该时代黄赤交角的数值,以资比较。

从表中可以看出,我国古代对黄赤交角的测定具有很高的精确性。早在公元前第四世纪,误差就不到半度。其后,精确度提高很快。绝大多数的观测误差都在3'以下。特别

① 以上两段引文均见《新唐书·历志》。“舒”就是“慢”,“急”就是“快”,“损”是“减少”,“益”是“增加”。

② 见前引《后汉书·律历志》所引《石氏星经》的话:“黄道轨率牛初值斗二十度,去极百一十五度”。黄赤交角的数量是在变化的,但变化极为缓慢。从公元前四世纪到公元前一世纪,这三百年间总共变化还不到 $\frac{1}{4}\text{度}$ 。它完全在当时仪器观测精度以下。因此,我们认为这“去极百一十五度”仍是战国时代石申的遗文。

如王蕃、北宋的仪天历和金代的赵知微,误差都在1'以下。而在欧洲,以观测精密著称的第谷,他在公元1596年测定的黄赤交角数值,也还有近2'的误差<sup>①</sup>。

数据提供者	年代	冬至去极度 (古度)	夏至去极度 (古度)	黄赤交角 (古度)	黄赤交角 (今度)	理论推算的 黄赤交角	差 值	数 据 来 源
石氏星经	约-350	115		23.6875	23°20'52"3	23°44'38"8	-23'46"5	《后汉书·律历志》
周髀算经	约-100	115.75	66.75	24	23°39'18"1	23°42'42"0	-3'23"9	《周髀算经》
后汉四分历	85	115	67强	23.9583	23°36'50"1	23°41'13"6	-4'23"5	《后汉书·律历志》
贾 逵	91	115	67	24	23°39'18"1	23°41'13"6	-1'55"5	《后汉书·律历志》
杨 伟	237	115	67强	23.9583	23°36'50"1	23°40'5"7	-3'15"6	《晋书·律历志》
王 蕃	264	115少强	67少强	24°	23°39'18"1	23°39'53"0	-34"9	《晋书·天文志》
李淳风	665	115.30	67.30	24	23°39'18"1	23°36'45"9	+2'32"2	《新唐书·律历志》
一行	728	115.20	67.40	23.90	23°33'23"3	23°36'16"5	-2'54"2	《新唐书·律历志》
仪天历	1001	115.22	67.3807	23.9196	23°34'32"8	23°34'8"9	+23"9	《宋史·律历志》
赵知微	1182			23.90	23°33'23"3	23°32'44"3	+39"0	《金史·历志》
授时历	1281	115.2173	67.4113	23.9030	23°33'33"9	23°31'58"0	+1'35"9	《元史·历志》

### 三、关于月亮运动的研究

月亮的运行是古代历法计算中的一个重要项目。这是因为中国古代历法是以月亮圆缺为记月单位的。至于为了预报日、月食,那就更必须研究月亮的运动。自有记载以来的历法中,月亮运动的计算都占有相当的篇幅。从《大衍历》以后,除第一篇步中朔外,还有第四篇步月离是专门研究月亮运动的。

#### 1. 朔 望 月

朔,是指从地球中心来看,月面中心和日面中心都在同一黄道经度上。这时的月亮是看不见的。望,是指从地球中心来看,月面中心和日面中心的黄道经度正好相差半个周天,也即月、日正好隔着地球遥遥相对,这时看起来月亮是最圆的。连续两次朔(或望)之间的时间间隔叫一个朔望月。这是古代历法中的基本记时单位。

朔望月的长度测定也必须通过长期的观测统计,因为它也不是一个简单的数字,而且由于月亮和太阳的运动速度都有周期性的变化,这样,月亮圆缺一次所需的时间是有变化的。因此,在古代,首先是通过长期的观测统计来求得朔望月的平均长度。然后随着天文学的发展,才能根据月亮和太阳运动速度的变化来对由平均朔望月算出的朔、望等时刻进行校正,求出真实的朔望时刻。由平均朔望月求得的朔、望时刻,古代称之为平朔、平望。经过校正求得的真实的朔、望时刻叫做定朔、定望。正因为如此,这个变化不定的、真实的朔望月长度反而没有什么用处。天文学上所说的朔望月一般就是指平均朔望月。

一个朔望月比二十九天半稍长。按朔望月来安排历谱,必然是一个小月,接着一个大月;这样小、大月相间的形式。但是,一个朔望月为29.530588日,两个朔望月就是59.061176

<sup>①</sup> 他测定的数据为23°31'30",而理论推算,当时应为23°29'30"R.



日。如果安排一个小月29日,接一个大月30日,则两个月之后就差了0.061176日,大约16个月之后就差0.489408日。这时,  $29.530588 + 0.489408 = 30.019996$ 日,即又应增加一个大月。所以,在历谱安排上,大约每过15—17个月就有一次连大月。在古代还没有掌握朔望月的较精确值的情况下,这种连大月的安插,最初只能是根据实际天象的观测来定的。只有经过长期的实践、观测和资料的积累,人们才能逐渐掌握连大月安插的规律。从理论上来说,根据这样长期的资料统计,就可以求得朔望月的长度。

古代留传下来的最早的朔望月数值是  $29\frac{499}{940}$ 日。这是古四分历的数据。这个数据的取得却不是源于单纯的对月相的观测统计。它是根据十九年七闰的规律,从四分历的回归年长度推算出来的。所谓十九年七闰,是指十九个回归年等于十九个阴历年加七个闰月。十九个阴历年是二百二十八个朔望月,加七个闰月就是二百三十五个朔望月。这样:

$$\begin{aligned} 19\text{个回归年} &= 19 \times 365\frac{1}{4}\text{日} = 6939\frac{3}{4}\text{日}, \\ 235\text{个朔望月} &= 19\text{个回归年} = 6939\frac{3}{4}\text{日}, \\ 1\text{个朔望月} &= 6939\frac{3}{4}\text{日} \div 235 = 29\frac{124\frac{3}{4}}{235} \\ &= 29\frac{499}{940} = 29\frac{499}{940}\text{日}。 \end{aligned}$$

把这个朔望月数值化成小数得29.530851日。与现今测定的值29.530588日相比,误差为+0.000263日。

自春秋中期(公元前第六世纪)人们掌握了十九年七闰的闰周以来,大约直到南北朝以前,一直都采用这个闰周。十九年七闰,意味着认为十九个回归年的长度等于235个朔望月。因此,在修改回归年数值的时候就必然要影响朔望月数值。如果根据实际观测来修订朔望月数值,那就必然要影响回归年。例如,刘洪把四分历的岁实(即回归年)减少,取值为  $365\frac{145}{589}$ 日,即365.246180日;则一朔望月就必然减小为  $29\frac{773}{1457}$ 日,即29.530542日。它的误差为-0.000046日。反过来,如果增加朔望月的数值,那末回归年的数值也要随之增加。例如,杨伟景初历取朔望月为  $29\frac{2419}{4559}$ 日,即29.530599日,误差降低到只有+0.000011日,但它的回归年数值也就增加为  $365\frac{455}{1843}$ 日,即365.24688日。误差上升为+0.004599日<sup>①</sup>。经过这样反复几代的实践,减低朔望月的误差,回归年的误差就增大;减低回归年的误差,朔望月的误差就增大。于是,人们逐渐认识到,这恐怕是十九年七闰这个闰周不精确的缘故。

公元412年,北凉的赵歇第一次打破了这个旧闰周,创用600年221闰的闰周。他定的回归年为365.244306日,朔望月为29.530600日。这两项数字都比较精确。祖冲之循着这个方向,把闰周又推进了一步,改为391年144闰。这样,不但他的回归年数值达到了

<sup>①</sup> 在杨伟时代回归年数值应为365.242301日。

较高的精确度,而且他的朔望月(数值 29.530692日)也达到了只差+0.000004日的空前的精确度。

回归年长度可以用圭表测影定冬至的办法来检验,朔望月长度则可以用日月食的观测来检验。中国古代丰富的日、月食纪录是检验、改进朔望月数值的重要依据。随着天文学的发展,回归年、朔望月数值的不断改进,人们感到规定固定的闰周完全是多余的事。本来,从阴阳历的安排来说,自太初历起,已确定了无中气之月为闰月的置闰原则,因此,闰周对安插闰月本身来说,早已不再是必须的。人们保留它,主要是习惯地认为回归年和朔望月数值之间有简单的关系。可是,随着新闰周的出现和改变,人们逐渐领悟到,这两者之间并不是简单的数学关系。反过来,如果肯定一个简单的数学关系,这必须要损害回归年或朔望月数值的精确度。到了这一步,闰周就走向了消亡。从李淳风的麟德历起,就不再累赘地推求新闰周。人们从日、月食的观测和归算就完全可以独立地求出朔望月的数值。《大衍历议·合朔议》里说到:

“新历(指大衍历)本春秋日食、古史交食加时(指日、月食发生的时刻)及史官候簿所详,稽进退之中,以立常率。”

这里的“常率”就是指朔望月。这段话清楚地表明,大衍历的朔望月数值是从历史记录统计归算得到的。

古代历法中朔望月数值最精确的是北宋姚舜辅纪元历的 29.530690日,误差在+0.000002日以下。西方在十六世纪末所采用的第谷的数值,也有 0.000005日左右的误差。

## 2. 恒星月和近点月

一个朔望月是指月亮相对于太阳转了一周。可是,对于距离极为遥远的恒星来说,一个朔望月并不是月亮绕地球一周的周期。绕地球一周的周期叫恒星月。如右图,月亮从月<sub>1</sub>这个朔的位置绕地球一周到月<sub>2</sub>这个位置,所需的时间就是一个恒星月。这时,地球已从地<sub>1</sub>这个位置绕太阳转动到地<sub>2</sub>这个位置。因此,在月<sub>2</sub>这个位置上还没有发生第二次朔。必须再转一段距离到月<sub>3</sub>这个位置才发生第二次朔。从月<sub>1</sub>转到月<sub>3</sub>这段时间就是朔望月。

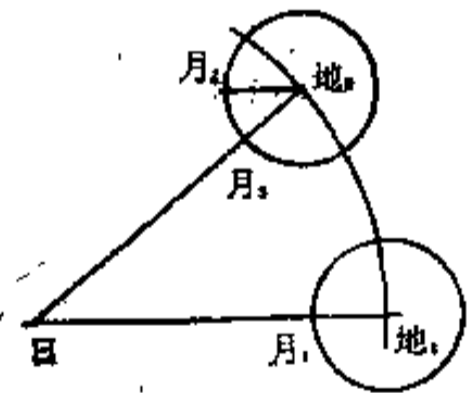


图 5-2 恒星月与朔望月

月亮平均每天所走的度数是周天/恒星月,地球每天所走的度数则是周天/回归年。月亮每天比地球(或按古人的说法是太阳)多走的度数是(周天/恒星月一周天/回归年)。在一个朔望月里,月亮比地球整整多走了一周天。因此,我们可以得到公式:

$$\text{朔望月} = \text{周天} \div (\text{周天/恒星月} - \text{周天/回归年})$$

$$\text{即: } \text{周天/恒星月} - \text{周天/回归年} = \text{周天/朔望月}$$

$$\text{即: } \quad \text{月每天行度} - \text{日每天行度} = \text{月比日每天多行度} \cdots \cdots \cdots \text{(甲)}$$

$$\text{或: } \quad \text{月每天行度} = \text{月比日每天多行度} + \text{日每天行度} \cdots \cdots \cdots \text{(乙)}$$

大约在古六历时代,人们就已经熟练地掌握了(甲)、(乙)这些公式。在《淮南子·天文训》中记有日每天行一度,月每天行十三度七十六分度之二十八,即十三度十九分度之七。

显然,后面月每天行度的数字是根据公式(乙)推得的,因为,按照古四分历:

$$\text{周天/朔望月} = \frac{365\frac{1}{4}}{29\frac{499}{940}} = 12\frac{7}{19}\text{度}$$

由(乙)式即得:  $12\frac{7}{19}\text{度} + 1\text{度} = 13\frac{7}{19}\text{度}$

在《周髀算经》中也明确地给出了“月一日行之数”的求法。这个数字被称为“月后天”。它的算法是:

$$\text{月后天} = \frac{235}{19} + 1 = 12\frac{7}{19} + 1 = 13\frac{7}{19} \dots\dots\dots(\text{丙})$$

这里的  $\frac{235}{19}$  是由  $365\frac{1}{4} \div 29\frac{499}{940} = 365\frac{1}{4} \div \frac{19 \times 365\frac{1}{4}}{235}$  而来的。

上述两书用的都是四分历的数据,它们应该是古六历的成果。

求出月每日行度后,用以除周天度数,就可得到恒星月。如,古四分历中,恒星月应为:

$$365\frac{1}{4} \div 13\frac{7}{19} = 27.321850\text{日}$$

按现代的测算,一恒星月为 27.321661日。古四分历的误差为 +0.000189日。

从(丙)式我们就可以注意到,实际上月每日行度的数字只与闰周有关。在十九年七闰的条件下,各种历法的月每日行度数字都是一样的<sup>①</sup>。但是,由于各历的周天度数有微小的变化,因而各历的恒星月数值也有所不同。一直到赵歆改闰周之前,大概以后秦姜岷的三纪甲子元历所定的恒星月数值为最精密。他的数字是 27.321614日,误差 -0.000047日。

赵歆改闰周之后,他的月每日行度也就改为  $13\frac{221}{600}$ 度。化成假分数是  $\frac{8021}{600}$ 度。赵歆以十二个六百年为一纪。因此,他的数据就是一纪 7200 年里有  $8021 \times 12 = 96252$  个恒星月。这个数字在他的《玄始历》里称之为“月周”。赵歆定一纪的日数为: 2629759日。因此,他的恒星月为:  $2679759/96252 = 27\frac{30955}{96252} = 27.321605$ 日。其误差为 -0.000066日。

推求恒星月,并不是古代历法计算的目的。古代所需要的是月每日行度这个数据。有了这个数据就可以推算月亮在恒星间的经度位置。例如,何承天的元嘉历、祖冲之的大明历等就都是这样做的。

但是,月亮运动的速度实际并不是均匀的。从月每日行度预推出来的月亮位置 和 实际观测常有差别。东汉的李梵、苏统等人已经指出了月亮运动速度有快慢的变化。贾逵在论历时就指出了:

“率,一月移故所疾处三度。九岁九道一复”。●

① 各历的月每日行度数字虽然一样,但它们代表的实际角度仍然是不一样的。因为各历的度的单位严格来讲是各不相同的(古人把一个圆周按一个回归年的日数分度。引入岁差以后,则以回归年的日数加上岁差数字来分度)。

② 《后汉书·律历志》,“九道”是当时对月亮轨道的别称而已。

这里不但指出了月亮有运动得最快的地方(这个地方现代天文学上称为月亮轨道的近地点),而且指出了这个地方是在变动的,一个月后向前移动了三度;过九年之后,这个点才移动一周,回到原来的地方。以后在刘洪的乾象历里进一步研究了月行快慢的规律性,提出了相应的计算方法。这样,从刘洪以后,作为平均数的月每日行度,它的作用就逐渐减小。到刘焯的皇极历中就不再使用它来计算月所在的经度位置。当然,月每日行度这个数据并不是完全消失了作用。下面我们要提到,在计算定朔时还需要用到它。但这时已不要求有很高的精确度,例如,只要到小数后二位左右就足够了。这样,我们也就没有必要再对这个数据进行深入的研究。

再回到月亮运动有快慢变化的问题。现在我们知道,月亮绕地球沿着椭圆轨道运动,地球在椭圆的一个焦点上(见图5-3)。月亮最接近地球的那个点叫近地点。月亮走到这个地方时运动速度最快。和近地点相对的那个点叫远地点。月亮走到那个地方时运动速度最慢。不但如此,近地点和远地点这条连线也不是固定不动的。而是以地球为中心不停地向着月球前进的方向转动着。贾逵所发现的就是这个现象。他测定,月亮每过一次近地点都较上一次移动了三度。如果近地点是固定不动的话,那末月亮两次过近地点的时间间隔就是一个恒星月。既然近地点在向前进,所以需要比一个恒星月更长一点的时间才能再回到近地点。月亮连续两次过近地点的时间间隔现在叫做近点月。古代历法中对这个问题各有不同的名称。例如,刘洪把这个问题叫做月行迟疾,把近地点前进的数值称为过周分。到一行大衍历以后,人们才统一使用刘焯皇极历里所用的名词,把近点月叫做“转终”或“转周”(但是,有些计算过程中用的数据,名称仍是各有大同小异的)。

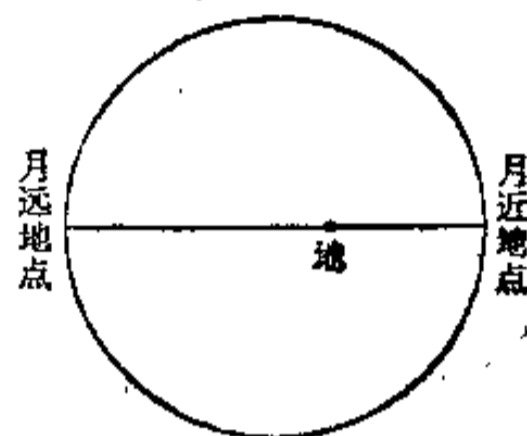


图 5-3 月亮绕地球沿椭圆轨道运动

关于近点月的数据,贾逵虽然指出了近地点进动的数量,但这只是个约数。他未曾给出近点月本身确切的数值<sup>①</sup>。张衡曾经在公元123年的历法大辩论中提出过用九道法推算月亮运动和日、月食,但是未被采用。其数据、计算方法也没有留传下来。现在传下来的最早的数字属于刘洪。按乾象历的数据的算法,可以求得乾象历的近点月数值为27.554756日<sup>②</sup>。接近代的测算,应是27.554650日,刘洪的误差为0.000206日。

近点月数值的测定进步得很快,杨伟景初历的27.554608日,误差仅为-0.000042日。其后,以隋大业历的数值27.554652日最为精密。

### 3. 定朔计算

李梵、苏统发现月行有迟疾后,曾经提出过以此改正朔望时刻的方法。他们对东汉以来三十八次月食记录进行了验算,结果密近。贾逵曾经向东汉政府进行过推荐,并且明确

① 按朱文鑫《历法通志》计算,如以“月移故所疾处三度”计,近地点须9.18年才回原处。如按“九岁九道一复”算,则近地点每月前进3.0612度,一近点月为27.55081日。朱的计算有误。按贾逵之数,一近点月只27日。

② 乾象历的算法是:“会算从天地凡数:乘余率自乘,如会数而一,为过周分。以从周天,月周除之,历日数也。”这里给的会数是47,天地凡数55,余率29,周天215140,月周7874。写成算式是

$$\text{近点月} = \frac{215140 + (47 + 55) \times 29^2 \div 47}{7874} = 27.554756$$

批评了当时的史官：“今史官推合朔、弦、望、月食加时，率多不中，在于不知月行迟疾意。”这项被称为九道术的新生事物也遭遇到了曲折的命运。太史官当时似乎曾经被迫接受过这个方法，但不久即“废而不修。”<sup>①</sup>安帝延光二年（公元123年）的历法大辩论中，张衡、周兴等人又提出根据记录校算，九道法最密近。但因为采用九道法会有接连三个大月和接连二个月的情况，这是违背长期以来的传统习惯的。张衡、周兴等人的建议被硬扣上“疏远”的罪名而加以否定。东汉晚期，政治更加腐败。虽有宗整、刘洪分别于熹平年间（公元172~178年）提出九道术和七曜术，但都被东汉朝廷所扼杀<sup>②</sup>。直到三国时代，才在孙吴地区采用了刘洪的方法，而在曹魏地区则更进一步对刘洪方法进行了修订。

由于东汉反动统治的扼杀，早期的根据月行迟疾来校正朔望时刻的方法都已失传。现在传世的是后来孙吴地区采用的刘洪乾象历里的算法。这个方法的步骤是：第一步，先按照过去的办法，根据朔望月，从历元算起，推出所求年的各个朔望等时刻。这种朔（望）时刻就称为平朔（望）。第二步，推算某平朔在一个近点月周期中的位置，或此平朔离月过近地点时刻的时间间隔。第三步，按照月亮的近点月周期表（此表古代没有专名。自大衍历以后，它一直列在步月离篇里，所以也可称之为月离表），计算平朔时刻月亮平均运动对真实运动的校正。第四步，把这个校正加到平朔时刻上，就得到真实的合朔时刻。这个经过校正的合朔时刻，称为定朔。对于望和上、下弦等其他月相时刻都可以照此办理。

刘洪的这些步骤后世一直遵从。只是到张子信发现太阳运动的不均匀性之后，才又增加了计算由太阳运动不均匀而引起的校正数的步骤。这些步骤和求月亮校正数的步骤差不多。大体是：求平朔时刻在一个太阳运动周期中的位置；由此，根据太阳运动表（此表自大衍历后都列在步日躔篇里，故也可称之为日躔表）计算太阳平均运动对真实运动的校正；把这个校正数也加到平朔时刻上去。经过日、月这样两项校正之后，就得到定朔的时刻。

为了计算月行速度不均匀而引起的定朔校正数，首先必须根据实测制定月离表。例如乾象历根据实测推求得到一个近点月内月亮每日实际所走的度数<sup>③</sup>，把这列为表的第一项。从月过近地点开始，每日日初月亮实际位置和平均位置的差数（或：到前一日为止，在这整个时间里月实际所走的分数和从平均运动算出的分数之差）叫做该日的盈缩积。实际位置在平均位置之前叫做盈；反之叫缩。次日盈缩积减本日盈缩积，叫做本日的损益率。次日盈缩积数字大于本日盈缩积数字的，损益率为益；反之为损。

列出表后即可根据平朔离月亮过近地点的时间间隔，求出这段时间里的盈缩积分数。以月亮在平朔那天的实际速度分数减去太阳的速度分数（乾象历认为每日行十九分，即一

① 《后汉书·律历志》载“贾逵论月行迟疾”那段文字之后有一个编者案说：“案：史官旧有九道术，废而不修。”但综观全文，看不出李梵、苏统之前太史官已有九道术的痕迹，而案语下文接着就说“熹平中，故治历郎梁国、宗整上九道术。”可见编者案说的“史官旧有”是指熹平之前，应即梵统之术。

② 《后汉书·律历志》：“熹平中，故治历郎梁国、宗整上九道术，诏书：下太史以参旧术，相应部太子舍人冯恂课校，恂亦复作九道术，增损其分，与整术并校差为近。太史令颺上以恂术参弦望，然而加时尤复先后天，远则十余度。”太史令把宗整的方法拿去让冯恂增损一番，结果弄得误差可以达到十来度，这样一个革新的方法名声就被败坏而无法实行。

关于刘洪的方法，命运也是类似的：“熹平三年……，常山长史刘洪上作七曜术。甲辰，诏属太史部郎中刘固、舍人冯恂等课效。复作八元术。固等作月食术，并已相参。固术与七曜术同。”反动腐朽的东汉统治者对好的革新方法用“以参旧术”的方法予以扼杀，而太史官则用歪曲篡改的办法加以破坏。

③ 乾象历在此把一度分为十九分，把这实际所走的度数化成分数，叫做月行分，列在表的末项。

度化为十九分), 所得差数即月亮在平朔那天比太阳多走的分数。以这个差数去除平朔时刻的盈缩积分数, 即得定朔校正数。如盈缩积为盈, 则定朔在平朔之前; 如为缩, 则定朔在平朔之后。因此, 定朔校正数的正、负号正好相反, 是盈减缩加。

从隋大业历和皇极历开始, 在计算定朔时又考虑了太阳运动的不均匀性。而皇极历开始又采用内插法来计算月亮和太阳这两项校正数。这是我国古代历法计算中的重要发展和成就。

在刘焯的表里已经把损益率和盈缩积从度、分单位化成了时间单位。办法是把这项数字以月亮每日行度去除, 然后乘以日法(即一日分成若干分的总分数)。刘焯把这称为加减数和朏朧积。这样计算时可以方便些。他的具体算法大致如下:

(1) 计算因月行速度不等而引起的校正数  $S$ , 公式是:

$$S = A_{n+1} + \alpha \times \frac{\delta_{n+1} + \delta_{n+2}}{2} + \alpha \times (\delta_{n+1} - \delta_{n+2}) - \frac{\alpha^2}{2} \times (\delta_{n+1} - \delta_{n+2})$$

式中的  $n$  是表示月过近地点时刻到平朔时刻这段时间中包含的整日数,  $\alpha$  是余下的不足整日数的时间。 $\delta_n$  是第  $n$  日的加减数。 $A_{n+1}$  就叫朏朧积,  $A_{n+1} = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \dots + \delta_n$ 。

(2) 计算因日行速度不等而引起的校正数  $T$ , 公式是:

$$T = T_0 + \frac{t}{L} \times \frac{d_1 + d_2}{2} + \frac{t}{L} (d_1 - d_2) - \frac{t^2}{2L^2} (d_1 - d_2)$$

公式中的  $t$  为平朔所在气的交气时刻到平朔时刻的时间间隔。 $L$  为一气的时间长度。 $d_1 - d_2$  叫做这一个气和下一气的陟降率。所谓某个气的陟降率是这个气内太阳实行度数与平行度数之差, 再以月亮平均每日速度去除所得的商数。把从冬至以来到这个气的陟降率都累加起来, 就得到这个气的迟速数  $T_0$ 。

(3) 平朔时刻加或减  $S$  和  $T$ , 即得定朔时刻。

刘焯的内插法在数学理论公式方面是较为准确的。唐李淳风推算定朔的方法和皇极历完全相同。大衍历在推算定朔校正数时, 推算因月行速度不等而引起的定朔校正数的方法完全和皇极历相同; 推算因日行速度不等而引起的定朔校正数, 因定气间距是不相等的, 刘焯的内插法公式需要修正。大衍历以如下公式表示:

$$T = T_0 + t \frac{d_1 + d_2}{L_1 + L_2} + t \left( \frac{d_1}{L_1} - \frac{d_2}{L_2} \right) - \frac{t^2}{L_1 + L_2} \left( \frac{d_1}{L_1} - \frac{d_2}{L_2} \right)$$

式中  $d_1$ 、 $d_2$  和  $T_0$  的意义和皇极历公式中的相同, 而名称则也称为损益率和朏朧积, 和月离表里的名称统一起来。公式中的  $L_1$ 、 $L_2$  则代表两个气的时间长度。

元朝王恂、郭守敬等利用招差法来处理有关日、月、五星的运行问题, 比以前各家历法有很大进步。刘焯以后的历法都以为日、月、五星的运行速度, 在相当短的时期内是等加速的。授时历不满足这一算法的精确度。它认为日、月、五星的运动不是时间的一次函数, 而是二次函数, 在某一时间内日、月实行比平行多行的度数应该是时间的三次函数:

$$ax + bx^2 + cx^3.$$

式中  $x$  代表时间。 $a$  称为定差,  $b$  平差,  $c$  立差。只要决定了  $a$ 、 $b$ 、 $c$  这三个常数, 就能求得日、月在各段时间内因不等速运动而产生的校正数<sup>①</sup>。

当然, 授时历的招差法还可以更进一步发展。清代的李善兰就说过: “元郭太史授

<sup>①</sup> 钱宝琮: 从春秋到明末的历法沿革, 《历史研究》, 1960年第二期。

术,中法号为最密。其平立定三差,学算者皆推为创获。……窃谓仅加三差,犹未也。必欲合天,当再加三乘,四乘诸差”。<sup>①</sup>可是,王恂、郭守敬等的内插法虽只用到三次,但招差法的原则是远不以三差为限,它是可以推广到任何高次差数的。

可以考虑到任何高次差数的内插法公式在国外是英国数学家格列高里于1670年提出的。

## 四、古代历法中的一些其他问题

### 1. 调日法

中国古代的十进制计数法发达得很早。甲骨文中有个三万以上的数字就是用十进制计数法表达的。这是我国古代数学的伟大成就之一<sup>②</sup>。

但是,中国古代的十进制小数记法却发展得较晚。在天文学上,各种单位以下的零数部分,古代都是用一个分数来表示的。例如,四分历的回归年零数是四分之一日。故而称为四分历。这个四就称为日法。

四分历的朔望月为 $29\frac{499}{940}$ 日,三统历的朔望月为 $29\frac{43}{81}$ 日。这些分母940或81等等,也称为日法<sup>③</sup>。它们的分子499、43等则称为朔余。

现在讨论的是这样一个问题:古代天文工作者怎样在观测的基础上定出它的朔望月数据,即怎样决定它的日法和朔余。按照清代李锐的考证,古代天文工作者大体都是用的一种叫调日法的数学方法。

《宋史·律历志》所记载的周琮明天历里有一段关于调日法的说法:“宋世何承天更以四十九分之二十六为强率,十七分之九为弱率,于强弱之际以求日法。承天日法七百五十二,得一十五强一弱。自后治历者莫不因承天法,累强弱之数”。这个意思是说,调日法是从何承天开始的。何承天取 $\frac{26}{49}$ 为朔望月零数部分的强率,取 $\frac{9}{17}$ 为弱率。把15个49和1个17相加,就得何承天的日法762。这是怎么一回事呢?

原来, $\frac{26}{49}=0.530612$ ,大于朔望月日数以下的零数,故称强率。 $\frac{9}{17}=0.529412$ ,小于朔望月日数以下的零数,故称弱率。这样,精确的朔望月零数,应该在强率和弱率之间。

数学上有这么个定理:设 $a, b, c, d$ 都是正整数。又设 $\frac{a}{b} > \frac{c}{d}$ ,则 $\frac{a}{b} > \frac{a+c}{b+d} > \frac{c}{d}$ 。推而广之,如果 $m, n$ 为两个正数,则 $\frac{a}{b} > \frac{ma+nc}{mb+nd} > \frac{c}{d}$ 。

取 $\frac{9}{17}$ 为朔望月零数,意味着在连续十七个月中有9个大月。但很容易观测到,这样的安排下,大月个数嫌少,因此取作弱率。太初历以 $\frac{43}{81}$ 为零数,意味着连续81个月中有43个大月。这样安排,大月又嫌太多。若取 $\frac{43+9}{81+17} = \frac{52}{98} = \frac{26}{49}$ 。这个分数优于 $\frac{43}{81}$ ,但还是太

① 见李善兰《则古昔斋算学》卷六《麟德术解序》。

② 可参阅《中国数学史》,科学出版社,1963年出版。

③ 古代有时为了避免和回归年的日法相混淆,就把朔望月里的日法专称为朔日法。从刘洪乾象历以后,则把回归年数字中的分母又称之为纪法、气法等等。朔日法有时也有别的名称。自麟德历以后采用一种共通分母。这样,既使数字计算简便了一些,也减少了各种分母互相混淆的麻烦。

大。因此取作强率。

显然,中国古代天文工作者通过实践,熟练地掌握了前引的数学定理。何承天完全可以用试探的办法来求得最密近的朔望月零数。例如,知道 $\frac{9}{17}$ 太弱,就求 $\frac{26+9}{49+17} = \frac{35}{66} = 0.5303$ ,还弱。再求 $\frac{26+35}{49+66} = \frac{61}{115} = 0.5304$ ,还弱。再求 $\frac{26+61}{49+115} = \frac{87}{164} = 0.53049$ ,还是弱。再加强率。这样一直加到第十五次 $\frac{26 \times 15 + 9}{94 \times 15 + 17} = \frac{399}{752} = 0.5305851$ 。何承天认

为最符合他的观测统计。于是,就取752为日法,399为朔余。因为这是一种不断调整强弱分数的方法,故称为调日法。

当然,调日法的使用并不意味着历法工作者就可以不要天文观测了。相反,一个优秀的历法工作者,必须根据大量精确的天文观测,然后才能判定他应该用什么样的 $m, n$ 值来定日法、朔余。不作辛勤观测,但凭数学方法硬凑一个数据,这种人也是有的。他们这种做法被称为“写子换母”。由于没有大量精确的天文观测做基础,他们就无法判定什么是最好的 $m, n$ 值,只能在个别现象支配下瞎碰。结果,也许能偶合于一时,但时间稍久,矛盾就会暴露。因此,历代较严肃的历法工作者都对这种写子换母的作法持批判态度。

何承天的调日法虽然是就朔望月零数问题提出来的,但作为一种数学方法,它可以应用于其他任何以分数为零数的天文数据。

例如,闰周问题。我们知道,11年4闰,闰月嫌多,所以可视 $\frac{11}{4}$ 为强率;19年7闰,闰月嫌少,即以 $\frac{19}{7}$ 为弱率。赵耿的闰周600年闰有221闰,就是用的1强31弱,即 $\frac{11+19 \times 31}{4+7 \times 31} = \frac{600}{221}$ 。祖冲之闰周就是1强20弱,即 $\frac{11+19 \times 20}{4+7 \times 20} = \frac{391}{144}$ 。

又如近点月问题。如以 $\frac{5}{9}$ 为强率, $\frac{56}{101}$ 为弱率,则何承天的近点月零数是 $\frac{417}{762} = \frac{5 \times 5 + 56 \times 7}{9 \times 5 + 101 \times 7}$ 。祖冲之的零数是 $\frac{14631}{26377} = \frac{5 \times 619 + 56 \times 206}{9 \times 619 + 101 \times 206}$ 。

调日法的发明在数学上是有贡献的,在天文学上,在使用分数表达数据的条件下也有它一定的作用。但实际上几乎很少天文数据能用简单分数来表达,因此,调日法的使用是有客观限制的。因为数据越精密,分数就越复杂。反过来,习惯于使用调日法又使天文学不易摆脱使用分数的局限性,从而影响了天文数据精确性的提高,并且增加了天文计算的复杂性。随着天文学的发展,对天文数据的精度要求日益提高。这时,调日法的使用,就逐渐成为累赘。

大概自唐以后,历法工作者逐渐采用百进和万进分数。例如,唐中宗神龙元年(705)南宫说撰的神龙历中就把各项数据的零数都化成百进分数:“日”以下为“余”,“余”以下为“奇”,“奇”以下为“小分”,这些都是百进制。“小分”以下则是十进小数“分”。它的朔望月叫月法,为29日余53奇6。它的交点月叫交周法,为27日余21奇22小分16(又)7分。这样记下的数据可以一望而知它们的精密程度。比各种分母互异的分数简单明了得多了。一行在《大衍历议》里曾用万进及百万进数来比较各历回归年及朔望月的零数。然而南宫说的历法未曾颁行;大衍历虽有许多成就,但一行本人有其思想局限,他为了用《易·系辞》



的数字神秘主义来装饰自己,仍然采用3040为各种数据的共同分母<sup>①</sup>。

在这个方面,敢于冲破传统束缚,促进天文学进步的,仍然是人民群众。唐建中时(780~783)天文学家曹士秀撰符天历,首先采用万分为日法。虽然符天历受到司天监官员的蔑视,被诬之为“小历”,但却在民间受到了欢迎,从晚唐、五代直到宋,流行了好几百年。万分的使用,不但大大减省了许多繁重的历法计算工作,而且极为有利于天文数据精度的不断提高。在民间历法的推动和启发下,到元代王恂、郭守敬编制授时历时,终于正式采用万分为日法,而其他各种单位则也大都采用百进制,至此,调日法终于完全失去了它存在的理由。天文学在斗争中曲折地前进着。

## 2. 上元积年

进行历法推算,必须有个起算点。这个起算点叫做历元。对于现代天文学来讲,对于不同的天文数据可以根据具体情况设立各种不同的历元。

古代设历元最初当然也是为了推历的自然需要。例如太初历的历元定在元封七年(公元前104年)十一月初一甲子日的夜半,因为根据当时的观测,认为这个时刻正好是合朔和冬至。把这个时刻定做历元,计算以后的朔望、节气就可以用朔望月、回归年的周期来推。早期历法中定历元的原则大体就是如此,根据观测或推算,找到有那么一天,合朔和某个节气都同在这天的某个时刻发生,这一天的某个时刻就定为历法的历元。

太初历之前所用的古六历,它们的历元资料流传下来的很少。只有颛顼历因自秦汉初一一直都在行用,关于它的资料还比较多些。

这主要见于《淮南子·天文训》。那里记载说:

“天一元始正月建寅,日、月俱入营室五度。天一以始建七十六岁,日、月复以正月入营室五度,无余分,名曰一纪。凡二十纪,一千五百二十岁,大终。日、月、星、辰复始甲寅元。”

这段话说明:(一)颛顼历的历元取在甲寅年寅月甲寅日合朔立春<sup>②</sup>。(二)在历元时刻日、月位置都在营室五度,五大行星也在这个位置上。(三)按颛顼历的数据,过七十六年之后,日、月又在营室五度处相会,这叫一纪。二十纪叫一大终。日、月又是在正月甲寅日相会于营室五度<sup>③</sup>。(四)按《淮南子·天文训》的说法,似乎在一大终之后五大行星也重新

① 一行对3040这个数字用了很多《易·系辞》里的词汇来渲染它的神秘。他把1,2,3,4,5叫做五行生数,总和是15;6,7,8,9,10是五才成数,总和是40。成数40乘生数15,得600,叫天中之积;生数15乘成数40,也得600,叫地中之积。天、地中积就是1200。除4,得300,叫爻率。乘10,得3000,叫二章之积。又以五材乘八象,得40,叫二微之积。并章、微之积就是3040,成了气朔的分母。而后宣称:“中极……在章、微之际者,人神之极也。”这3040就有人神之极的意义了。说得这么神秘;其实他的数字并不神秘。他的朔望月零数是 $\frac{1613}{3040}$ ,用调日法计算

$$\frac{26 \times 61 + 9 \times 3}{49 \times 61 + 17 \times 3} = \frac{1613}{3040}$$

可见3040完全得自科学的数学计算,与《易经》毫不相干。

② 《大衍历议》引刘向《洪范传》和《续汉书·律历志》刘洪的话,都讲到颛顼历的历元是正月己巳朔旦立春。不过刘向仍把年名称为甲寅,刘洪却称之为乙卯。日名己巳,按陈久金同志的意见是,这是颛顼历的一个部首。因此,作为历元是没有矛盾的。至于刘洪把年名改称乙卯,则是因为刘歆时代作过一次岁星超辰处理,故年名干支往下移了一个干支。逆推上去,历元年名自然也应移一个干支。

③ 按颛顼历的数据:1回归年= $365\frac{1}{4}$ ,1朔望月= $29\frac{499}{940}$ 日,则1章=19年=235朔望月=6939.75日,如历元时刻甲寅年正月甲寅日夜半朔和立春相会,则一章之后朔望和立春又相会,但时刻则在夜半之后的0.75日,1纪=4章=76年=27759日,即自历元起一纪之后,朔和立春又会于夜半,1终=20纪=1520年=9253×60日,这时朔和立春又会于甲寅日的夜半,其实,凡是四分历都有这一类的周期性,不过年、月、日、时不同而已。

相会在营室五度处。但这显然是不正确的。因为当时掌握的木星恒星周期12年,就不是1520年的因子。事实上,这样的五星重新相会的周期应为三大终,即4560年<sup>①</sup>。

《淮南子·天文训》只给出了颛顼历历元之年的年名为甲寅,这年到底是哪一年?没有给。现在只能从唐《开元占经》找到一个数据。那里写到:“颛顼历上元乙卯至今(指开元二年甲寅岁,即公元714年)积二百七十六万一千一十九算外”。此处说颛顼历上元为乙卯年,这是因为刘歆之后延续至今的干支纪年法和西汉初年颛顼历的记法正好差一个干支名。因此,这乙卯年也就是《淮南子·天文训》所说的甲寅年。有人用这种数据推算汉初元光元年历谱,认为相合<sup>②</sup>。这样,应该承认这个上元积年数字是和颛顼历符合的。但这并不意味着当初的颛顼历历元就是它。因为这个数字大得异乎寻常,并不符合当时的天文学状况。在《开元占经》中还记有其他五种先秦四分历的上元到开元二年的积年数字,这些数字也都在276万左右。而它们彼此之间的差别相对来说反而要小得多。清代顾观光在《六历通考》中首先注意到了这个问题。其后的研究者和他的意见大同,认为是东汉人在原来比较简单的上元积年数据上追加了一种带有神秘性的高位数字而成。

西汉末年,封建地主阶级为了挽救自己的统治危机,变本加厉地鼓吹宗教神学。于是,出现了一大批所谓纬书。经过东汉统治阶级的提倡,纬书更加泛滥,几乎踞有和经书同等的地位。这些纬书都以儒家经书为依据,加上大量荒诞无稽的迷信神话。纬书把孔子奉为圣人,宣传孔子在鲁哀公十四年庚申岁(公元前481年)获得一只麒麟。《春秋元命苞》、《易乾凿度》等纬书就认为,从获麟那年上推276万年,就是所谓天地开辟的年代。现在我们看起来这种说法太可笑。但在东汉时代却被奉为神明。顺帝时的太史令虞恭竟公然承认,这个“天地开辟”的年代就是后汉四分历的历元,说是:“此四分历元明文图讖所著也”。<sup>③</sup>后汉四分历的历元是汉高祖当皇帝以后四十五年,即汉文帝后元三年(公元前161年)的十一月甲子朔旦冬至夜半<sup>④</sup>。怎么又成了获麟之前的276万年呢?原来,从文帝后元三年上溯到鲁哀公十四年庚申是320年。而320年加上276万年,等于2760320年,正好是四分历朔望月、回归年和六十干支周的共同周期1520年的整数倍。可见,所谓“天地开辟”之年,完全是纬书作者剽窃历法工作者的科学成果来为自己的反动政治目的服务而凑合出来的。

《开元占经》所载古六历的上元积年数字和纬书的四分历上元积年数字十分相近。说他们都是东汉人追的,完全有道理。

象纬书这类大数字的上元积年的推求,大概在西汉末年的刘歆《三统历》里就已开始。刘歆以81章即1539年为一统。一统之后,朔和冬至又都在同一天的夜半相会。三统4617年为一元。一元之后朔、冬至又都在甲子日的夜半。三统历又以135个月为日月食周期,

① 陈久金、陈美东根据马王堆出土帛书《五星占》中所给金星、木星、土星的恒星周期(分别为225天、12年、30年)计算,得出五星应以三终为大周期。他们的工作见前引《从元光历谱及马王堆帛书《五星占》的出土再探颛顼历问题》。但这个计算中金星不应取225天的周期而应取8年的周期。三终为一大周期,这一点可与《淮南子·天文训》中的另一段话相应证。那段话说:“太阴之始建于甲寅,一终而建甲戌,二终而建甲午,三终而复得甲寅之元。”可见,三终的周期是存在的。由此看来,前引《淮南子·天文训》的那段话中有重要漏字,应为:“凡二十纪,一千五百二十岁,大终。凡三终,日月星辰复始甲寅元。”

② 见前引陈久金、陈美东的两篇关于颛顼历的文章。

③ 《后汉书·律历志》。讖,就是纬书。因纬书中有许多谜语式的文字,被认为有预示未来的作用,故也称讖,或称讖纬。此类书大都还有图,故又叫图讖。

④ 四分历还认为自文帝后元三年再上推两元(4560×2=9120年),即公元前9281年,这年的十一月初一日的夜半不但是甲子朔旦冬至,而且还是月食和五星运动的起点。见《后汉书》中四分历本文。

称为“朔望之会”，一统正好有141个朔望之会。所以，日、月食也以一统为循环的大周期。然后三统历又提出一个138240年的五星周期，把它和4617年求最小公倍数，得23639040年为一太极上元。经这样一个太极上元之后，不但朔、冬至都合在十一月甲子日的夜半，而且五大行星也都合在一起。这种状态叫做日、月合璧、五星联珠，被认为是个吉利的天象。但是，三统历的历元本就是太初历的历元：太初元年十一月甲子夜半朔旦冬至。刘歆进一步给定，从太极上元到太初元年的积年是143127年。其实，这个数字是4617年的31倍，这里就变成一种数字游戏，科学上的意义却被淹没了。事实上 $143127 - 138240 = 4887$ ，也就是说，按刘歆的推数，太初历元之前4887年，乃是五星联珠的时刻。

自刘歆以后，逐渐开始了追求理想上元的风气，这种上元应该是推数以后每年的节气、朔望、日名干支、五星运动等等的共同起点。在发现了交点月、近点月等周期之后，又把这些因素也加入到理想上元中去。这种理想上元比太初历、四分历的那种距离较近的历元，天文内容要丰富得多。日、月、五星各有各的运动周期，各个周期也各有自己的特定起点，例如，节气以冬至为起点<sup>①</sup>，朔望月以朔为起点，近点月以月过近地点时刻为起点等等。这些起点的时刻离某个观测年的十一月朔日之前的那个甲子日的夜半各有一个差数。以各个周期和相应的差数来推算上元积年，这是一个数学上称之为一次同余式的问题。我国第四世纪的数学著作《孙子算经》中有一“物不知数”问题就是讲的一次同余式的解法。这是我国在数学发展史上的一项贡献。这贡献应该是和天文学密切相关的。

由于天文数据的复杂，一次同余式的解是比较繁重的。考虑的项目越多，解也越繁重。因此，早在魏晋南北朝时代，如杨伟的景初历、何承天的元嘉历等，都想跳出这种理想上元的圈子。景初历上元就不包括交点月、近点月等的内容，而是改为列出上元之前到月过交点的时刻及到月过近地点的时刻<sup>②</sup>，称之为交会差率、迟疾差率等。何承天则除了列出交会差、迟疾差之外，还把五星周期提出来，对每个行星单独给出一个近距的后元。例如：“木后元：丙戌，晋咸和元年至元嘉二十年癸未，为十八年算上”等。杨、何等人的方向是可取的。

然而，事物常常是曲折发展的。杨伟、何承天的思想没有被其后的历法工作者所接受。多少人仍在埋头于繁重的计算，以求理想的上元。随着天文观测的精密化，计算越来越繁重，求出的上元积年数字也越加庞大。元魏时期的正光历积年数突破了百万，唐代的大衍历达到了九千多万，金代的重修大明历达到了最高峰，上元积年数竟然有三亿八千多万！这样庞大的数字，求起来就很困难；求出以后使用起来也很麻烦。这样，上元积年的发展走向了它的反面。最初在天文数据比较粗略的条件下还存在的一些方便，已经远远抵不过计数的繁复了。

虽然如此，为改变这个千百年来旧习惯却又化费了人们很大的努力。拼命维护自己反动统治的封建地主阶级需要利用一切可能利用的手段。颁行一个其上元时刻是日月合璧、五星联珠的“吉利”天象的历法，被认为是得到天命的象征。因此，尽管历法工作者已经逐渐认识到上元积年的弊病，但却难以挣脱这个沉重的枷锁。“任何一个时代的统治思想始终都只不过是统治阶级的思想”（马克思、恩格斯《共产党宣言》）。天文学也不能例

① 太初历以后，绝大部分历法都以冬至为气首。但也有少数例外，例如，何承天的元嘉历就以雨水为气首。

② 交点指黄道和白道的交点。中国古历计算中一般用白道的降交点为交点月的起算点。降交点即月亮从黄道北进到黄道南时所过的交点。

外。

首先冲破这个枷锁的还是那位天文学家曹士芳。他的符天历以显庆五年(公元660年)正月雨水为历元。这就一举削掉了数十万以上的积年,而且还改革了历法计算和民用历日安排不协调的弊病<sup>①</sup>。符天历的革新精神是可贵的。它的出现从一个侧面反映了中国古代天文工作者勇敢进取的精神。

符天历在民间的广泛流传,也影响到个别官方历法工作的态度。五代后晋时的马重绩和南宋时的杨忠辅都曾经试图采纳符天历的先进经验,但都很快遭到了失败。

上元积年的完全取消,直到元代的授时历才得实现。

授时历不但不用复杂的上元积年,而且也取消了作为回归年、朔望月的共同起点的近距历元。它直接以至元十八年辛巳岁(公元1281年)天正冬至为历元,根据实测,确定了当年的气应(冬至离甲子日夜半的时间)、闰应(冬至离十一月平朔的时间)、转应(冬至离月过近地点的时间)、交应(冬至离月过黄白道降交点的时间)等各项天文数据。授时历的革新措施对历法工作是一大改进,并向近代天文学的精神靠近了一大步。

## 五、年、月、日、时的安排和记法

年、月、日、时是任何一种历法的基本成分。有了年、月、日、时的划分和推算,才能安排好一个科学的历法。只有准确地记下天文现象所发生的年、月、日、时,才能研究这些现象在时间过程方面的规律性。比如说:原始社会早期的人还不会记日子,他们就无法研究月亮圆缺变化的周期,只能自然地看着月亮圆了又缺,缺了又圆,一个月一个月地过去,始终不可能有朔望月的概念,更谈不上有年的概念了。

时间,关系到人类社会的政治、生产、生活等各方面的活动。安排好年、月、日、时,记录准各项活动的年、月、日、时,是研究人类社会活动的重要条件。

我国古代在年、月、日、时的累记法方面也有许多创造,有些至今还发挥着作用。

### 1. 日的划分和记法

日是最容易认识的时间单位,也是最重要的时间单位。历法的建立首先要从认识“日”开始。只有认识了日,能够把日子连续地记载下来,才能谈得上认识各种各样的周期。

记日的问题主要是两个问题。一个是决定一日的开始,定出什么叫“一日”;一个是用什么方法来记录日子。

什么是“一日”?这个问题在原始社会生产力极为低下,社会生活极为简单的条件下是不成问题的。人们缺乏夜间照明手段,生产和绝大部分社会生活活动都在白天进行。日出而作,日入而息。很自然,人们就把太阳的升起作为一天的开始,而把太阳下山作为一天的结束。所以叫做“一日”。至于夜晚,那主要是休息,这段时间对人们来说是不注意的。只有当人们发明了火以后,随着生产的发展,夜晚也有了社会的活动,这才使人们注

<sup>①</sup> 以往历法计算因为上元取在十一月朔且冬至,所以在计算各年的历日时都是从上年的十一月算起的,而民用历日则都是从正月朔日开始的,这两者之间不大协调。符天历改以正月雨水为历元,就可以和民用历日协调起来。

意到夜晚的时间。人们把一日和一夜合在一起,仍然称为“一日”。

但这时就有了问题:今日的开始,就是昨日的结束;反之,昨日的结束也就是今日的开始。那末,如果以日出为一日的开始,则它也就是前一日的结束。如果以日落为一日的结束呢?它也就应该是下一日的开始。《史记·天官书》在谈到北斗七星时有那么几句话:“用昏建者杓”,“夜半建者衡”,“平旦建者魁”。<sup>①</sup>这表明,在观测北斗星而定季节时,有三种不同的观测系统。其中有一种是在黄昏时观测杓星。而夜半、平旦则都有另外的专门的观测对象。平旦、夜半在中国历法史上都曾经作过一日之始的日期分界线标志。看来,“用昏建者杓”,应该是古代曾有过以黄昏为日期分界标志的遗迹。

但是对人类来说,直到现在还是以白天为主要的生产、生活活动时间。尽管夜半12点钟作为一日的分界标志已经有了几千年的历史,但人们大都还是在早晨起身之后才去撕日历。可见,平旦作为日期的分期标志在古代史上应该是主要的。黄昏和夜半,特别是夜半,那是在天文学有了一定发达之后,由于天文工作的要求才被作为日期分界标志的。

无论日出还是日落作为分界标志,它们在一年中每天的时刻实际是不固定的。夏天日出早,日落晚;冬天日出晚,日落早。因此,人们当然会设法找一个比较恒定的日期分界标志。这个标志要么是日中,要么是夜半。以日中为分界标志,只有纯粹天文工作上的方便,而在实际生活中是极不方便的<sup>②</sup>。因此,很自然,人们选择了夜半作为分界标志。

要以夜半分日期,必须用较精确的计时器。在古代主要是漏壶。经过长期的观测,定出每日日出和日没的时刻,取其中点,这才能求得夜半的时刻。这个日期分界标志出现在什么时代,现在还缺乏研究。但至今人们在研究古六历乃至春秋历法时都很自然地以夜半为分界<sup>③</sup>。当然,战国时代采用夜半为日期分界标志是有这个技术条件的。因为当时的漏壶已有一定发展。大概从汉太初历以后都以夜半为分日标志,成为定式。

那么,古人又是怎么样来记下日子的呢?最初大概是在什么地方刻划道,或在墙上,或在竹木片上。发明了绳子以后,就可以结绳记日。直到解放前,我国有些兄弟民族在三座大山的沉重压迫下,还保留着这种原始的办法。独龙族就有结绳法,佤族则用刻竹法。这些办法虽很原始,却很简便。有了它就可以进行最初步的天文学研究,例如,可以研究月亮月缺变化的周期。

这些原始记日法当然有极大的局限性。它不能记太长的日子。一堵墙上划得满是道道,人们往往无法计数,竹木片上刻划也是一样。所以,原始记日法在历史上起过不可磨灭的作用,但却必然要让位于更高级的办法。

这个办法就是文字。

现在我们所能见到的最早的文字是上世纪末从河南安阳出土的殷墟甲骨卜辞。卜辞的文字已相当进步。在此之前应该有更原始的文字,但至今尚无大量发现。因此,文字的记日法仍只能从甲骨卜辞谈起。

卜辞中用的是干支记日法,并且有长达五百多天的日数累计结果。关于这些情况,我们在前面的章中已经讲过了。

① 杓是北斗第七星,又名摇光。衡是北斗第五星,称为玉衡。魁是北斗第一星又名天枢。

② 现代天文学上使用的儒略日制度就是以日中做分界标志的。

③ 我们怀疑,这古六历中很可能有不以夜半为分日界限的。《玉海》卷十二“周时训、周书月令”条中引有《尚书大传》的一段话说:“夏以十三月为正,平旦为朔。殷以十二月为正,鸡鸣为朔。周以十一月为正,夜半为朔。”这段话实际讲的是三种历法的历元问题。可见,是可能有以平旦、鸡鸣等其他时刻作为日期分界标志的。

干支记日法一直是我国古代历法中的重要内容。古代推算节气、朔望以及其他各种天文现象发生的日期,都是首先推出它的干支数,这样,它在哪年、哪月的哪一天,就一点也不会乱。因此,要研究我国古代历法,必须掌握干支记日法。

干支记日法直到今天还有它一定的作用。虽然现在我们不必再在日历上注明每日的干支,但是有些历日还须要用干支来推求。例如,三伏的计算就是。江南有些地区在计算入梅、出梅时也要用到干支。

干支记日法虽然有它的优越性,但也有它的局限性。每个干支代表六十个序数周期中一个固定的序数,但是安排到月份中去后,如果不知道朔日的干支,就不能知道这个月里的某个干支日是该月中的第几日。因此,这个方法虽然有记日不易混淆的优点,但在阅读只记干支的古代史籍时须要有专门的朔闰表来查检日子。这样,对于专门的研究者来说就有很大的不便,至于对民用来说,那就更不方便了。因此,就有数字记日法的产生。

最早的数字记日法资料是1972年于山东临沂出土的汉武帝七年(后追改,这年定为元光元年)历谱竹简。这份历谱在三十根竹简的顶上标了从一到三十的数字,这是每月内各个日子的序数。每根简下面写着各个月中这个日子的干支日名。这种形式很类似今天的月份牌。

凡以后发现的历谱都记有月内各日的序次数字。

而同时,历代史官的记载却仍主要采用干支法记日<sup>①</sup>。

这就给我们一个启发:尽管秦汉以前的史籍中只见到干支记日法,但仍然可能同时也存在着数字记日法。数字记日法的发明和干支记日法相去不会太久。

## 2. 关于月的安排和记法

最古的时代大概是从新月初见作为一个月的开始的。这一天在古代叫做“朏”。后世通行的“朔”那是较晚才出现的。因为朔是看不见的,只能根据推算。

至今在甲骨文中还没有认出“朔”字,西周金文中也没有“朔”字。

当然,没有朔字不等于当时没有这个概念。应当考虑到,古代的文字记载是有很局限性的。古人不可能把所有的知识都记下来。即使当时记了,还必须流传至今。就是幸而流存了,还必须能被我们所理解,所辨认。从《诗·小雅·十月之交》篇的记载来看,朔的概念在西周是应该有的。

自从朔的概念发明以后,我国的历法就一贯以朔作为每个月的起首。

确定了每个月的朔日,确定了每个月的天数,就能排出一年的历谱。在这个历谱里最早是以数字次序来记月份的。甲骨文和金文都是这样。后世也一直是这样。尽管在春秋战国时代就有了以十二支记月的方法,但那只是作为一种辅助性的记法,主要的仍然是数字记月。

与记月问题直接有关的是两个问题:(一)一年中第一个月安排在什么季节;(二)闰月怎么安排。

先讲闰月问题。

<sup>①</sup> 《后汉书·天文志》载:建武三十一年“十月己亥(火)犯轩辕大星。又七星间有客星炎二尺所,西南行,至明年二月二十二日,在舆鬼东北六尺所灭。凡见百一十三日。”象这条夹杂着干支记日中的少见的数字记日文字,大概是史官疏漏的结果。但这正可见当时实用上是用数字计日法的。

古代历法中采用年终置闰的原则,称之为“归余于终”。这个原则大体上到秦汉时代的颛顼历都一直保持着。虽然在春秋后期已有过非年终置闰的情况,但这是根据天象观测临时调整的结果,而不是科学的置闰原则所支配的。就是在颛顼历中,也不是把闰月放在自然年的末尾,而是放在政治年的末尾。秦及汉初都以十月为岁首,即在每年的十月初一日举行新年的朝贺大典。所以颛顼历的闰月就叫后九月。

战国秦汉时代发明了二十四节气之后,使闰月的安排有可能定出科学的规则。这就是太初历提出的无中气之月为闰月的规则。所谓中气,是指从冬至开始,每逢单数的节气。计有:冬至、大寒、雨水、春分、谷雨、小满、夏至、大暑、处暑、秋分、霜降、小雪等<sup>①</sup>,共十二个。两个中气之间的时间为一个回归年的十二分之一,约三十日有余。太初历把每个中气固定在一个月份里,如,冬至在十一月,大寒在十二月,下面都依序排列。按照中国古代十二次的制度,这十二个节气正处于相应次的中点(如,冬至为星纪次中点,大寒为玄枵次中点,等等)<sup>②</sup>,故称为中气(而其他十二个节气则是在各次的开始,好象竹子之类的结节一样,故仍称节气)。因为一个朔望月比二个中气之间的时间间距要短约一天,如果从历元开始,过三十二个月之后这个差数累计就会超过一个月。这就会出现一个没有中气的月份,而本来应该在这个月份里的中气却推移到下个月份里去了。如果不采取措施,其后的中气也都要推迟一个月。因此,把这个没有中气的月定为闰月,月序仍用上个月的月序,冠以“闰”字,称为“闰×月”。安置闰月之后,以下的中气又各各回到原来应该在的月序里。这样,可以使太初历的各个月份和天象、物候持相对确定的关系。

太初历的置闰规则在用平气的条件下是合理的,因而后世的历法都用它来置闰。只是直到清代的时宪历中改用定气注历之后才有改变的必要。

因为冬至附近相邻二个定中气之间的时间比一个朔望月相差不多,而夏至附近相邻二个定中气之间的时间可以比一个朔望月大1~2天,所以就有可能因为二定中气间时间过长而使一个月内出现无中气的现象。这个无中气之月却不是气比朔落后而产生的。如单纯以无中气月来置闰,有时就可能一年要置两个闰月。针对这个情况,时宪历规定,以两次冬至之间包含有十三个月的年定为闰年。闰年中的第一个无中气之月定为闰月。这个规则一直沿用至今。

现在来讨论一年的第一个月安排在什么季节的问题,这也就是所谓的岁首问题。

自战国以来的一些文献中流传有一种三正交替的说法。《左传》昭公十七年里记有:

“火出,于夏为三月,于商为四月,于周为五月”。

西汉前期的《尚书大传》说:

“夏以十二月为正,”“殷以十二月为正”,“周以十一月为正”。

《史记·历书》说:

“夏正以正月,殷正以十二月,周正以十一月。盖三王之正若循环,穷则反本”。

这些都反映的是同一个概念,即认为夏代历法是以夏历的正月为正月,殷代则以夏历的十

① 在《汉书·历志》所引的《三统历》里把雨水和惊蛰,清明和谷雨都换了个次序,但无论在《三统历》之前(如《淮南子·天文训》、《周髀算经》)或之后(如《易通卦验》、后汉四分历)这个次序都没有换。

② 今把相应的次和节气排列如下:

次名	星纪	玄枵	震管	降娄	大梁	实沈	鹑首	鹑火	鹑尾	寿星	大火	析木
节气	大雪	小寒	立春	惊蛰	清明	立夏	芒种	小暑	立秋	白露	寒露	立冬
中气	冬至	大寒	雨水	春分	谷雨	小满	夏至	大暑	处暑	秋分	霜降	小雪

二月为正月,周代则以夏历的十一月为正月。三代历法,三种正月,所以叫做“三正”。

可是近代大多数人的意见认为并不是真在夏、商、周三代用过三种不同正月的历法。例如,根据清末王韬的考证,认为《春秋》一书中所用的历法是有变化的<sup>①</sup>。借用三正的名词,那么,春秋前期的历法属于殷正。所谓春王正月大都是夏历的十二月。春秋中期以后才改用所谓的周正。春秋时期的岁首就有变化,当然不可能在整个周代行用周正了。

有人对比《左传》所记晋国的史日和《春秋》所载的有两个月之差的情况,认为三正的不同实际是春秋战国时不同地域、不同部族所用的历法制度不同的缘故,而不应看作是三个王朝改变正朔的故事<sup>②</sup>。这个意见是可信的。王韬说过:

“周既东迁,王室衰微,天子未必颁朔,列国自为推步,故经,传日月常有参差。”<sup>③</sup>这话也就是同样的意见。

春秋战国时代,各大诸侯国都颁行自己的历法。其中或则历元不同,或则岁首有别,五花八门,搞得很是混乱。这对全国各地的来往、交流是个很大的障碍。人民不但要求国家在政治上统一,也要求历法上的统一。在历法没有统一之前,作为一种相互对照的标准,人们提出了以冬至定年首,以十二支纪月的办法。即,把冬至所在的月叫做子月,第二个月叫丑月,第三个月叫寅月,等等。有了这个标准,不同岁首的历法就可以进行比较。这种办法作为一种中介联系,在历史上起过有益的作用。而当后世在需要标志出岁首所在的位置时也自然会用到它。但是一般说来,这种记法不在民用历日安排中使用。例外的是星命家,他们不但用十二支记月,而且和记年、记日一样,配上十干。这种干支纪月并不是科学上的需要,而只是搞迷信活动的手段而已。

秦颛顼历是以寅月为正月的。这种岁首符合我国人民以正月、二月、三月为春季等等的季节划分法。如果以丑月为正月,那样的正月就是最冷的时节,不能符合春季的要求。至于以子月为正月,那就更不符合了。可见,颛顼历之能成为全国统一的历法,也还有它多方面的科学根据。

历史上大概还有过一种奇怪的名称来平各个月的。例如,《史记·历书》记太初历的历元“年名焉逢摄提格,月名毕聚,日得甲子,夜半朔旦冬至。”这个奇怪的月名“毕聚”是什么意思:据《尔雅·释天》的解释是:“月在甲曰毕”,称为“月阳”;又说:“正月为陬”<sup>④</sup>,叫做“月名”。诸如此类的名称一共有二十二个。而照《史记索引》所引虞喜的解释则是:“天元之始……月,雄在毕,雌在訾。訾则娵訾之宿。”总之,看来这种古怪的名称大概是干支记月的一种异称吧?它在历史上同样没多大影响。

### 3. 记年法

殷商和西周时代大概都是依王在位的年数来记年的。西周有大量金文可证。殷商甲骨卜辞中虽无直接记载,但《尚书·商书》的“伊训”篇中有“太甲元年”,“太甲中”篇有“惟三祀”等等,看来情况和西周差不多。在专制的奴隶主统治下,以最高的奴隶主头子——王在位的年数来记年,这在中、外大都如此。

① 王韬:《春秋长历考证》。

② 钱宝琮:《从春秋到明末的历法沿革》,《历史研究》,1960年第三期。

③ 王韬:《春秋朔闰至日考》。

④ 《尔雅》称正月为“陬”,“陬”即“聚”,把太初历元的十一月叫正月,可见《尔雅》用的是周正,即以子月为正月。



随着奴隶制的衰落,周王室的权力越来越削弱。春秋以来各诸侯国都纷纷用本地区诸侯在位年数来记年。《春秋》一书就是以鲁国诸侯在位年数来记年的。从《国语》中更可以看到,其他诸侯也是一样。这样,在纪年问题上全国也存在着混乱现象。为了对比全国各地的记年,一种以天象为基础的记年法——岁星纪年法就得以流行起来。

岁星即木星。这是星空中很明亮的一颗行星。木星在星空中绕行一周的周期是11.86年。在古人看来,大约过十二年之后,木星又会在同一星空区域中看到。因此,古人就把天赤道带均匀地分成十二等分。使冬至点正处于一分的正中间,这一分就叫星纪。然后由西往东依次是玄枵、娵訾、降娄、大梁、实沈、鹑首、鹑火、鹑尾、寿星、大火、析木。这就叫做“十二次”。把每年木星所在的次记录下来,就成为自然的记年资料。由于全国在同一时候所见到的木星在星空背景上的位置都是一样的(木星的周日视差很小,可以忽略不计)。这样,尽管在最初记录木星位置时并不是为了纪年,但到春秋战国时代纪年混乱的情况下,它就成了一种很方便的统一记年的标志。

岁星纪年法首先出现于《左传》和《国语》两书中。它们所反映的都是一些春秋中、后期的政治家、星占家就当时或古代的历史事件中岁星位置所在所作的预言。这些预言大都“准”。这正说明,它们不是当时的真实纪录,而可能是编纂《左传》、《国语》时的人追加给古人的。

在天上还有一种十二辰的分划制度。它的分法和十二次一样,但方向却相反,即以玄枵次为子然后由东向西,星纪是丑,析木是寅……。这种制度的产生原因至今还没有令人信服的说法。至于它的应用,其中很重要的一个是和岁星纪年的发展有关的。

岁星在星空背景上的移动速度其实是不均匀的,而且有的时候还会发生所谓逆行,这样,用实际岁星的位置来纪年就不理想。因此人们另外设想了一个理想的天体。这个天体的运行方向与岁星相反,从东向西,也是十二年一周天,但是速度均匀。把这个天体称为岁阴、太阴或太岁。太岁和木星保持大致一定的对应关系。如木星在星纪,太岁在寅;木星在玄枵,太岁在卯;等等。于是,可以用太岁所在的辰来纪年,这可以称作太岁纪年法。

奇怪的是战国时代的人们并不用子、丑、寅、卯等十二支名来作年名,而是对每个年名使用一个奇怪的名称:

- |        |                     |
|--------|---------------------|
| 寅——摄提格 | 卯——单阏               |
| 辰——执徐  | 巳——大荒落              |
| 午——敦牂  | 未——协洽               |
| 申——涿滩  | 酉——作噩               |
| 戌——淹茂  | 亥——大渊献              |
| 子——困敦  | 丑——赤奋若 <sup>①</sup> |

例如,《吕氏春秋·季冬纪·序意》中记有:“维秦八年,岁在涿滩”。这意思应该是(按当时的历法所用的纪年法)秦始皇八年的年名为申。又如,屈原

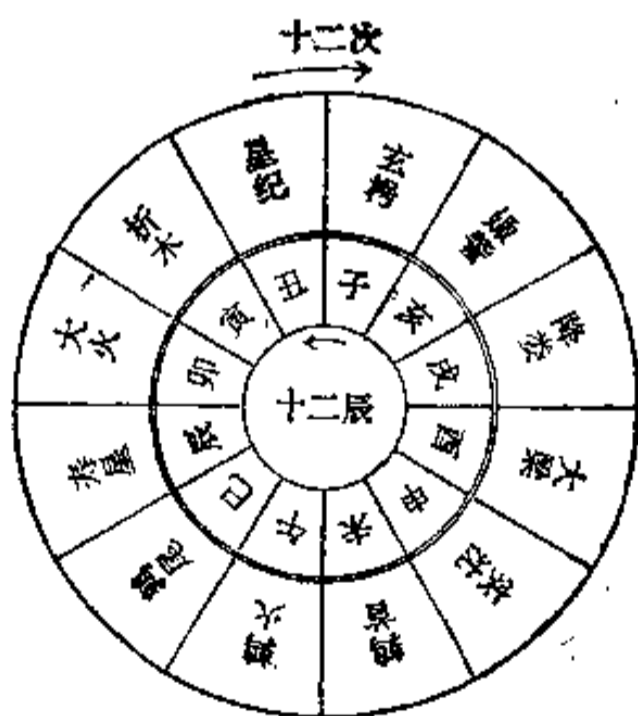


图 5-4 十二辰与十二次

① 这些名称各种古书都略有小异,但读音是近似的。这份名单是《史记·历书》中所用的。《史记·天官书》中就把“协洽”写作“叶协”,“淹茂”写作“闾茂”。

在《离骚》开头第二句讲他降生的日子是：“摄提贞于孟陬兮，惟庚寅以吾降”。这意思是他生于寅年正月庚寅<sup>①</sup>。

象月名一样，后来给年名也配上天干，而且也给以奇怪的名称，如：

甲——闾逢	乙——旃蒙	丙——柔兆	丁——强圉
戊——著雍	己——屠维	庚——上章	辛——重光
壬——玄黓	癸——昭阳 <sup>②</sup>		

之所以要起这些奇怪的名称，大概是因为年、月、日里都用干支来记，怕互相搞混了，所以给年、月各来一套专名。可是为什么要起得这么怪，至今还说不清楚。有一种猜想，这可能与当时我国某些少数民族的语言有关。

木星恒星周期是 11.86 年，因此，十二年之后它就超过了一周天。这样一周一周超下去，过若干年就会整整超过一次。这个现象古代称之为岁星超辰。

岁星超辰的事实是不难发现的，大约过了 84.7 年木星就超辰一次。85 年之后连续所记的年和木星实际位置所在的年名，就差了一年。这时人们当然会感觉出来矛盾。可是人们最初还是限于习惯，认为太岁和岁星应该保持大体固定的对应关系。因此，纪年法的改革大体总要在进行重大历法改革时考虑。在此之前，纪年法实际已与木星的运行脱离了关系，虽然人们并不意识到这一点。根据对《左传》、《国语》中所记的岁星位置，证明它们和实际位置确实存在一种系统误差<sup>③</sup>。这证明当时人们并不意识到超辰问题。同时也证明《左传》、《国语》的岁星纪年法大约是公元前四世纪确定的。根据陈久金同志的研究，大概直到秦制定颛顼历时，就曾调整过纪年法，比战国时代延续下来的纪年法超过了一辰。而到西汉前期制定太初历时，又曾比颛顼历纪年超了一辰。

首先提出岁星超辰问题的是刘歆。他在三统历中提出，岁星 144 年超辰一次，并且用这个数据来推求古往今来的岁星纪年。

事实上，太岁是个假想的天体，太岁纪年本就可以完全脱离岁星的实际运动而独立地、均匀地连续记下去，用不到一定要和岁星保持固定的对应关系。刘歆的超辰法进一步提醒了人们，要得到连续而不混乱的记年，应该断然抛弃和岁星的位置对应关系。而这种与岁星无关的，单纯的太岁，剥掉它的神秘名称的外衣之后，就只不过是一个地支而已。因此，起自太初历的纪年法，到后来就成了一只沿用到今的干支纪年法。

与太岁纪年法、干支纪年法同时并存的仍然还有帝王纪年法。每个封建帝王从他当上皇帝的第二年起（也有少数从当年起），实行他的纪年。到汉文帝，特别是汉武帝之后，开始有改元和改年号的事。这些年号都使用所谓象征“吉兆”的名称。这类改元、改年号的事都是封建帝王巩固自己统治的一种手段。它们都有其政治和意识形态上的原因，而与天文学没有什么关系。

再说干支纪年法。

这个纪年法有它的优点。但是，这些天干、地支的名字早就失去了创始时的含意。秦汉以后人们更不能说清甲乙丙丁、子丑寅卯之类的意义。所以，干支纪年法传到民间后，

① 摄提是摄提格的简写。“陬”按《尔雅·释天》是“正月”，孟是开始的意思，“孟陬”也就是“正月”。

② 这份名单是根据《尔雅·释天》所记。其他各书不仅有同音异字的差别，而且有的还有次序对应上的差别，读者必须注意。

③ 陈久金：从马王堆帛书《五星占》的出土试探我国古代的岁星纪年问题，《中国天文学史文集》，科学出版社，1978年。

民间将它进行了改造：略去了天干的成分；用十二种动物来表示十二地支，这就是所谓的十二生肖。王充《论衡·物势》篇里提到有所谓“十二辰禽”。其中有：子鼠、丑牛、寅虎、卯兔、巳蛇、午马、未羊、申猴、酉鸡、戌狗、亥豕。在《论衡·言毒》篇里则提到了“辰为龙”。这些动物的对应和流传至今的完全一样。

从王充的记载来看，十二生肖在当时是很流行的。不但流行，而且已经受到了封建统治阶级的歪曲，蒙上了一阵五行相克的毒雾。因此，王充对他们进行了有力的批判。从这个情况来看，十二生肖的产生应该是相当早的。

十二生肖这个形象的纪年法不但在汉族人民中使用，而且一直传播到祖国许多兄弟民族那里，受到各兄弟民族的欢迎和采纳。当然，适应兄弟民族的生活环境和习惯，所用的十二种动物是有变化的。例如，云南的傣族就把“猪”改为“象”，把“龙”改为“蛟”或“大蛇”，而“蛇”则称为“小蛇”。又如，哀牢山的彝族就把“龙”换成“穿山甲”。新疆的维吾尔族把“龙”换成“鱼”，等等。

西藏的藏族不但完全接受了十二生肖法，而且还配上也是来自汉族的金、木、水、火、土这五行和阴阳，构成了六十循环的纪年法。这是汉族六十干支法的一种生动具体的形式。

十二生肖这种简单、生动的纪年法在历史上起过积极的作用。直到解放前，广大人民群众都一直使用着它。

解放以后我国已经采用了公元纪年法，这种可以长期延续而不会重复的纪年法比十二生肖法优越得多。十二生肖法已完成了它主要的历史使命。只是因为我国目前还是公历和农历并存的缘故，干支纪年法还须要保留一定时期，因而人们偶尔也会提起十二生肖。等到将来历法更向前进步的时候，干支纪年法也是要退出历史舞台的。人类总是不断发展、不断进步的，永远不会停止在一个水平上。历法也不会例外。

#### 4. 时刻制度

随着生产、生活活动的发展，人们自然会要求对一天之内的时间进行划分，以适应调节和安排各种活动的需要。

前面已经介绍过商代甲骨文中反映的时间划分。关于周代的情况，先秦古籍里记有不少资料。

《周礼》里记有许多与掌握时刻有关的官职。例如：“夏官挈壶氏”条记道：

“掌挈壶以令军井。……凡军事县壶以序聚櫜，……以水火守之，分以日夜”。

“秋官司寤氏”条记道：

“掌夜时。以星分夜。以诏夜士夜禁。”

“春官鸡人”条记的是：

“夜嘒旦，以鞀百官<sup>①</sup>。……凡国事为期则告之时”。

这些资料表明：（一）当时已有计量时间的仪器——漏壶。（二）已有时刻划分的制度。不但划分了白天的时间，而且也划分了夜晚的时间。（三）有报时的制度和专职人员。这些比较严密、复杂的制度当然不是一时一刻能产生的。因此，尽管通常都认为《周礼》是战国时代的作品，但它反映的这些内容很可能是起自春秋乃至西周的。

<sup>①</sup> “鞀”音叫。高声喊叫的意思。

《诗·齐风》里有篇叫《东方未明》。《毛诗》序说，

“《东方未明》刺无节也。朝廷兴居无节，号令不明，挈壶不能掌其职焉。”

在这篇诗里有一句话：“不能辰夜。”辰夜二字显然表明当时是把夜晚的时间划分出时辰的。“不能辰夜”就是指不能遵守夜里的作息制度。齐襄公是春秋前期的人，在位时间为公元前697年到公元前686年。

《诗·小雅》有一篇叫《大东》。这篇诗的第五章的末两句说：“跂彼织女，终日七襄”<sup>①</sup>。第六章的首两句又说：“虽则七襄，不成报章”。东汉的郑玄笺注说：“襄，驾也。从旦至暮七辰，辰一移，因谓之七襄。”织女是指织女星，这两章的前后都在讲星，“织女”也不能例外。七襄似乎不应该指从旦到暮的七个时辰，而应是指织女星从升起至落下要在天上走七个时辰。织女星虽然在天上走了七个时辰，却一点绢绸也织不出来，所以诗人说：“终日七襄，不成报章”。这首诗的时代是西周末年。可见，在西周时代就应该有一天分十二时辰的制度。

但是，正如后世的时刻制度极为复杂一样，在东周，可能乃至西周，还有其他的时刻制度与十二时辰制同时并行。《左传》昭公五年（公元前537年）条里有记载说：“日之数，十。故有十时，亦当十位。”《隋书·天文志》在记述古代漏刻制度时说到：“昼：有朝、有禺、有中、有晡、有夕。夜：有甲、乙、丙、丁、戊”。可见春秋战国时代是存在着一天分十时的制度的。不过，把昼和夜各分五段，这种时制是不均匀的。这个十时制度的夜间部分后来一直留传下来，演变成为所谓“五更”的制度。

《淮南子·天文训》中又将白天分成十五段，叫做：晨明、朏明、旦明、蚤食、晏食、隅中、正中、小还、铺时、大还、高春、下春、悬车、黄昏、定昏。对这整段文字加以研究后，我们认为：晨明约相当天文曙影的开始，即天上开始出现曙光。朏明约相当民用晨昏曙影的开始，这时天已相当亮了，可以进行各种户外工作。旦明才是太阳出地平的时刻<sup>②</sup>。与此相对应的是：悬车是日落；黄昏约为民用曙影结束；定昏是天文曙影结束。西汉时代当然不可能进行天文曙影的计算。但是，从长期的实践中人们是可以掌握一定经验规律的。

考察《淮南子·天文训》的这段话中有：“日出于暘谷”、“至于蒙谷，是谓定昏。日入于虞渊之汜”等。这些和屈原《天问》中的：“出自汤谷，次于蒙汜。自明及晦，所行几里”的一问是完全对得起来的。《天问》中所问的都是屈原之前早就流行的说法。由此可见，至少在春秋战国时代，人们就已经能根据实践经验，把天文曙影和民用曙影加以区别了。

还有一种与十二时辰制平行的制度，它把一昼夜分成均衡的一百刻。这个单位的得名，与漏刻有关。漏刻用箭来指示时刻，箭上刻着一条条道道。因此就把这种时间单位叫做刻。刻和刻箭应该是同时起源的，甚或比刻箭更早。最近阎林山、全和钧同志提出，百刻制可能起源于商代。

十二时辰的制度比较符合天文学上的习惯，但分划不细。百刻制度比较细，但又不便天文学上使用。这样，这两种制度就难以彼此取代，它们在很长的历史时期中平行地使用着。既然一起使用，就有一个互相结合的需要。可是，一百不是十二的整数倍，它们的结

① “跂”音岐，行走的意思。

② 原文说：“日出于暘谷，浴于咸池，拂于扶桑，是谓晨明。登于扶桑，爰始将行，是谓朏明。至于曲阿，是谓旦明。”据汉代高诱的注，旦明就是平旦，即日出。可见晨明、朏明都在日出之前。“日出于暘谷”并不是日出地平的意思，而是夜空中出现曙光的意思。“爰始将行，是谓朏明”，朏明就是太阳快出来前的光明，它应该就是所谓的日出前的三刻或二刻半。

合就存在着困难。于是,出现了改革百刻制的企图。

最早提出改革百刻制的是汉成帝时的齐人甘忠可。他私造了一部《天官历》,大概在这部历法中提出分一天为一百二十刻的主张。后来汉哀帝接受了他的学生夏贺良的建议,于建平二年(公元前五年)实行过二个月的改革。以后王莽时代又曾改行过百二十刻制。但无论汉哀帝或王莽都是出于一种所谓“改元易号、增益漏刻,可以永安国家”<sup>①</sup>之类的欺骗手法。然而西汉末年的封建统治集团已极腐朽,在他们残酷的压榨下,国家只有灾难和混乱,那里会有什么安!于是,过不多久,他们觉得这种改革既“卒亡嘉应”,没出现什么好兆头,反而是“违经背古,不合时宜。”<sup>②</sup>因此,又都把它改回去了。

其后又有梁武帝天监六年(公元507年)曾改为九十六刻制,大同十年(公元544年)又改为一百零八刻制。这些也都只用了数十年。陈文帝天嘉年间(公元560~566年)又复用百刻制,一直到明末欧洲天文学知识传入后才又提出九十六刻制的改革,清初以后才定为正式的制度。

百刻制度的改革在历史上遭到很大的困难。于是就有人想出其他的调和方法。例如,允许十二时辰中每个时辰的刻数不等。宋人王恽的《蠡海集》历数类中就举有以子、午、卯、酉各九刻,其余时辰各为八刻和以子、午两时各十刻,其余时辰皆为八刻等的分配方法。但这些都是主观的空想,实际上是根本行不通的。实际生活中使用的是另一种方法:把一刻分为三除得尽的分数。比如,一刻分为六十分。这样,一个时辰就是八刻二十分。隋代的张胄玄就是这么办的<sup>②</sup>。北宋燕肃的莲花漏里也是这么办的。一般说来,自隋唐以来,在漏刻的实际运用中大体都是用的这个分法。但是,在历法计算中,如同其他各种数据一样,不同的历法里也往往有自己特殊的分法。

十二辰制中把子时的正中定为夜半,即现在的0时或24时正。因此,和现代时制相比,应有如下的对应关系:

子时 = 23 ~ 1 时	丑时 = 1 ~ 3 时	寅时 = 3 ~ 5 时
卯时 = 5 ~ 7 时	辰时 = 7 ~ 9 时	巳时 = 9 ~ 11 时
午时 = 11 ~ 13 时	未时 = 13 ~ 15 时	申时 = 15 ~ 17 时
酉时 = 17 ~ 19 时	戌时 = 19 ~ 21 时	亥时 = 21 ~ 23 时

宋代以后又规定把每个时辰平分如初、正两个部分。子初 = 23 ~ 24 时,子正 = 0 ~ 1 时等等。这就相当于现今的二十四小时制度。“小时”之称也由此而来;初、正两个部分都等于一个时辰的二分之一。

一个时辰等于八刻又三分之一。这三分之一刻又称之为小刻。分成初、正后,每小时就是四刻又六分之一刻。从初刻、一刻、二刻、三刻,这四个刻是正刻。再下面的四刻就是那个零数六分之一刻。

与一日的时分刻制度相联系的,还有一种昼夜漏刻的制度。在这个制度中明确地规定了一天的昼长多少刻,夜长多少刻。它以太阳的出没为基础。秦和西汉大约规定冬至日昼漏四十刻,夜漏六十刻;夏至日昼漏六十刻,夜漏四十刻;春秋分则昼夜漏都是五十刻。作这样明确的规定大约是出于封建礼制的需要。古代帝王把每日早晨群臣朝见订为一项重要的制度。为了使朝见大致能保持在日出时分进行,就有必要对昼夜时刻加以明

<sup>①</sup> 《汉书·哀帝本纪》“建平二年”条。

<sup>②</sup> 见《隋书·天文志》。

确规定。

由于地球周围有一圈空气,日落后和日出前的一段时间里太阳光通过大气的折射和漫射仍然能有一部分照射到地面上,须要稍过(日落后)或提前(日出前)相当一段时间才能观测星星。为了给早、晚观测中星和其他天象规定一个时刻标准,古代明确规定了旦和昏的时刻。大体上在秦汉以前是以日出前三刻为旦,日没后三刻为昏。秦汉以后则改三刻为二刻半<sup>①</sup>。这个昏、旦制度一直沿用到明末都没有重大变化。

由于太阳赤纬的周年变化(即太阳的北极距的周年变化),在一年中不同季节里每天昼长是不等的。冬、夏二至相距约一百八十二、三天,而它们的昼漏时刻相差二十刻。因此,在东汉以前的制度是规定:从冬至日(或夏至日)起,每隔九日昼漏增(或减)一刻。但是,事实上一年中各日昼长的变化是不相等的。东汉以后由于漏刻的测量逐渐精确,因而发现了这个问题。于是,在后汉四分历中,就改用实测数字来作规定。到永元十四年(公元102年)待诏太史翟融上书应改革这个制度。他和太史令舒、治历卫承、李梵等提出,昼夜长短与太阳去极度有关,他们提出按太阳去极度每改变二度四分(一度为十分)昼漏增减一刻。这比九日增减一刻当然要精密一些。但是,昼长和太阳去极度两者的变化率之间的关系也不是简单的比例关系。因此,他们的结论仍不能很好地符合实际。而他们所实行的却是根据二十四节气日的实际观测来决定的数据<sup>②</sup>。以后历代天文家也大都如此,以实测为基础,利用经验公式推算每日的昼夜长短。

① 汉代大多数人都认为旦、昏和日出、日落的时间间距是二刻半,这表明汉代通行制度如此。但是郑玄注《仪礼》和《尚书考灵曜》时都提出三刻的算法。可见在先秦时代应该存在过三刻间距的制度的。

② 参见李鉴澄:《论后汉四分历的晷景、太阳去极和昼夜漏刻三种记录》,载《天文学报》第十卷第一期,1962年。

## 第六章 日食和月食

日食和月食是一种不常见的、景色壮观的天象,自古以来吸引着人们的注意。我国古代在日、月食方面有着丰富的观测记录,对日、月食的成因和规律进行了长期、深入的探讨,取得了很大的成就。本章简要叙述我国古代对日、月食的认识,丰富的日、月食观测记录和我国古代预报日、月食的计算方法。

### 一、对日、月食的认识

太阳从东方升起,没于西方,昼夜交替,从来没有错乱过。可是有时正当大白天太阳高照的时候,忽然有个黑影将太阳逐渐遮掩,不多会儿,整个太阳被遮住了,大地顿时陷入了黑暗,天空中出现了星星,鸟兽惊扰起来,人们也遑遑不安,不知道发生了什么事。幸好,这个黑暗现象持续不久,太阳又一点点重新显露出来,终于,恢复了它的光辉全貌。光明重新普照大地,鸟兽也平静下来,仿佛一切都过去了。可是智慧的人类,对这种短暂的、令人惊恐的黑暗现象却是不会很快忘怀的。人们久久地记忆着这异常的一幕,努力地探索着,这是怎么回事?

月食虽然没有象日食那样令天地变色的惊人景象,但却也够使人感到惊奇。刚才还是圆满皎洁的明月,也是忽然来个黑影把它逐渐遮起来,以致完全把月亮遮没了,然后又过一段时间月亮才恢复圆圆的姣姿。这种意外的明暗变化也会引起人们的思考,问一个为什么?

远古时代,生产力低下,人们对种种自然现象无法理解,因而对日食和月食现象产生了许多荒诞的乃至超自然的解释。这是世界各古老民族都经验过的,毫不足怪。例如,中国古代就有月食是有个蛤蟆把月亮吃了等等的说法。<sup>①</sup>

进入阶级社会以后剥削阶级有意识地利用宗教和迷信来欺骗、压迫人民。他们把人目所见的自然的蓝天,神化为有意志的、世间一切事物的主宰,而把统治阶级的最高头子称为这个最高的神——“天”的儿子——天子。天子秉承天的意志统治人民,天则用异常天象向天子和人民告示吉凶。天子又被说成是太阳的化身。日食本来被原始社会的人们认为是太阳遭到了某种动物的侵犯,因而要敲锣打鼓相助太阳赶走侵犯者;现在,这种本来并无神秘意义的举动被纳入到奴隶主阶级所制定的礼制中去,成为天子率领臣民救护太阳、卫护天子的一种仪式<sup>②</sup>。这种仪式的形式后来当然有变化,但是作为一种制度和它内里

<sup>①</sup> 《淮南子·说林训》：“月照天下，食于詹诸。”詹诸即蟾蜍。

<sup>②</sup> 《左传·昭公十七年》载：“夏六月甲戌朔，日有食之。祝史清所用币，昭子曰：‘日有食之，天子不举，伐鼓于社，诸侯用币于社，伐鼓于朝，礼也。’”这是讲的春秋战国时代的救日仪式。

《晋书·礼志》载：“汉仪，……日有变，割羊以祠社，用救日变。执事者长冠，衣绛领袖缘中衣，绛袴袜以行礼，如故事。自晋受命，明将交会，太史乃上合朔，尚书先事三日，宣振内外戒严。挚虞《决疑》曰：‘凡救日食者，著赤帻以助阳也。日将蚀，天子素服避正殿，内外严警，太史登灵台，伺候日变，便伐鼓于门。闻鼓音，侍臣皆著赤帻，带剑入侍。三台令史以上皆各持剑，立其殿前。卫尉卿驱驰绕宫，伺察守备，周而复始。亦伐于社，用周礼也。又以赤丝为绳以系社，祝史陈辞以责之，社，勾龙之神，天子之上公，故陈辞以责之。日复常，乃罢。’”这是汉、晋时代的救日仪式，后代的仪式细节上还有变化，但主要格局是差不多的。

所包含的思想意识都一直流传到封建社会的末期。

对月食也差不多。在封建社会里,月亮被认为是女主的征象<sup>①</sup>。虽然在封建社会里“男尊女卑”,对月食远不如对日食那样重视,但照样有一套救护的仪式。明末的科学家徐光启为了能亲自参加一次月食观测,想不参加例行的月食救护仪式,为此他必须向皇帝上疏请假<sup>②</sup>!

奴隶主阶级和封建主阶级还在日、月食问题上搞了许多其他花样,例如,发生日食时,天子要假惺惺地“素服,避正殿,”下罪己诏,因为据说,这是老天在告诉他,他的政治出了毛病;假如天文官预报不灵,报了日食竟然没有发生,这就被说成是天子的德行好,感动了上天,大臣百官要向天子上表庆贺,如此等等。好象日食和月食是天对天子的一种特别关怀而发出的信号。这样,天子的权威就更显得神圣了。但是,照这些说法,日、月食也就成了是种毫无客观规律可言的,完全不能认识和预报的现象。

然而,日食和月食是一种自然现象。它们的发生是完全有规律可循的。不管剥削阶级在这个问题上搞了多少花样,布了多少迷雾,人民群众在千百年的经验、观测中终子会逐渐认识一些规律,并且随着天文学的发展,这个认识也会逐步深入。

《易·丰卦》有“月盈则食”的话;《诗·小雅》有“十月之交,朔月辛卯,日有食之”的诗,这说明,至迟到公元前八世纪,人们已经认识到月食发生在满月,日食发生在朔日。

因为合朔正是日、月同度,所以,从日食在朔,人们就会想到日食是月亮相掩太阳的缘故。西汉刘向的著作《五经通义》中说:

“日蚀者,月往蔽之。”<sup>③</sup>

东汉王充在《论衡·说日篇》中引述过一种更明确的说法:

“或说日食者,月掩之也。日在上,月在下,障于日之形也。”<sup>④</sup>

月食在望,《淮南子·说山训》说:

“月望,日夺其光,阴不可以乘阳也。”

东汉高诱注解:

“月十五日与日相望东西,中绳则月食,故夺月光也。差则亏,至晦则尽,故曰:阴不可以乘阳也。”

如果高诱注解不错的话,则《淮南子》的时代已经明白日、月隔着地正相对或一直线时就会有月食。其中缘故,东汉的张衡说得很科学:

“月光生于日之所照……,当日之冲,光常不合者,蔽于地也,是谓闾虚……月过则食”。<sup>⑤</sup>

所谓闾虚,就是地球背太阳方向投射出的影子。月亮经过地球影子的时候就有月食发

① 《晋书·天文志》载:“月为太阴之精,以之配日,女主之象”。

② 《徐光启集》,409页。

③ 《开元占经》卷九:“日薄蚀三”。

④ 王充虽然是位杰出的唯物主义思想家,但他在科学问题上的见解有不少都是不高明的,甚至错误的。例如在日食问题上,他不承认是月亮掩日的结果,而认为是日光自己削弱的结果。哲学思想的进步并不能保证在每个具体科学问题上的正确。过去“四人帮”为了篡党夺权的需要,大搞所谓儒法斗争史时,把王充封为法家,对他的缺点错误曲加掩饰,给王充研究造成了很大的混乱。其实,在日食问题上,王充所批判的儒者却是正确之处的。《论衡·说日篇》中引了一种儒者的说法:“儒者谓日蚀、月蚀也。彼见日蚀常于晦朔,晦朔月与日合,故得蚀之。”这说法本来是正确的,可是王充却把它批判了一顿。我们承认王充是重要的唯物主义哲学家。但是不能同意他对具体科学问题的错误认识。

⑤ 《灵宪》见《后汉书·天文志》刘昭注引。



生。

随着对日、月食的观测和成因的认识,一些具有唯物主义倾向的哲学家和科学家起来反对关于日、月食是天示预兆这种“天人感应”的谬论,肯定了它是有规律的自然现象。

早在战国时代的荀子就提出:

“日、月之有蚀,风雨之不时,怪星之觉见,是无世而不常有之。上明而政平,则是虽并世起,无伤也;上暗而政险,则是虽无一至者,无益也”。<sup>①</sup>

婉转地否定了日、月蚀与帝王政治有关的谬论。

东汉的王充说得更明确:

“在天之变,日月薄蚀。四十一月日一食;五、六月月亦一食。食有常数,不在政治。百变千灾,皆同一状,未必人君政教所至。”<sup>②</sup>

尽管王充的数据并不科学,但是他明确指出了日、月食是有规律的,而与所谓的天子的政治没有关系。这个思想当然是正确的。

“食有常数,不在政治”的思想实际上是一切具有科学态度的天文学家的指导思想。他们长时期地、孜孜不倦地寻找着这个“常数”,即规律。根据掌握的规律,人们可以预报未来的日、月食。根据实际观测又可以验证预报方法;如果有差错就进行纠正,或进而探求新的尚未认识的规律。这种努力和日、月食规律上的不断发现都沉重地打击了剥削阶级在日、月食问题上散布的种种“天人感应”的谬论。

日、月食规律的研究既和月亮运动有关,又和太阳运动有关。因此,日、月食预报得准不准,是检验一个历法精密不精密的最明显的标志。而从较早的时候起,人们也就有意识地利用日、月食观测来作为检验历法计算的最重要的手段。例如,东汉汉安二年(公元143年),太史令虞恭、治历宗诩等在讨论历法中就明确指出:

“课历之法,晦朔变弦,以月食验天,昭著莫大焉。”<sup>③</sup>

三国时曹魏的徐岳在历法辩论中也指出:

“效历之要,要在日食”。<sup>④</sup>

自此以降,历法家对这一点都是公认的。

既然人们认为日、月食是检验历法的一个标志和最重要的手段,其逻辑内涵就是人们肯定日、月食是种有规律的自然现象。在这种正确思想的指导下人们才能艰苦地去探求这些复杂的规律。

然而,人的认识常常是不能一次完成的。日、月食现象有其客观上的复杂性。人们对日、月食规律的掌握是在很长的历史时期内逐步地达到的。在未曾精确掌握这些规律之前,历法的预报常常不免出错。而在错误的原因未被人们认识之前,唯心主义就会乘虚而入。所谓“当食不食”、“不当食而食”等概念就此冒头。前者就成了皇帝“德行感动上天”,后者则就是“上天谴告”。连唐代的著名天文学家一行也未能跳出这个圈子。

一行在《大衍历议·日蚀议》中举了开元十二年七月戊午朔和开元十三年十二月庚戌朔二次预报日蚀都未发生的事例,认为:

“虽算术乖舛,不宜如此。然后知德之动天不俟终日矣。”

① 《荀子·天论》。

② 《论衡·治期篇》。

③ 《后汉书·律历志》。

④ 《晋书·律历志》。

他并且进一步议论说：

“若因开元二蚀，曲变交限而从之。则差者益多。”<sup>①</sup>

其实，按近代朱文鑫的研究，这两次日蚀都是有的，只是一次是中国看不见，第二次是初亏已近地平，带食而入，难以观测罢了。这说明一行的计算方法还是很不完善的。当然，因为这两食而去改变食限，这是不对的。但是，不把方向放在探求未知的规律上而归之于“德之动天”，这不能不承认，除了科学发展上的局限性之外，一行还有着思想上的局限性。一行作为一位科学家，他首先承认日食是有规律的。他说：

“使日蚀皆不可以常数求，则无以稽历数之疏密”。

所谓“常数”，就是人们所掌握的规律。可以根据规律预推，这才能检验历法的疏密。但是，当现象的复杂性超出了已知的规律时一行就束手无策了。他说：

“(日蚀)若皆可以常数求，则无以知政教之休咎”。<sup>②</sup>

也就是说，他转向了神学，用“政教之休咎”来代替了对未知规律的探索。伟大科学家在世界观上的弱点束缚了他探索真理的手脚，悲哉！

与一行相比，元代修造授时历的主要工作者们思想就大大前进了一步。试看《授时历议》中有关交食的一大段文章。这段文章从一开始就说：

“历法疏密，验在交食”。<sup>③</sup>

通篇都是比较历法的疏密，而没有一个字提到所谓“休咎”之类的东西。在这里，对交食的认识已经完全没有有了超自然的神秘意义，有的只是对科学规律的坚定信念。科学的进步给唯物主义哲学提供了坚实的基础。

随着对日、月食规律的认识，天文学家也加入到批判天人感应论的行列中来，例如，明万历年间邢云路在《古今历律考》中用科学知识批判了汉代经学家和星占家董仲舒、京房等人在日、月食问题上的天人感应谬论，并主张把这些迷信书烧掉，免得害人。研究并尊重自然界的客观规律的自然科学家是唯物主义哲学家的最有力的同盟军。

## 二、古代对日、月食的观测和记录

我国古代极为重视对日、月食的观测和记录。从很古的时代起就设有专人从事这些工作。正是由于坚持不懈的观测和记录，才有可能从中总结出日、月食的规律。作为检验历法的实测证据，日、月食的观测和记录对我国天文学的发展曾经起过很重要的作用。这些古代记录留传到现代，由于它们提供了千百年前日、月运动的历史实况，因而对现代天文学的研究具有了新的意义，受到当代世界天文学界的重视。

### 1. 观测方法

古代对日食的观测一般用肉眼直接进行。在政府机构内设立专职人员，由太史负责这项工作，记载观测的人叫史官，如记有“史官以闻”“史官不觉”等句；后来在司天监或司天台内观测，故观测人员叫台官或日官等。观测以后作出的记录，叫“注记”或“候簿”。观

① 以上两段《大衍历议》引文均可见《新唐书·历志三下》。

② 《大衍历议·日蚀略例》载《新唐书·历志三下》。

③ 《元史·历志二》。

测方法上也渐有改进,用水盆或油盆照映,以避免强烈日光耀眼。公元前一世纪的京房就曾用水盆。《开元占经》卷九引京房《日蚀占》说:

“日之将蚀,……置盆水庭中,平旦至暮视之”。

就是在院子里放上一盆水,从早到晚看着。宋代淳熙三年三月丙午朔(即公元1176年4月11日)的日全食,当时“以盆贮油,对日景候之。……约其所欠,殆不及一分”<sup>①</sup>(程大昌《演繁露》卷一)。说明当时在开封食分还不到十分之一也测出来了,是用油盆来看的。明末徐光启说,观测日食若只凭目力或水盆照映,则眩耀不定,他在一个“密室中斜开一隙,置窥筒眼镜以测亏复,画日体分数图板,以定食分”<sup>②</sup>。他已用望远镜来观测日食。并测定了崇祯四年十年辛丑朔(1631年10月25日)的日食食分约为一分半。

## 2. 观测记录

我国古代日食记录,最早当推《书经》所记日食,称书经日食。《书经·胤征篇》记道:

“乃季秋月朔,辰弗集于房,……瞽奏鼓,鼙夫驰,遮人走……。”

梁代虞翻考证此日食是在夏代仲康元年。但由于夏代的历史还带有很大的传说性,仲康元年是什么年代尚难断定。《书经·胤征篇》又是较晚的文献,所以这个结论还有争论。朱文鑫《历代日食考》记述了一些不同的结论。虽然如此,朱文鑫仍指出这次日食得到公认,是世界最古的记录。

晚些的日月食记录,就是殷代甲骨文中所记的。由于年代久远,记录简略,殷代的历法问题也还有许多疑问,所以也难确定这些交食记录的具体时间,现在定出的有四次日食,五次月食,大约发生在公元前十二到十四世纪(见本书第二章)。

前已叙述,《诗·小雅》中有一首诗,

“十月之交,朔日辛卯,日有食之。”

有人考证这次日食发生在周幽王六年,即公元前776年9月6日<sup>③</sup>。半个月前,即公元前776年8月21日,发生了月食。可以和原诗下文:“彼月而食,则维其常;此日而食,于何不臧”相对应。但是,也有人认为这次日食发生在周平王三十六年,即公元前735年11月30日。因为周幽王六年的日食黄河流域一带能见到的食分甚小,而定在平王时代又不合全诗意,所以这还是未定的问题。

自《春秋》以后,我国古代的史书把日食记录作为一项重要的事实而收入记载。因此,我国古代的日食记录保存得比较完整。据朱文鑫《历代日食考》的统计<sup>④</sup>,从春秋时代到清乾隆时代约有九一九次记录,其中主要是全食和环食<sup>⑤</sup>。但是,在《春秋》的记录中就有偏食,可见当时的观测已很细致。近有北京天文台等单位重新搜集资料统计得日食记录

① 程大昌:《演繁露》卷一。

② 《徐光启集》,392页。

③ 最早定的是梁代天文家虞翻。近代朱文鑫据其泊尔子《食典》也推得这个结果。但明清之际的王锡阐对此表示怀疑。近代有平山清次等提出是周平王三十六年,即公元前735年11月30日。朱文鑫的工作见他的《历代日食考》平山清次等人的工作可见能田忠亮的《诗经の日蚀に就》一文,载《东方学报》(京都)第6册,204~232页,1936年。

④ 现已知道,这个统计是不完全的。北京天文台等单位组成的天象资料组正在重新整理统计。

⑤ 太阳光照射在月球上,在月球背后投射出一个圆锥形的黑影APB。在这个影锥内的任何一点都完全看不到太阳,本影锥APB所扫过的地面,就见到太阳完全被月亮所挡住,称为日全食。如果地球离月亮较远,不在APB影锥内通过,而在它的对影锥A'PB'内通过,则在它扫过的地面就会看到虽然月亮整个进入了太阳面

约有一千次,月食记录约有九百多次。

日食记录在汉代有了很大进步。《汉书·五行志》中所记日食,绝大部分包括下列内容:

- (1) 日食时的太阳位置;
- (2) 日食的起、讫时刻和全部见食时间;
- (3) 日食的食分(日面所食去部分占整个日面的比例);
- (4) 日食初亏所起的方位。

如汉征和四年八月辛酉晦(公元前89年9月29日)日食,《汉书·五行志》载这次日食:

“不尽如钩,在亢二度,晡时食,从西北,日下晡时覆。”

说明日食时太阳在亢宿二度,食分很大,离全食只差一个钩形,食从西北方向开始,食甚到复圆的时刻是从晡时到下晡时。

这些二十四史中记载的日食,大部分是该时代的首都所作的观测。但是,常常日食带(即,可见到日食的区域)并不经过首都。因此有的记载还特别注明是来自地方的报告,如“辽东以闻”、“酒泉以闻”、“会稽以闻”等。可见,当时在地方上也有天文观测工作。

在月食记录中主要包括起、讫时刻和月亮位置。如,刘宋元嘉十三年十二月十六日望(公元437年1月9日)月食。《宋书·天文志》载:

“月食加时在酉,到亥初始食,到一更三唱食既,在鬼四度。”

日食和月食观测是检验历法计算的重要手段。例如,东汉初年从太初历改行四分历,首先就是从月食观测发现太初历后天而引起的。其后永元年间、汉安年间、熹平、光和年间的各次历法讨论都以月食作为检验历法的重要标志。历代历志中所载以交食观测来校验历法的事例不胜枚举。为了比较,宋代的周琮还提到了校验历法疏密的误差标准。他说:

“较日月交食,若一分二刻以下为亲,二分四刻以下为近,三分五刻以上为远。以历注有食而天验无食,或天验有食而历注无食者为失。”<sup>①</sup>

这里,一分、二分等指食分;二刻、四刻等指时刻。而到《授时历》里又进一步提出:

“前代考古今交食,同刻者为密合,相较一刻为亲,二刻为次亲,三刻为疏,四刻为疏远。”<sup>②</sup>

可见要求已有提高。

历法要由观测来检验,历法的进步反过来又促进了观测的提高。交食计算就在观测——理论——再观测的过程中逐渐发展起来。明末徐光启曾对历代史载的记录作了一个

上,但是却不能把太阳全部挡住,而是仍然露出一个环圈。这就叫环食。在这两个影锥之外,而又在台锥C'CDD'之内的点,可以看见月亮挡住了部分日面。半影台锥C'CDD'所扫过的地面就见到日偏食。由于太阳光非常强烈,甚至当月亮遮去了相当一部分日面(例如,半个日面)的情况下,天空的亮度仍然减弱得不多,因此日偏食常常是不显著的。往往只有有心人才能观测到它。

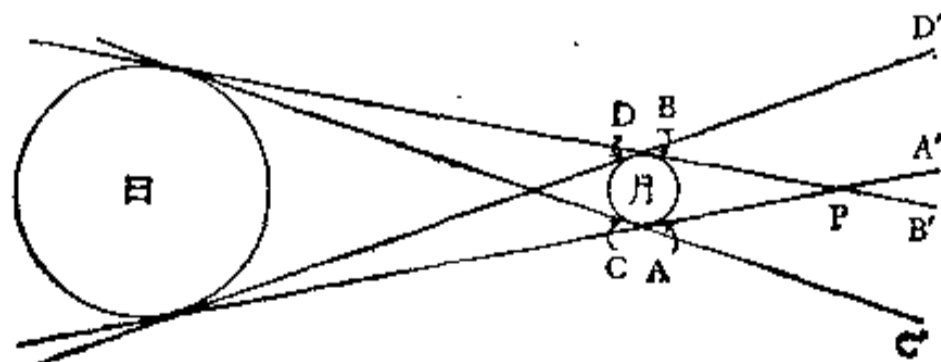


图 6-1 月亮影锥剖面示意图

① 《宋史·律历志八》。从所引的话里可以看出,周琮也是反对所谓“当食不食”、“不当食而食”之类的休咎说教的,而《明天历》历首的议论里却说什么:“滴食之变,皆与人事相应。若人君修德以禳之,则或当食而不食。”显然那是周琮的同事们施加影响的结果。可见,一个正确思想的确立有多么困难。

② 《元史·历志》。

统计。他说：

“诸史……所载日食：自汉至隋凡二百九十三，而食于晦日者七十七，晦前一日者三，初二日者三，其疏如此。唐至五代凡一百一十，而食于晦日者一，初二者二，初三日者一，稍密矣。宋凡一百四十八，则无晦食，更密矣；犹有推食而不食者十三。元凡四十五，亦无晦食，更密矣，犹有推食而不食者一，食而失推者一，夜食而书昼者一。”<sup>①</sup>

可见，由汉到元约一千三、四百年，不知经历了多少次反复检验和不断改进的过程，才使历法的推算和交食的预报逐渐完善起来。

### 3. 日珥、日冕和其他现象

在日全食时同时还可见到其他许多有关的现象。

战国时代的甘德、石申就曾注意到日食时日面边缘有群鸟或白兔那样的东西。这应该就是日珥。日珥是日面上不时发生的火焰状喷出物。侧面所见，有的形象就可想象成鸟或兔。公元前一世纪的京房曾注意到日全食时有时见到好几个日珥。

京房还提到，日全食时有时有白云从日面边缘向四面冲出<sup>②</sup>。这很可能就是日冕。有的日冕呈射线状，因而有“冲出”的感觉。

史书中有时还有日冠、日戴等记载，这些可能也是日冕。

《南齐书·天文志》中史臣论日食一段内引汉郑玄的话说：

“月正掩日，日光从四边出。”

这就是古人观测到的日冕。唐李淳风所撰《乙巳占》中有：

“日蚀而晕，傍珥，白云来去掩映。”

的说法。《元史·天文志》载：

“至元二十九年正月甲午朔，日有食之，有物渐侵入日中，不能既，日体如金环然。

左右有珥，上有抱气。”

这是公元1292年1月21日日环食的观测记录，很明显，当时已观测到左右两个日珥和环抱太阳的日冕。明嘉靖三年（公元1524年）管钦天监事给皇帝的疏文中称：

“故日食既时，四面有光溢出也。”<sup>③</sup>

他们以为是太阳光，其实日全食时所看到的光不是太阳光球所发出的，而是太阳的外层大气所发出的，就是日冕。

日全食时，天空变暗。许多古代记录都记有“昼晦，星见”，有时还记有流星现象。唐代段成式《酉阳杂俎》中说：

“日将蚀，诸方赤。”

这是日光为日食区域以外大气反射所成的淡红色光辉。1851年7月28日在挪威一小岛观测日全食时也看到了这种“诸方赤”的景象。至于日食时起大风，气温降低等现象都是符合科学道理的。

① 《徐光启集》卷八。

② 见《开元占经》卷九“日食而珥有云冲之十二”节：“京氏曰：日以甲乙有四珥而蚀，有白云冲出四角，青云交贯中央”。

③ 张萱：《西园闻见录》卷48（1827）。

#### 4. 古日食记录的现代利用

我国大量的古代日全食记录也是一份珍贵的遗产。对古日全食记录的研究,可以研究地球自转的不均匀性,地球自转不均匀是近代才发现的,它的原因目前还正在探讨之中。大家知道,由于地球内部的物质运动可能引起地震,而地球内部物质分布的改变也可能引起地球自转的变化,所以对地球自转不均匀的研究是一个很重要的课题。

由于地球自转的不均匀性,自转一周即一天的时间就不是恒定的,它有长有短,当然这个变化在一天,一年等短期内是非常小的,可是长年累月积累起来就很大了。利用现代推算的某次日全食所经过的地点同历史上实际观测到的地点之间的差别就可以研究这种积累的差额,从而得出地球自转速度的长期变化情况。1920年就有人曾利用古代十一次日食记录进行了计算,但由于所用古代记录中只有三个是现知可靠的,所以结论不能令人置信。1969年又有人用25个日全食记录进行了研究<sup>①</sup>,其中有九个是我国古代的,占最大的比例,最迟的一个记录是公元2年11月23日(汉平帝元始二年九月戊申晦)的日全食(全环食)。他非常惊叹我国古代公元前的古日食观测十分可信。我国汉代以前尚有不少记录,汉以后的日食记载就更多,利用这些宝贵资料进行研究,将会对这一课题有新的贡献。

目前理论物理正在研究万有引力常数是否随时间变化的问题。“常数不常”,这是符合辩证法思想的,但几十年来仍在争论,主要是因为,没有观测事实能够证明。然而要用观测资料来对它进行科学的证明就必须利用历史的数据。由于重力加速度的变化必将引起地球、月亮运动的改变,也将对交食产生影响,古代日、月食记录都可以作为观测值来同理论推算值进行比较,以求得这种变化的情况。当然这种计算和研究是比较复杂的,对古代交食记录的整理研究也会碰到许多困难,但这项工作具有很大的理论意义。

### 三、日月食规律的认识和预报的演进

通过千百年来持续地观测和记录,人们不但发现了日、月食的成因,而且逐渐总结出一些日、月食现象中的具体规律,人们一旦掌握了这些具体规律,就可以尝试进行预报日、月食的工作。把实测结果和原来的预报相比较,研究预报所生偏差的原因,把对日、月食规律的认识更提高一步,从而又使预报的推算更趋精确。

#### 1. 食限问题

日食发生在朔,月食发生在望。但是,并不是每次朔(望)都发生日(月)食。这是为什么呢?沈括在《梦溪笔谈》卷七里说得很清楚:

“日、月之行,月一合、一对,而有食,不食,何也?予对曰:黄道与月道如二环相叠而小差。凡日月同在一度相遇,则日为之食;正一度相对,则月为之亏。虽同一度而月道与黄道不相近,自不相侵。同度而又近黄道月道之交,日月相值,乃相陵掩。正当其交处,则食而既;不全当交道,则随其相犯浅深而食。”

因为月道——称白道——和黄道不在同一平面上,而是相交有一交角。因此,即使

<sup>①</sup> R. K. Newton, «Science», 166. № 3907. 1969.

月亮和太阳的黄道度数相同,只要它们离月道和黄道的交点——称黄白交点——够远,就不可能发生日食。只有在离开交点一定距离之内发生朔,这才有日食发生。月食的情况也相仿。这个能发生食的最大距离就称为食限。

早在战国时代,石申就曾指出,月亮有时离开了黄道而“乍南乍北”。①刘歆的《三统历》里称为“日行九道,月行十九道”;东汉前期李梵、苏统、贾逵等人又称为“月行九道”,而且后来成为传统的说法。不管十九道也好,后来的九道也好,都是与当时所认识的日道,即黄道,相区别的。如果说,这种区分的性质还不明确的话,那么,东汉末年,刘洪在乾象历里定出黄白交角为六度(称为“兼数”)这就是早期最确定的白道描述了。

确定了黄白交角,就可以进一步来具体地确定食限。

乾象历首先提出,在日、月合朔时月亮离黄白交点不超过十五度半时就有日食发生。这个数据被后代许多历法采用作为是否发生食的判据。

食限的问题在后来仍有不断的研究,它的计算方法逐渐进步,所得结果也逐渐精确。关于这些,将在后面计算方法的一节里再详谈。

## 2. 视差对交食的影响

食限问题提出之后又经过了三百多年的实践,北齐张子信发现了月亮在黄道南、北会影响日食的发生②。隋代刘焯在皇极历(公元604年)中也提出了这个问题,他总结了前人的观测资料,发现有时已入食限而不发生食,而有时还不入食限却发生了食。他在皇极历中首次提出了推算“应食不食”和“不应食而食”的方法,并且在计算日食食分时考虑到月在黄道南、北和一年中不同的季节等不同的情况。(见《隋书》·卷十八)这就是考虑到了视差对交食的影响。

为什么这就是视差的影响呢?我们知道,由计算得出的是太阳、月亮的真位置,即是

从地心看太阳、月亮在天球上的投影,而我们是在地面上观测,看到的是月亮视位置,两者之差就是视差,由图6-3可以看出,视差总是使月亮的位置降低。即使月亮的天顶距增加。当月亮在黄道北时,视差使月亮更靠近黄道,不入食限也可能发生食,并使食分增大;月亮在黄道南时,视差使月亮更远离黄道,已入食限也可能不发生食,并使食分减小。

进一步的研究知道,这种影响的大小跟地理纬度和月亮位置有关,而月亮位置又同

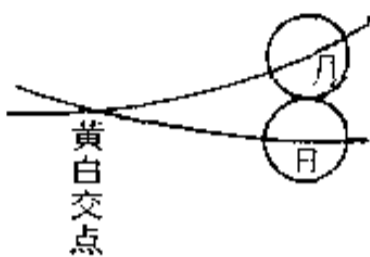
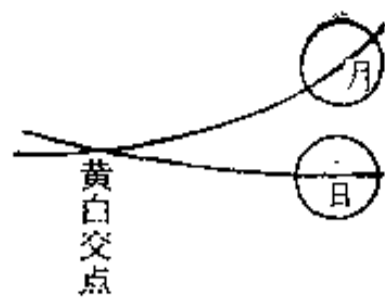


图 6-2 合朔时日、月离交点过远就不发生日食。只有离交点在一定距离内才能有日食。

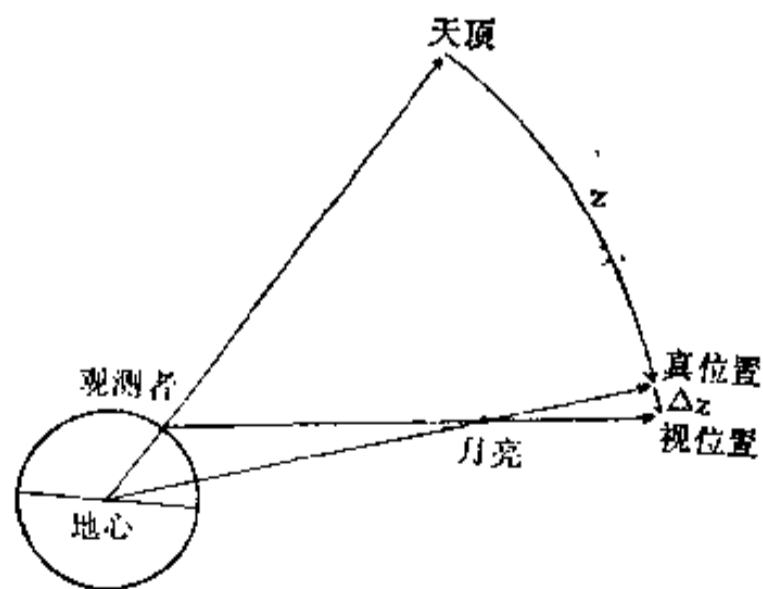


图 6-3 视差使天体视位置降低

① 《开元占经》卷十一。

② 见《隋书·天文志中》。

季节和每天的时刻有关。皇极历中只对某一固定地点给出了计算方法。到唐代大衍历(公元724年)中已有了很大进步。大衍历对视差引起的这种影响起名叫“食差”,并对不同地理纬度的地方不同季节都分别进行考虑,称为“九服食差。”(见《新唐书·历志》)

### 3. 食带和亏起方位

由于日、月、地三者都在不停地运动,日食时月亮影锥在地面上迅速移动,所经过的地区就是食带。其中月亮本影锥所经地区能见到全食,其他地区只能见不同食分的偏食。这里有两层意思,一是对同一时刻,有地方见全食,有地方见不同食分的偏食;二是对另一个时刻见全食的地方也已移动了。对于这一点我国古代也早有认识,唐代大衍历中就有对不同地区所见食分不同的描述,《大衍历议》中有一段说日月交食,太阳月亮互相遮掩,月亮比太阳近而在太阳之下,从首都长安看太阳斜照着,如果见到全食的话,则南方见太阳正在头顶的地方才只能见到遮住一半的偏食<sup>①</sup>。元代李志常所撰《长春真人西游记》一书中曾记述了三个不同地点在不同时刻所见到的同一次日全食的情况,是有关食带的最早记载,为我们研究古代交食提供了很有价值的资料。

日、月交食发生的亏起方位,后汉已有记述,尚书令黄香说:

“日食皆从西,月食皆从东,无上下中央者”。<sup>②</sup>

就是说日食总是从西边缘开始,逐渐向东,而月食总是从东边缘开始,逐渐向西,没有从正南正北或中央先开始的。这种建立在长期观察基础上的记述是很真实的。三国时代的景初历(公元237年)中提出了判别亏起方位的方法<sup>③</sup>。后来唐代就叙述得非常具体而简洁了。唐《大衍历》说:

“月食:月在阴历,初起东南,甚于正南,复于西南。月在阳历,初起东北,甚于正北,复于西北。其食十二分以上者皆起于正东,复于正西”。“日食:月在阴历,初起西北,甚于正北,复于东北。月在阳历,初起西南,甚于正南,复于东南。其食十二分以上者,皆起正西,复于正东。”<sup>④</sup>

十二分指十五分之十二,后来有些历法改用八分、指十分之八,,其实是一样的。

### 4. 交食周期

对交食周期的认识及逐步精密也是我国天文学史上一项重大成就。过去国内外一些著作中一提到交食周期就很推崇巴比伦的沙罗周期和美国十九世纪的纽康周期。这些周期的发现,确实是很大的成就。其实我国古代劳动人民和天文工作者也对交食周期有所认识并提出过很好的数据。早在公元前一世纪成书的《史记》中就记下了当时对交食周期的认识<sup>⑤</sup>。只可惜在该书流传二千多年中数字发生讹误,所以我们还难以评价它的精密度。从那以后,历代编制历法过程中都对交食周期进行研究和改进。

所谓交食周期,就是交食重复出现的时间间隔。因为太阳、地球、月亮三者的运动都

① 见《新唐书·历志》:“日月交食,大小相差,而月在日下,自京师斜射而望之,假中国食既,则南方载日之下,所亏才半。”

② 见《南齐书·天文志·上》。

③ 见《晋书·律历下》。

④ 原文“月在阴历”即指月在黄道北,“月在阳历”即指月在黄道南。

⑤ 见《史记·天官书》。



是有规律的,在经过一个交食周期以后,它们三者又大致回到了原先的相对位置上,于是一个周期以前相继出现的日月食又再次相继出现。从数学上来看,这就是探求朔望月和交点年之间的公倍数问题。由于朔望月长度和交点年长度之间没有简单的倍数关系,古代对这两者长度的测定也在不断地进步,所以对交食周期的认识也有一段很长的历史。在这段历史中充分显示了我国劳动人民勇于探索,勤于实践,不畏困难的进取精神。

有关交食周期的记载首见于《史记》,原文可能有某些数字的错乱,其周期值难于断定。公元前七年的《三统历》确定135个朔望月有23次交食(相当于11.5交点年)<sup>①</sup>。东汉王充在《论衡·说日篇》里提到41个朔望月的交食周期,这相当于3.5个交点年的长度。以后的许多历法中都有交食周期这一部分内容。兹引录如下:

(后汉)乾象历:	朔望合数	941		会月	11045
(刘宋)元嘉历:	朔望合数	80		会月	939 (原文误为929)
(隋)开皇历:	会数	110.5		会月	1297
	皇极历:	交率	465	交数	5923
(唐)大衍历:	交率	343	交数	4369	
	五纪历:	交率	61	交数	777
	宣明历:	交率	202	交数	2573
	崇玄历:	交率	283 (原文误为262)	交数	3350
(宋)仪天历:	(误为交差)	45	交数	573 (原文误为572)	
	崇天历:	交率	141	交数	1796
	观天历:	交率	183	交数	2331
	纪元历:	交率	324	交数	4127
	统元历:	交率	42	交数	535
	会元历:	交率	507	交数	(缺)
	统天历:	交率	19	交数	242

古代记录中的“朔望合数”、“会数”、“交率”都是表示交点年数,“交数”表示交点月数,“会月”、“复月”表示朔望月数。对于上述这些记录,我们可以用一个简便的公式<sup>②</sup>将它们概括起来:

$$\frac{m}{\left(\frac{n}{2}\right)} = \frac{47x + 41y}{\left(\frac{8}{2}\right)x + \left(\frac{7}{2}\right)y}$$

式中 $\left(\frac{n}{2}\right)$ 叫交率,即交点年数, $\left(m + \frac{n}{2}\right)$ 为交数,即交点月数,其中 $m$ 为朔望月数。

(隋代皇极历开始命名) $x, y$ 为0, 1, 2……等正整数。

只要适当选取 $x, y$ 的值,历史上许多历法所采用的交食周期都包括在其中。兹简略列表于下页。表中第一、二栏是 $x, y$ 所取的值,第三、五两栏是各交食周期中的朔望月和交点年数,第四、六两栏是它们相应的日数,从这两栏的比较可以看出该周期的准确程度。取一朔望月等于29.530588日,一交点年为346.620063日。

① 见《前汉书·律历志》。

② 公式是对古代所采用的各种交食周期的一个数学上的概括。

$x$	$y$	$m$	$m \times 29.530588$	$\frac{m}{2}$	$\left(\frac{m}{2}\right) \times 346.620063$	使用 时 间
0		41	1210.75	3.5	1213.17	东汉王充
1	0	47		4		
1	1	88	2598.68	7.5	2599.65	宋仪天历用此周的六倍
2	1	135	3986.63	11.5	3986.13	汉太初历(三统历)
3	2	223	6585.32	19	6586.78	宋统天历,即沙罗周期
4	3	358	10571.95	30.5	10571.91	唐五纪历用此周的二倍,即纽康周期
6	4	493	14558.58	42	14558.04	宋统元历
13	8	939	27729.22	80	27729.61	刘宋元嘉历
17	11	1297	38301.17	110.5	38301.52	隋开皇历
23	14	1655	48873.12	141	48873.43	宋崇天历
30	18	2148	63431.70	183	63431.47	宋观天历
33	20	2371	70017.02	202	70017.25	唐宣明历
42	26	3087	91160.93	263	91161.08	唐崇玄历
52	32	3803	112304.83	324	112304.90	宋纪元历
55	34	4026	118890.17	343	118890.58	唐大衍历
76	46	5458	161177.95	465	161178.33	隋皇极历
79	47	5640	166552.52	480.5	166550.94	东汉冯恂提出
83	50	5951	175736.53	507	175736.37	宋会元历
157	94	11045	326165.34	941	326169.48	后汉乾象历

从表可以看出,所谓沙罗周期就是表中  $x=3, y=2$  的一种情况,即 223 个朔望月约为 19 个交点年,两者天数相差 0.46 天。我国古代也独立地得到了。所谓纽康周期,就是表中  $x=4, y=3$  的情况,即 358 个朔望月约为 30.5 个交点年,两者相差 0.04 天,比较精密。这一周期在我国唐代五纪历(762 年)中就提出了,比纽康在十九世纪得到的要早 1100 年。

必须说明的是,认识交食周期是为了预报日月食而积极探索自然规律的结果。但利用交食周期只能预报日月食的出现日期和大概情况。我国古代天文工作者并不以此为满足,为了要精确预报交食的发生,他们还进行了大量关于交食预报的计算方法的研究。我们将接着来讨论这些问题。

#### 四、古代交食预报的计算方法

随着对交食原理的认识逐步深入,交食预报的方法也逐渐完善。我国古代的预报方法是独立发展起来的,其基本原理和计算步骤跟近代的一种方法很相似。为了减少繁复的计算和公式推导,这里只作扼要的叙述,有些较详细的说明请参见附录。

要预报交食首先要知道朔望的准确时刻。一般是先计算平朔望的时刻再加上太阳、月亮视运动不均匀的改正,称为定朔望时刻。这一问题在上一章历法中已详细叙述过了,这里不再重复。知道了定朔望时刻,下面分几步继续计算下去。

### 第一步：判断是否入食限

交食的发生必定是当朔望发生在黄白交点附近时。如图 6-4 月亮  $M$  和太阳  $S$  在同一黄经圈上(即黄经相同)即是合朔。由于太阳、月亮的视面都有一定大小,所以只要合朔时太阳、月亮离黄白交点  $Q$  不超过一界限即可发生交食。如图中的  $QM$  或  $QS$ (日、月黄经)或  $MS$ (月去黄道度数)都可作为判断是否发生交食的条件。

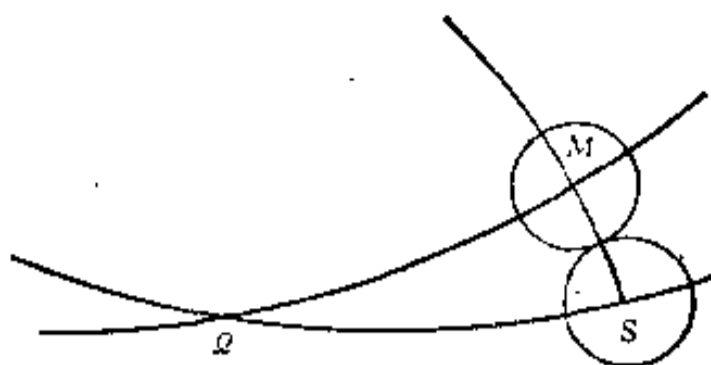


图 6-4 食限示意图

月亮、太阳在合朔时到黄白交点的距离  $QM, QS$  可用下面的公式来求得:

$$QM = \left\{ (\text{朔积日}) \div \left( \frac{1}{2} \text{交点月日数} \right) \right\} \text{取余数} + \text{改正值}$$

$$QS = \left\{ (\text{朔积日}) \div \left( \frac{1}{2} \text{交点年日数} \right) \right\} \text{取余数} + \text{改正值}$$

式中的改正值是指太阳、月亮视运动不均匀的改正,可以从古代历法的“日躔盈缩积”和“月离朏朧积”二项中查得数据。前一项从皇极历开始计算,后一项从乾象历开始计算。

式中朔积日为从历元到所求朔日的总天数。取余数的天文意义可解释如下:历元时太阳、月亮都在黄白交点上,月亮在白道上运行,一交点月运行一周,其中经过二次交点(升降交点各一次),所以每半交点月就经过一次交点。取余数的意义就是所求朔日月亮到交点的距离。

这样求得  $QM$ , 叫月亮去交点日数。

我国古代一般规定:  $\frac{1}{2}(\text{朔望月日数} - \text{交点月日数})$  为食限,此数一般称为望差。因我国古代各历所采取的朔望月日数略有差异,所以此数也略有出入,但差别甚微。今以现测值代入计算,以示比较:取朔望月日数为 29.53059 日,交点月日数为 27.21222 日。

$$\text{则 } \frac{1}{2}(29.53059 - 27.21222) = 1.159185 \text{ 日}$$

因月亮每天在白道上运行 13.36875 度

$$\text{所以 } 1.159185 \times 13.36875 = 15.50 \text{ 度约合 } 15^{\circ}17'$$

即  $QM < 15^{\circ}17'$  必有日食发生。现代的食限是:月黄经与交点黄经之差不超过  $15^{\circ}9'$  时必定有日偏食发生,与此数很为接近。求出  $QM$  以后即可以此判断是否有交食发生。亦可由  $QM$  求  $MS$ (去黄道度数,详见附说 1)。

### 第二步：求视差对交食的影响

由视差而对交食发生的影响叫“食差”。食差的意义如图 6-5;  $Q$  是黄白交点,  $M$  是月亮真位置,  $M'$  为月亮视位置,从  $M'$  作白道的平行弧交黄道于  $Q'$ , 则  $QQ'$  就是“食差”。在上节我们计算求得的是  $QM$ , 而我们实际所见到的却是  $Q'M'$ , 必须求得  $QQ'$  以兹改正。

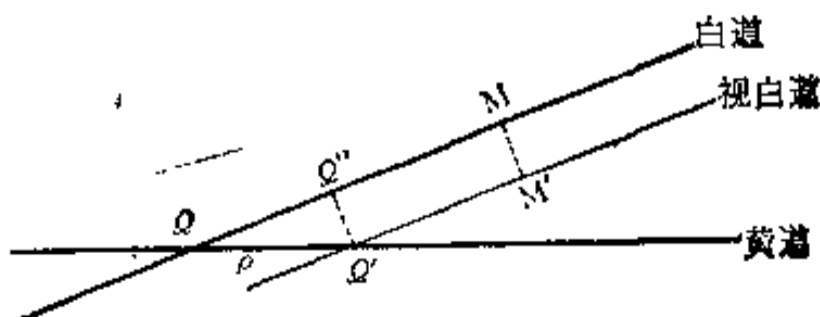


图 6-5 食差示意图

设  $QQ' = p$ , 唐大衍历(公元 724 年)首先创立计算  $p$  值的方法。以  $p$  的最大值为 5.31 度(冬至), 其他各节气的  $p$  值用经验公式推算, 对阳城(今河南登封县告城镇附近)地方而言,  $p$  值最小为 3.43 度(夏至), 春分、秋分都为 4.75 度。

对其他地区, 另有一套公式计算不同节气的食差, 就叫“九服食差”。

求得  $p$  值即  $QQ'$  以后, 则

$$Q'M' = QM \pm QQ'$$

月在黄道北用减号, 月在黄道南用加号。(因为黄白交角不大,  $p$  值也不很大,  $\therefore QQ' = QQ''$ 。)

唐宣明历开始引进了日食三差, 即由于月亮视差影响到交食有三种差, 叫做时差, 气差、刻差。后二种差将影响有无交食发生和交食的深浅, 即食分的大小, 而时差就是由合朔时刻到食甚时刻的改正值。在隋皇极历以前都是定朔时刻为食甚时刻, 其实这两个时刻之间是有差别的。见图 6-6, 当月亮在  $M$ , 太阳在  $S$  时是合朔(即在同一黄经圈上), 显然此时尚未食甚, 当月亮运动到  $M'$  时才是食甚, 这里有一个时间差。此外, 由于月亮视差的影响、视位置同真位置之间有一段距离, 也影响到食甚时间同合朔时间的差距, 故需要调整。这三种差的计算方法比较复杂, 各历也有不同, 这里也从略了。

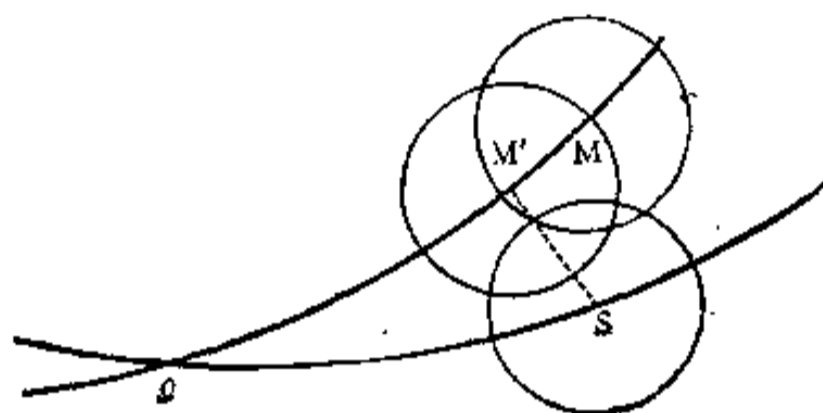


图 6-6 食甚和合朔不同时, 月亮在  $M$  位置时为合朔, 在  $M'$  位置时为食甚。

由于视差的影响, 使得食限的数据也随不同情况而改变。所以后代许多历法中都 对月在黄道南(称月在阴历)和北(称月在阳历)的不同情况分别叙述。有的历法中还列出去交点多少距离之内一定有全食。这同现代关于食限的认识已很接近了。

总之, 日食计算中求食差的方法为我国古代历法所独创, 与印度及伊斯兰国家古历法都完全不同。可以说, 我国是用代数学方法, 他们是用几何学方法, 两者的结果是相近的。

### 第三步: 求食分。

食分即交食深浅的程度。计算方法首见于三国时代的景初历。景初历说:

“去交度十五以上虽交不蚀也, 十以下是蚀, 十以上亏蚀微少, 光晷相及而已。亏之多少以十五为法。”<sup>①</sup>

这句话用现代公式表示出来就是:

食分  $D = \left( \frac{15 - \lambda_M}{15} \right) \cdot m$  这里  $\lambda_M$  是合朔时月亮的去交度数,  $m$  为月体总分数, 这里  $m = 15$ , 假如去交度  $\lambda_M \geq 15$ , 则  $D \leq 0$ , 即不发生交食;  $\lambda_M < 10$  食分较大,  $\lambda_M > 10$ , 食分很小“光晷相及而已”, 若月亮正在交点上,  $\lambda_M = 0$ , 则发生全食, 食分最大  $D = 15$  分。

隋代皇极历以后, 对日食和月食的食分是分别计算的, 日食又分月在黄道南和月在黄道北两种情况。这里不详细叙述。日月食分最大一般以十五分为限, 有时也以十分为限, 宋、元时代一般日食以十分为限, 月食以十五分为限。

<sup>①</sup> 见《晋书·律历下》。

#### 第四步：求全部见食时间

全部见食时间一般以食分大小为依据，食分大则时间长，食分小则时间短。历法内有求日月食食限辰刻的方法，即求日食三限：初亏、食甚、复圆辰刻；月食五限：初亏，食既、食甚、生光、复圆辰刻。据此就可以求得全部见食时间。宋代历法内用代数方法进行计算，以经验数据为多。金大明历则用几何方法，元授时历也采用金大明历的方法，现简略说明如下<sup>①</sup>：

《授时历经》有：

“求日食定用及三限辰刻：置日食分秒与二十分相减相乘，平方开之，所得以五千七百四十乘之，如入定限行度而一，为定用分。以减食甚定分为初亏，加食甚定分为复圆，依发敛求之，为日食三限辰刻。”<sup>②</sup>

如图 6-7 所示，为日食三限图。设太阳月亮视直径都是 10 分， $S$  为日心， $M_1$  为初亏， $M$  为食甚， $M_2$  为复圆时的月心。则  $\overline{CD}$  即为食分。古历中称“日食分秒”，要求初亏到食甚时间即求  $\overline{MM_1}$  的长。

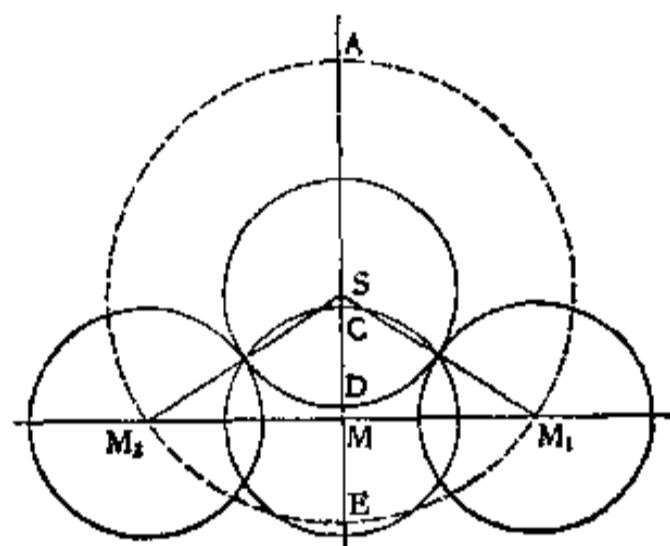


图 6-7 日食三限图

根据图 6-7，只要利用简单的几何和代数知识很容易证明：

$$\overline{MM_1}^2 = (\overline{AE} - \overline{CD}) \times \overline{CD}$$

$$\overline{MM_1} = \sqrt{(20 - \text{食分}) \cdot \text{食分}}$$

(详见附说 2)

这就是“置日食分秒与二十分相减相乘，平方开之”的证明。“食甚定分”就是经过改正以后的食甚时刻，所以用“食甚定分”减去上述求得的  $\overline{MM_1}$  的值，即是初亏的时刻，加上  $\overline{MM_1}$  的值即是复圆时刻，而从初亏到复圆的时刻即是  $\overline{MM_1}$  的二倍，即为全部见食时间。

求月食三限五限辰刻的原文是：

“置月食分秒与三十分相减相乘，平方开之，所得以五千七百四十乘之，如入定限行度而一，为定用分。以减食甚定分为初亏，加食甚定分为复圆，依发敛求之，即月食三限辰刻。”

“月食既者，以既内大分<sup>③</sup>与一十分相减相乘，平方开之，所得以五千七百四十乘之，如入定限行度而一，为既内分。用减定用分为既外分，以定用减食甚定分为初亏，加既外为食既，又加既内为食甚，再加既内为生光，复加既外为复圆，依发敛求之即月食五限辰刻。”

为了解释上述两段的意思，以图 6-8 说明之，图 6-8 为月食五限图。 $C$  为地影中心， $M_1$  为初亏、 $M_3$  为食既、 $M$  为食甚、 $M_4$  为生光、 $M_2$  为复圆时的月心。设月亮直径为 10 分，地影直径为 20 分，故  $CA$  为 15 分。图中  $\overline{BG}$  即为食分，古历中称为“月食分秒”。 $\overline{BG} - \overline{CB} = \overline{CG}$ ，为“既内大分”。

① 参见《宋元数学史论文集》中：“宋金元历法中的数学知识”一文。

② 见《元史·历志四》。

③ 原文似漏一“大”字，今从金“大明历经”校补。

根据后一段原文,对照图6-8,我们可以看到:初亏 $M_1$ 到食既 $M_3$ 之间的时间叫“既外分”,即 $\overline{M_1M_3}$ ;食既 $M_3$ 到食甚 $M$ 之间的时间叫“既内分”,即 $\overline{M_3M}$ ;而食甚 $M$ 的时刻叫“食甚定分”,它同初亏 $M_1$ 之间的时间叫“定用分”,即 $\overline{M_1M}$ ;由图6-8可知:

$$\overline{M_1M} = \overline{M_1M_3} + \overline{M_3M},$$

即:定用分=既外分+既内分。这就是原文中说的:“(既内分)用减定用分为既外分。”

要求初亏到食甚的时间即求 $\overline{M_1M}$ 的长。由图6-8可以证明:

$$\overline{M_3M} = \sqrt{(10 - \text{既内大分}) \times \text{既内大分}} \quad (\text{详见附说3})$$

这就是后一段原文中“置既内大分与一十分相减相乘,平方开之”的证明。

食甚到生光、复圆的时间与食甚到食既、初亏的时间相同。

全食时间各历也曾核算,其中如宋纪元历认为日全食时间最长 $8/10$ 刻(合今11.5分钟),宋明天历认为月全食时间最长10刻(合今2小时24分),都是比较符合实际的。

此外,带食而出或带食而没的情况,我国古代都称“带食”,也有相应的推算方法。<sup>①</sup>

我国古代这一套交食预报的计算方法是在不断的实践中逐步建立起来的,往往是旧的问题解决了,新的问题又提出来,汉乾象历解决了月亮视运动不均匀的计算问题,又有太阳视运动不均匀的问题存在。北齐张子信,通过在海岛上三十多年观测,弄清了太阳视运动速度变化的规律,皇极历才解决了如何计算的问题,可是又发现了视差对交食的影响。大衍历后才逐渐完善了对视差的改正。还有其他各种综合性的问题,如交食时日月位置问题,食分问题,亏起方位问题,见食时间问题等等,也都从不同角度提出了新的课题。正是在随着这些问题的不断解决和完善,交食计算方法得到了不断的发展。

## 五、九执历和回历中的交食计算

唐代传入九执历(印度历法),元明间又传入回历(伊斯兰教国家历法),其中推算日月食的方法与我国所创方法迥然不同。本节作一简略介绍:

九执历,原文见《开元占经》卷104,九执是指九曜,即日月五大行星的七曜再加罗喉,计都二暗曜。罗喉、计都乃从梵文音译出,天文意义是指白道同黄道的二个交点,罗喉为升交点,计都为降交点。唐末又传入聿斯经,称用十一星推算,十一星或作十一曜,即以上九曜再加紫气(炁)、月孛两暗曜。紫气指一假想天体,它每日行二十八分之一度,天文学上意义不大,月孛指月亮轨道近地点。后来把四个暗曜合称四余,明大统历在步五星后有步四余<sup>②</sup>,即指此四暗曜的推算方法。

<sup>①</sup> 参见《元史·历志·授时历经》。

<sup>②</sup> 《明史·历志》。

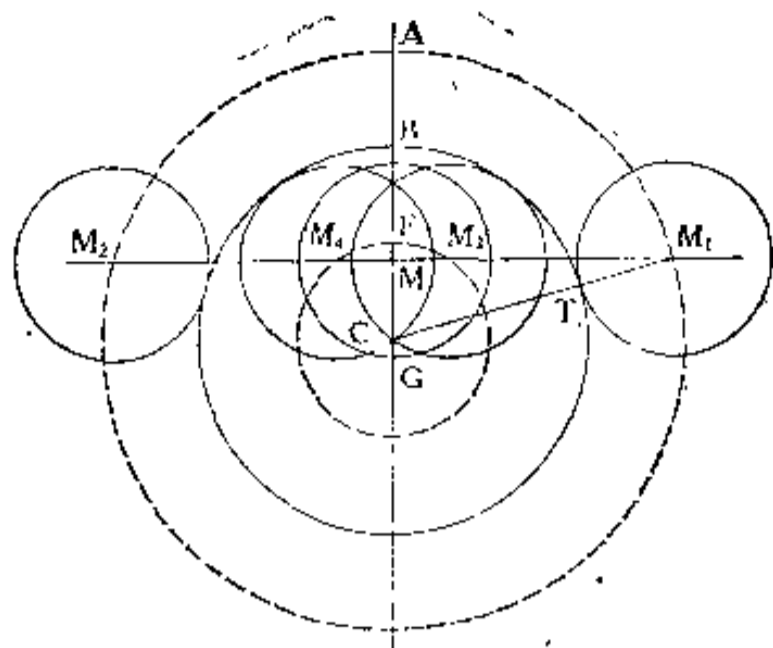


图 6-8 月食五限图

九执历中推算交食的步骤与我国相似。食限是用合朔时月亮去交度及月黄纬来表达的。其中月黄纬即图6-9中的  $MS$ ，即我国的月去黄道度数。而月去交度并不是  $QM$ （我国是这样），而是  $QS$ ，也即是日月同升交点的黄经差。黄经是从春分点开始在黄道上度量的，以显庆二年（公元657年）二月朔升交点的黄经为  $174^{\circ}40'$ ，九执历称五相二十四度四十分（它分全天  $360^{\circ}$  为十二相，每相三十度）。用定朔望食时日月黄经减去升交点黄经即得去交度。规定食限为去交度等于  $12^{\circ}$ ，就是当日月合朔发生在距交点的黄道度数不超过  $12^{\circ}$  时即发生交食。设月黄纬  $MS$  为  $\beta$ ，升交点黄经为  $Q$ ，日月合朔时黄经为  $\lambda$ ， $i$  为黄白交角。

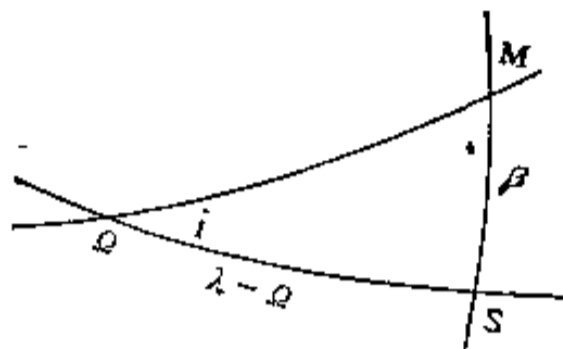


图 6-9

$$\text{则 } QS = \lambda - Q$$

由球面三角形  $QMS$  知：

$$\sin \beta = \sin(\lambda - Q) \sin i$$

九执历中求月黄纬就类似于用上述球面三角公式。

对于视差的影响，也是类似于现代用球面三角方法来计算的，定月亮的平均地平视差为

$\frac{790}{15} = 52'40''$ ，将月亮视差分解成黄经分量和黄纬分量，对于不同的季节求得视差的这两个分量，当月亮在黄道之北时，视月黄纬是月黄纬减去视差的黄纬分量（称南北差或纬差），月亮在黄道南时则加上南北差；对黄经分量也同样处理。显然这是用几何学的方法。

推月食全部见食时间，也可用上述月食五限图说明。以  $\overline{M_1T_1}$  称为月量（月的视直径）的一半， $\overline{CT_1}$  为阿修量（地影直径）的一半（ $\overline{CT_1} + \overline{M_1T_1}$ ）叫半位  $\overline{CM}$  就是  $\sin \beta$ ，这样：  
 $\overline{M_1M} = \sqrt{(\overline{CT_1} + \overline{M_1T_1})^2 - \overline{CM}^2}$  此即初亏到食甚的时间。

$$\text{故 } \overline{M_1M} = \sqrt{\text{半位}^2 - \sin^2 \beta} = \sqrt{\left(\frac{\text{月量} + \text{阿修量}}{2}\right)^2 - \sin^2 \beta}$$

上数的二倍即为全部见食时间。

回历以历元的升交点黄经为  $233^{\circ}6'$ （七宫二十三度六分）。考虑到视差的影响，回历日月食条件如下：

“辨日食限：视合朔太阴纬度在黄道南四十五分以下，黄道北九十分以下为有食。”

“辨月食限：视望日太阳经度与罗喉或计都度相离一十三度之内，太阴纬度在一度八分之下为有食。”<sup>①</sup>

这就是：

日食：月在黄道南， $\beta < 45'$ ；月在黄道北， $\beta < 1^{\circ}30'$

月食：不分南北， $\beta < 1^{\circ}8'$ ， $(\lambda - Q) < 13^{\circ}$

求视差对交食的影响，也是求合朔时由视差对月亮黄经黄纬的影响。叫东西南北差，东西差指月黄经视差，南北差指月黄纬视差。

求全部见食时间，以日食为例，也以上述日食三限图说明。回历经内称：

① 《明史·历志·七》。

“食甚太阴纬度通秒自乘，二半径分亦通秒自乘，两自乘数相减，余以平方开之。”<sup>①</sup>

这就是图内

$$\overline{MM}_1 = \sqrt{(\overline{SP}_1 + \overline{M}_1\overline{P}_1)^2 - \overline{SM}^2}$$

$M$  为食甚时月心位置， $SM$  即所谓太阴纬度， $(\overline{SP}_1 + \overline{M}_1\overline{P}_1)$  即是二半径分，通秒就是把各量的单位都化成秒，以便于运算。

上数就是初亏到食甚时间，二倍之即为全部见食时间。

最后说明一点，由于黄白交点不断在黄道上退行，所以升交点黄经也在不断变化，这就是“罗喉”的黄经变化问题，在推算交食中首先要碰到这问题。九执历中以 6794 日交点退行一周天，回历中以每日退行三分十一秒计算。根据我国后汉时代乾象历的数据进行计算，可以得出交点退行为  $18\frac{29}{48}$  年退行一周。这同九执历的数据相同。后来唐《大衍历议》中说：“凡月交一终退前所交一度及余八万九千七百七十三分度之四万二千五百三少半。”<sup>②</sup> 意思是说一交点月以后交点退行了一度加上那个分数。元《授时历议》中说“每一交退天一度二百分度之九十三，凡二百四十九交退天一周有奇”。<sup>③</sup> 沈括《梦溪笔谈·卷七》中也有“凡二百四十九交而一期”的话。明大统历中以“罗(喉)计(都)周日六千七百九十三日四四三二，罗计度率一十八日五九九一〇七七六”。<sup>④</sup> 指交点退行凡 18.59910776 日退行一度，6793.4432 日退行一周。这些数据都比较相近，也逐渐精密。

### 附 说 (1)

由月去交点日数  $QM$  求  $MS$  (月去黄道度数) 唐崇玄历以前用列表的方法推求，以后用公式推求。

乾象历、大明历、皇极历的数据表

月去交点日数 $QM$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
乾象历	0	1.42	2.75	4.00	5.00	5.67	6.00	6.08	5.92	5.42	4.58	3.50	2.25	0.92
大明历	0	1.33	2.58	3.75	4.75	5.50	5.92	6.00	5.82	5.33	4.50	3.42	2.22	0.82
皇极历	0	1.40	2.70	3.85	4.80	5.50	5.90	6.00	5.80	5.30	4.50	3.45	2.20	0.85

① 《明史·历志·七》。  
 ② 《新唐书·历志·三下》。  
 ③ 《元史·历志·一》。  
 ④ 《明史·历志·六》。



皇极历原表

入 交 日	一日	二日 余百九十八 以下食限	三日	四日	五日	六日	七日	八日	九日	十日	十一日	十二日	十三日 余五百五十五 以上食限	十四日
去 交 衰	进十四	进十三	进十一半	进九半	进七	进四	退二 进二 五分 一退 四进 弱强	退二	退五	退八	退十半	退十二半	退十三半	退十四小 二退 三退 弱强
衰 积	衰始	十四	二十七	三十八半	四十八	五十五	五十九	六十一 六十一又一分 一分当日退	五十八	五十三	四十五	三十四半	二十二	八半

(原文见《隋书·律历志·下》)

由表可以查得,当  $QM=1$  时,乾象历取  $MS=1.42$  度

大明历取  $MS=1.33$  度

皇极历取  $MS=1.40$  度

若  $QM$  非整数日时,乾象、大明两历用比例内插,皇极历用等间距二次差内插。内插法的方法如下:

若函数  $f(1)=a_1$   $f(2)=a_2$

比例内插的公式是:  $f(1+d)=f(1)+d \cdot (f(2)-f(1))$   
 $=a_1+d \cdot (a_2-a_1)$

等间距二次差内插的公式是:

$$f(1+d)=f(1)+d \cdot (f(2)-f(1))+\frac{d \cdot (d-1)}{2} \cdot (f(2)-f(1))^2$$

$$=a_1+d \cdot (a_2-a_1)+\frac{d \cdot (d-1)}{2} \cdot (a_2-a_1)^2$$

例如上述  $QM=1.159185$ ,  $MS$  的值可以这样求得:

乾象历  $MS=1.42+0.159185 \times (2.75-1.42)=1.63$ (度)

大明历  $MS=1.33+0.159185 \times (2.58-1.33)=1.53$ (度)

皇极历  $MS=1.40+0.159185 \times (2.70-1.40)+\frac{0.159185 \times (0.159185-1)}{2} \times (1.30)^2$   
 $=1.50$ (度)

也即是当合朔时月亮去黄道度数在一度半以内即可发生日食。

唐大衍历以去交度数分为12爻,每爻15度,列表如下:

月去交度数 $\Omega M$	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	180
月去黄道度数 $MS$	0	$1\frac{67}{120}$	$2\frac{118}{120}$	$4\frac{25}{120}$	$5\frac{20}{120}$	$5\frac{95}{120}$	$6\frac{2}{120}$	$5\frac{95}{120}$	$5\frac{20}{120}$	$4\frac{25}{120}$	$2\frac{118}{120}$	$1\frac{67}{120}$

大衍历中月亮去交点的距离是用度数表示的,每隔15度给出一个  $MS$  的值,若要求两爻之间每度的  $MS$  值,可用等间距三次差内插法的近似公式。如度下有分,则以两邻近度之间比例内插。大衍历认为去交15度以内月亮皆沿黄道(近似的),当朔望时则有交食发生。所以它的  $MS$  的界限为  $1\frac{67}{120}$  度,即 1.56 度。

唐宋以后都用经验公式由  $\Omega M$  推求  $MS$ , 结果与上述差不多,这里从略。

### 附 说 (2)

求日食初亏到食甚时间为:“置日食分秒与二十分相减相乘,平方开之”,证明如下:

如图6-7所示,为日食三限图。设太阳月亮视半径都是10分, $S$ 为日心, $M_1$ 为初亏, $M$ 为食甚, $M_2$ 为复圆时的月心。则  $\overline{CD}$  即为食分。要求初亏到食甚时间即求  $\overline{MM_1}$  的长。

$$\begin{aligned} \therefore \overline{MM_1}^2 &= \overline{SM_1}^2 - \overline{SM}^2 & \text{又 } \overline{CD} &= \overline{SD} + \overline{CM} - \overline{SM} \\ &= (\overline{SM_1} + \overline{SM})(\overline{SM_1} - \overline{SM}) & &= \overline{SE} - \overline{SM} \\ &= \overline{AM} \cdot \overline{ME} & &= \overline{ME} \\ &= (\overline{AE} - \overline{ME}) \cdot \overline{ME} & \therefore \overline{MM_1}^2 &= (\overline{AE} - \overline{CD}) \cdot \overline{CD} \\ & & \overline{MM_1} &= \sqrt{(20 - \text{食分}) \cdot \text{食分}} \end{aligned}$$

### 附 说 (3)

求月食初亏到食甚时间为“置月食分秒与三十分相减相乘,平方开之”;求食既到食甚时间为“以既内大分与一十分相减相乘,平方开之”。证明如下:图6-8是月食五限图。 $C$ 为地影中心, $M_1$ 为初亏, $M_3$ 为食既, $M$ 为食甚时的月心。设月亮直径为10分,地影直径为20分, $\overline{CA}=15$ 分, $\overline{BG}$ 为食分即“月食分秒”初亏,到食甚的时间即求  $\overline{M_1M}$  的长。

$$\begin{aligned} \overline{M_1M}^2 &= \overline{CM_1}^2 - \overline{CM}^2 & \text{而 } \overline{AM} &= \overline{AB} + \overline{BM} \\ &= \overline{CA}^2 - (\overline{CA} - \overline{AM})^2 & &= \overline{MG} + \overline{BM} \\ &= (\overline{CA} + \overline{CA} - \overline{AM}) \times (\overline{CA} - \overline{CA} + \overline{AM}) & &= \overline{BG} \\ &= (2\overline{CA} - \overline{AM}) \times \overline{AM} & \therefore \overline{M_1M} &= \sqrt{(30 - \text{食分}) \times \text{食分}} \end{aligned}$$

要求食既到食甚的时间,即求  $\overline{M_3M}$  的长。 $\overline{CG}$ 称为既内大分。

$$\begin{aligned} \overline{M_3M}^2 &= \overline{CM_3}^2 - \overline{CM}^2 \\ &= \overline{MG}^2 - (\overline{MG} - \overline{GC})^2 & (\because \overline{CM_3} &= \overline{MG}) \\ &= (\overline{MG} + \overline{MG} - \overline{GC}) \times (\overline{MG} - \overline{MG} + \overline{GC}) \\ &= (2\overline{MG} - \overline{GC}) \times \overline{GC} \\ \therefore \overline{M_3M} &= \sqrt{(2\overline{MG} - \overline{GC}) \times \overline{GC}} \\ &= \sqrt{(10 - \text{既内大分}) \times \text{既内大分}} \end{aligned}$$

## 第七章 对太阳系内天体的观测和研究

我国古代天文学的发展,一直没有形成“太阳系”这一概念,但是对于太阳系内的诸天体——太阳、月亮、五大行星、彗星、流星和陨星等都做了不少的观测与研究,其中有些发现和认识,是走在世界前面的。除了利用日、月的视运行规律进行的历法编纂工作和对日、月食的预告已在前两章中进行了叙述以外,本章拟就其余的几个方面给以介绍。

### 一、关于月亮的知识

夜晚,月亮的光辉给大地带来了光明,它与人类的生产、生活有着十分密切的关系。从远古时代开始,人们就十分注意对它进行观测与研究。

中国古代流传着许多动人的关于月亮的神话传说,嫦娥奔月的故事就是其中流传最广的神话之一。虽然嫦娥奔月这一神话本身,只是人们对月亮的一种主观的幻想。但是它反映了古人对月亮的一定看法,即认为月亮也和地球一样,是可居住的,有房屋,有植物还有动物的世界。这种对月亮的朴素认识,在阴阳五行说盛行之后,被所谓“月为水”、“为阴精”的说法所替代,并在长时期中成了传统的见解。但是在中国古代,对月球的物理特性也曾产生过一些十分精辟的推测。如唐代,有人认为“月乃七宝合成”、“月势如丸。其影,日烁其凸处也”<sup>①</sup>即以为月亮是由金、银、玛瑙等七种稀有的物质组成的,这是对月亮的物质性的有趣推测。其对月亮阴影成因的解释,则完全符合科学的实际。再如元代赵友钦在他的《革象新书》中指出:

“太阴圆体,即黑漆球也”。

这一推测与现今我们所了解的月球的真貌是相近的。

随着人们对日、月食研究的不断深入,中国古代对日、月两个天体与地球的距离有远有近的看法也逐渐形成。王充在《论衡》中,明确地记载了他的前人关于“日在上,月在下”的正确观念。在南北朝时代后秦的姜岌则继承了“日在月上的思想”。<sup>②</sup>在上一章中我们也已叙述过唐一行关于“月在日下”的见解。宋代唯物主义哲学家张载也指出:

“月于人为近,日远在外”。<sup>③</sup>

这些都说明月亮比太阳更靠近地球这一观念,前后相承,已经为许多人所接受。到了元代郭守敬还进行过月——地距离的测量,据《元史·历志》记载,郭守敬曾创制了一种叫“闾几”的仪器,同直立的表结合在一起,用以测量月亮和五星上中天时“影”的长度,在相距很远的两地“同日闾测,取景数,以推星、月高下”。

这一方法的基本思想是:从一基线的两端观测同一天体方向间的夹角,以便求得该天体的距离。可惜其详尽的方法和所得的结果没有流传下来。

① 段成式:《酉阳杂俎》。

② 见《开元占经》卷一。

③ 《张子全书·正蒙·参两篇》。

也是从远古时代开始,人们就发现月亮的圆缺(天文学上称为月相)变化有着十分严格的周期性。由于实际生活中计量时间的需求,便产生了利用月相变化周期作为时间的一个计量单位的尝试。在我国殷墟出土的甲骨文中,就已经有了大量的月份的记载。在西周时期铸在青铜器上的文字中,有初吉、既生霸、既望、既死霸等描述不同月相的词句,这表明古人十分重视月亮的位相变化,并把它作为时间计量的一个客观标准。随着观测的日益精细,人们也在很早以前就试图对月亮盈亏的现象作出科学的解释,在公元前一世纪成书的《周髀算经》中指出:

“日兆月,月光乃生,故成明月。”

公元前一世纪后半叶的京房也说:

“先师以为日似弹丸,月似镜体。或以为月亦似弹丸,日照处则明,不照处则暗。”<sup>①</sup>

他们均已明确指出月亮本身并不发光,而我们看到的月亮的亮光仅是月亮反射太阳光的结果。到东汉,张衡在《灵宪》中进一步指出:

“月光生于日之所照,魄生于日之所蔽,当日则光盈,就日则光尽。”

在这里张衡指明了发生朔望时,地球、太阳与月球之间位置的相对关系。三国时代的杨泉在《物理论》中则更鲜明地指出了月亮的盈亏原理:

“月阴之精,其形也圆,其质也清,禀日之光而见其体。日不照则谓之魄。故月望之日,日月相望,人居其间,尽睹其明,故形圆也。二弦之日,日照其侧,人观其傍,故半照半魄也。晦朔之日,日照其表,人在其里,故不见也。”

由于佛教的传入,一些错误的关于月亮盈亏的理论被传进来,所以在南北朝时代,人们对这个问题进行了更详尽的讨论,后秦姜岌雄辩地回答了有人提出的种种责难,有力地论证了“月无亏盈,由人也”<sup>②</sup>,即月球本身是常圆的,月相的变化仅仅同人所处的地球与日、月之间的相对位置相关。宋代沈括更用类比的实验方法来验证月亮为球体及月亮的反光理论,他说:

“日月之形如丸。何以知之?以月盈亏可验也。月本无光,犹银丸。日耀之乃光耳。光之初生,日在其傍,故光侧而所见才如钩;日渐远,则斜照,而光稍满。如一弹丸,以粉涂其半,侧视之,则粉故如钩;对视之,则正圆。此有以知其如丸也。”<sup>③</sup>

从上面的叙述,我们可以看到中国古代对月亮反光理论认识发展的主线,但是这种认识并非一帆风顺,其间有过不少的曲折与斗争。一直到宋代,理学家程颐仍以阴阳之说附会月亮的盈亏,他认为“日月乃阴阳,气势盛处运行不息,……月近日则威损而气衰,故光亏,月远日则势盛而气盛,故光盈”,<sup>④</sup>明代有人使用孔子的话反对月亮自己不发光的正确认识,认为“孔子曰:悬象著明,莫大乎日月。日自为日,月自为明,岂有月受日光之理哉?!”指责人们为什么“不信经而信沈存中(即沈括)之言”<sup>⑤</sup>。但是科学总是藐视盲目保守的说教,中国古代人们对月亮反光理论的正确认识正是在同谬误的斗争中得到了充分的发展。

① 引自《尔雅注疏》卷五。

② 《开元占经》卷一。

③ 《梦溪笔谈》卷七。

④ 转引自《胡敬斋集》。

⑤ 《米黻唐集》。

## 二、太阳黑子的观测与研究

在中国古代,由于人们的精细观测,早在公元前28年就已经有了世界公认的最早的黑子记录,这就是《汉书》卷廿七《五行志下之下》中“河平元年,三月乙未<sup>①</sup>,日出黄,有黑气大如钱,居日中”的记载。这一记载不但说明了黑子出现的日期,而且说明了黑子的形状、大小和位置,是十分珍贵的历史记录。其实,在战国时期及汉代也有不少记载与太阳黑子有关。如:

“石氏曰:日中有立人之象”。<sup>②</sup>

“汉文帝十五年(公元前166年)日中有王字”<sup>③</sup>

“日中有踰鸟”<sup>④</sup>

这些材料表明,中国古代对太阳黑子的观察,有着十分久远的历史。中国古代非但有世界公认的最早的黑子记录,而且就其数量和质量而言,也是首屈一指的。从汉河平元年到明末为止,我国共有一百多次黑子记录,这些记录既有准确的日期,又有黑子的形状、大小、位置以至于变化情况等等,是一份十分宝贵的遗产。

中国古代对太阳黑子形状的描述,大体可以分为三大类:

第一类,圆形:如环,如桃,如李,如栗,如钱;

第二类,椭圆形:如鸡卵,鸭卵,鹅卵,瓜、枣;

第三类,不规则形:如飞鹊,如飞燕,如人,如鸟。

头一类可能是刚出现的黑子;第二类可能是双极黑子。我们知道,双极黑子在太阳圆面西边的叫“前导黑子”,在太阳圆面东边的叫做“后随黑子”,前导黑子常是圆形,比较暗,后随黑子比较大,而稍淡,不一定是圆形,在它们之间还有无数小黑子填充其中,所以在肉眼看来,这种双极黑子就呈椭圆形;第三类显然是大的黑子群。由这一简单的分析,我们看到中国古代对黑子的观测是十分细致的,其形状的描述又是十分形象的。

我们又知道,上述的三个类型,实际上代表着黑子发生、发展和消灭过程中的三个不同形态。最初出现时一个小的圆形黑点,随后黑点逐渐增大,以致分裂成两个大黑子:前导黑子逐渐增大,离开后随黑子越来越远;后随黑子逐渐分裂,比前导黑子先消失。这种分裂现象,我国古代的天文学家们也注意到了。例如唐代李淳风在《乙巳占》卷一中说:

“日中有黑子、黑云,若青若赤,乍二乍三。”

又如《明史·天文志》里记载着:

“宗天启四年(公元1624年)正月癸未,日赤无光,有黑子二、三荡于旁,渐至百许,凡四日。”

说的就是黑子分裂的现象。

如上所述,既然黑子形状的三种类型,是黑子运动过程中的一定阶段上的不同形态,我们可以从我国古代这三个类型黑子记录的日期间隔,求出太阳黑子出现的大概周期,得到与近代的统计颇为一致的结论。

① 河平元年三月无乙未,疑为三月己未之误。

② 《开元占经》卷六。

③ 《册府元龟》卷二十二“符瑞一”。

④ 《淮南子·精神训》。

由于对太阳黑子长期仔细的观测,除了对太阳黑子形状的形象描述外,我国古代还产生了对太阳黑子分类的思想。如在唐《开元占经》卷六所引《太公阴秘》一书中,就把太阳黑子分为六类:乌见者,双乌见者,入斗者,乌动者,黑气若一若二至四、五者,有黑气。所谓“乌见者”,应是指一个黑子活动周期开始时,日面上存在一个半影黑子的情形;“双乌见者”则是日面上存在有半影的双极黑子;“入斗者”应是指双极黑子形态发生变化,若即若离,好象双乌相斗一样;“乌动者”应是这种变化愈趋愈强烈,结构十分复杂时的逼真描述;“黑气若一若二至四五者”应指的是黑子的分裂现象,而“有黑气”者,应是黑子将要消失时的景象。于是《太公阴秘》所记述的太阳黑子的六种不同形态,实际上就是黑子从开始出现到消失,所经历的一系列发展阶段上的六个特定阶段,它基本上符合我们现在观测到的太阳黑子群的发展过程,与西方近代提出的太阳黑子群苏黎士分类法基本相似。

在欧洲,到公元九世纪才有太阳黑子的记录留存下来,又因为亚里士多德关于天体完美无缺的唯心主义理论长期禁锢了欧洲人的思想,甚至到伽利略发明望远镜以后,还有人认为黑子是行星凌日的结果。而在我国古代,人们早就确认黑子是太阳自身发生的一种现象,不但大量的观测记录无容置疑地表达了这一认识,而且对于太阳黑子的本质还进行过有趣的争论。王充在《论衡·说日篇》中,雄辩地驳斥了认为黑子是“日中有三足乌”的谬说,指出:

“夫日者,天之火也,……天火之中,何故有乌?火中无生物,生物入火中,焦烂而死焉,乌安得立?”

紧接着,王充明确地指出:“黑子是日气也。”王充在《论衡·诘术篇》中还论及:

“火,日气也。”

由此推知,太阳黑子在王充看来也是一种火。这种认识在古代是难能可贵的,这样就把太阳黑子作为一种自然现象来描述,对那种宣扬黑子的出现与帝王的祸福相关的唯心论“天人感应”说教是一个有力的批判。

### 三、彗星的观测

除了日、月食之外,最容易引起古人惊异的天象就算彗星出现了。也如同日、月食的生一样,反动统治阶级总是把彗星的出现说成是上天示警,以此来为反动统治阶级的政治服务。而历史上一些进步的思想家也常常针锋相对地对彗星一类的“怪星”的出现提出唯物主义的解释。如荀子在他著名的《天论》中,就指出“怪星之觉见,是无世而不常有”的,也就是说彗星一类怪星的出现与人事的兴衰治乱无关,而是一种不足畏的自然现象。又如,宋代反对王安石变法的保守势力,把宋熙宁八年冬出现的一颗彗星,说成是上天反对变法的象征。王安石则以历史事实戳穿了这一“天人感应”的谎言,并指出:

“天文之变无穷,上下傅会,岂无偶合”<sup>①</sup>

给“天人感应”说以有力的打击。

由于彗星的出现是较罕见的天象,古代的人们早就注意到它。我国可靠的彗星记录开始见于《春秋》:“鲁文公十四年(公元前613年)秋七月,有星孛于北斗”,这也是哈雷彗星的最早记录。哈雷彗星平均每76年多过近日点一次,其时体大而明,肉眼能看到,自秦

<sup>①</sup> 《续资治通鉴长编》熙宁八年十月戊戌条。

始皇七年(公元前240年),至清宣统二年(公元1910年)的两千多年间,哈雷彗星共出现29次,每次我国都有详细的记录<sup>①</sup>,这样长期而连续的观测资料,是我国所独有的。欣德曾根据这些材料来计算哈雷彗星的轨道,得到一个重要结果:哈雷彗星的轨道和黄道的交角在逐渐变化,在汉代为170度,到十九世纪中期已减至162度<sup>②</sup>。这一结论对于研究彗星的起源和演化问题,显然是有帮助的。前几年更有人利用这些材料,推算哈雷彗星轨道的变化,并由对这一变化的分析中,他们得出了太阳系中存在着未知的第十大行星的结论,可是他们的预言没有为观测的事实所证明<sup>③</sup>。其后又有人提出,这些变化不是由于有第十颗行星的摄动,而是彗核物质在过近日点时挥发散失所产生的反作用力引起的<sup>④</sup>。在爱尔兰的华侨天文学家江涛也重新审查了有关的历史记录。他研究的结论是证实了非引力效应的存在<sup>⑤</sup>。这些情况都说明了我国古代关于哈雷彗星的记录,确有其重要的科学价值,它为解决现今天文学的有关问题,提供了宝贵的资料<sup>⑥</sup>。

在我国古代的彗星记事中,远非仅限于哈雷彗星的记录,据初步统计,从殷商时代起到公元1911年,我国的彗星记录不少于360次。遗憾的是,由于受到天文学水平的限制,古人在记录彗星的时候,还没有把彗星同新星、超新星、极光等现象严格地区分开来。但古人对这类天象还是作了初步的分类,一般说来,凡记作彗星、孛星、星孛的,大多数是彗星,为了发挥我国古代的大量彗星记录的作用,对它加以整理并给予科学的分析、研究,乃是一项十分有意义的工作。

由于出现的方位不同和形状各异,古代人们给彗星起了种种名称。如在《史记·天官书》里把在东北方发现的叫天棊,东南方发现的叫彗星,而西北方发现的叫天棊,西南方发现的叫天枪。又如按形状来分:《开元占经·卷十八》引“石氏曰:凡彗星有四名:一名孛星;二名拂星;三名扫星;四名彗星,其形状不同。”“黄帝占曰:彗星出见,本类星长可三、二尺,其炎如气,黄白孛孛然,名孛星,……长可一丈,其炎头散下垂,状如毛毳,名曰拂星。……彗星出见可二丈至三丈,形如竹木枝干,名曰扫星。三丈以上至十丈,名曰彗星。彗扫同形长短相差。”

这些关于彗星形状的描述,今天看来是有一定的科学内容的。我们知道,彗星的主要

① 朱文鑫:《天文考古录》第59~80页,商务印书馆,1933年版。

② J. R. Hind: On the past history of comet of Halley, RAS/MN 10, 51 (1850年)。

③ 最初由哈雷彗星轨道变化推断存在第十行星的是美国加利福尼亚大学的 Brady 博士等,他们的文章发表在1972年4月的《Publications of the Astronomical Society of the Pacific》(简称PASP)上。其后格林尼治天文台的 Foss 和美国里克天文台的 Klemola、Harlan 等人在 Brady 等人预言的位置上没有发现这个被预言的天体。他们的观测报告分别发表在英国的《Nature》1972年9月29日一期和1972年10月份的PASP上。

④ 加利福尼亚技术研究所的 Goldreich 和 Ward 从太阳系稳定性理论的角度出发,否定了 Brady 所说第十行星存在的可能,并提出了彗核物质挥发散失产生反作用力的理论,他们的文章发表在PASP 1972年10月号上。

⑤ 江涛在 RAS/M, Vol. 76(1972)Part 2 上发表了他对中国观测审查的结果,他推导出从1222年以来哈雷彗星返回近日点日期的修正值。修正后的日期,有时与 Brady 据以推出存在第十行星的数据有足够大的差别。从而从另一个方面否定了 Brady 的结论。

⑥ 最近,张钰哲同志对哈雷彗星的轨道变化又进行了细致的计算。他考虑了太阳系内九大行星对哈雷彗星的摄动影响,算出轨道倾角也是变小,但是,在有史可查的三千多年内变幅最多只 $1^{\circ}5'$ 左右,彗星轨道和黄道的交点及轨道近日点则都在不断地向前进动。他又从观测记录估计出哈雷彗星各次回归时的最大亮度在不断减弱。这是因每回归一次彗星都要损失物质,从而导致光力衰退。他又把理论计算和历史资料对比,发现在时间上都有一定差异。由此,他认为这说明可能的确存在冥外行星,或在离太阳五十天文单位处有一环总质量略等于地球的彗星云,以及非引力效应等摄动因素的影响。张钰哲同志的文章发表在《天文学报》1978年第1期上。

部分是近乎圆形的发光而透明的物体,其中部亮度强一些,向边缘逐渐减弱。这个中央明亮的部分叫做“核”。包围核的雾状物,叫做“彗发”。核和发合成头部。彗头的云状物质在太阳风和太阳光压作用下,向一个方向延伸,形成彗尾。黄帝占所说的“其炎如气,黄白孛孛然”,可能指的就是这种情形。彗尾是发光的气体 and 尘埃带。它的长度很不一致,故黄帝占中有二、三尺到十丈的区别。彗尾形状又可以分为三大类:Ⅰ型彗尾长而直,黄帝占中所说的彗星、扫星大概就属于这一类;Ⅱ型彗尾短而弯曲,孛星、拂星可能属于这一类;Ⅲ型彗尾更短更弯曲,蚩尤之旗可能属于这一类,“巫咸曰:蚩尤之旗类彗,而后曲象旗”,“黄帝占曰:蚩尤旗本类星,而后委曲,其象旗幡,长可二、三丈。”<sup>①</sup>有时候彗星会有几个尾巴,象扇子一样地张开于彗星的轨道平面上。关于这种现象,我国古代给它以五残、狄汉、昭明等名称。

我国古代人民对彗星的观测十分仔细,在长沙马王堆出土的西汉初年的帛书中,有一幅十分珍贵的关于彗星的画图<sup>②</sup>(见图7-1),它给出了二十余种彗星的图象,其中有一些图象比较真实地反映了彗尾的不同形状和特征。还有的似乎画出了彗头中的彗核结构。这些显然都是古代天文学家对彗星进行长期观测的结果,而其观测的精细程度更是令人钦佩的。

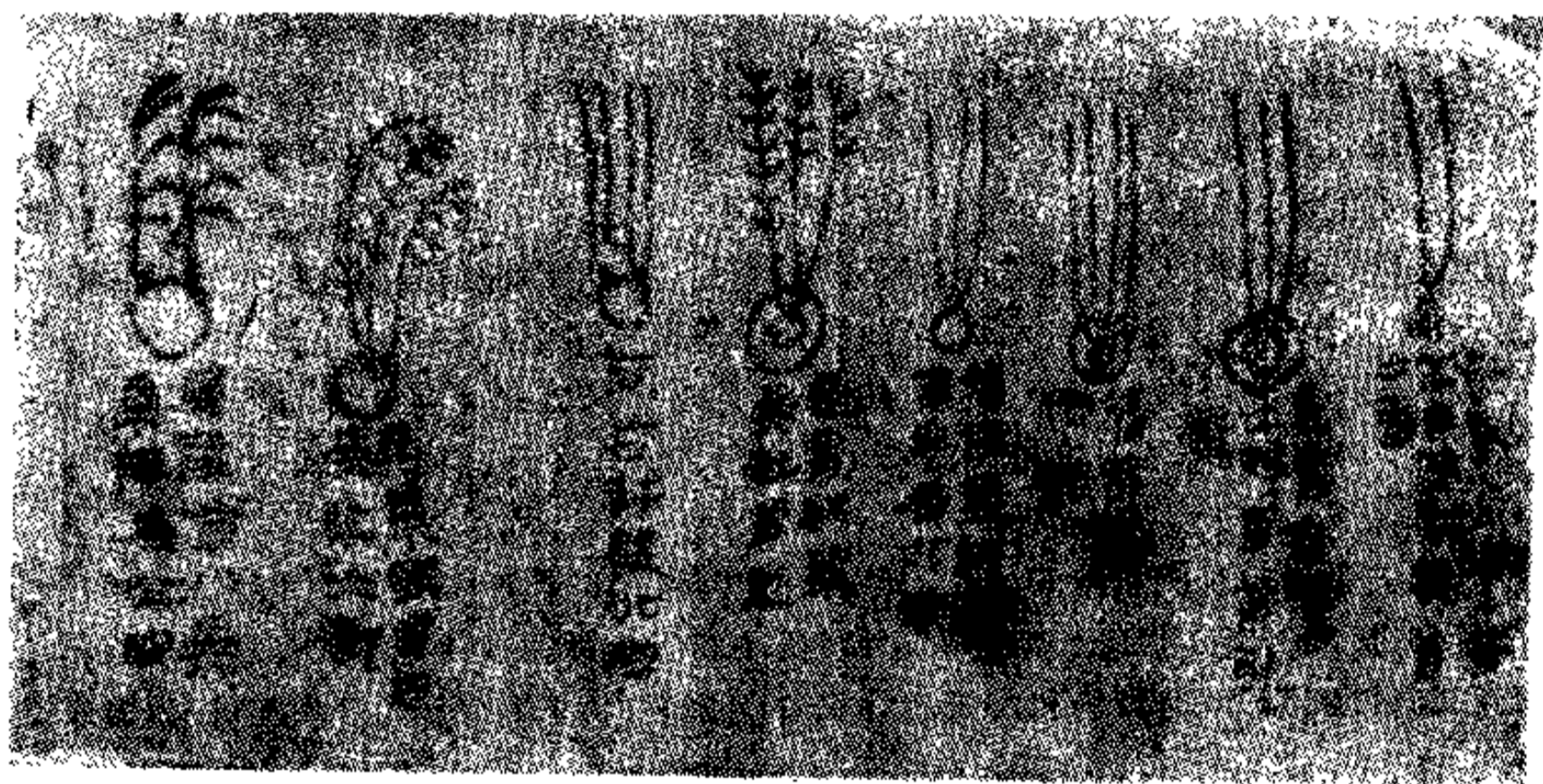


图 7-1 马王堆帛画中的彗星临摹图

在南北朝时代,我国人民对于彗星的本质有了进一步的认识,《晋书·天文志》中指出:

“彗体无光,傅日而为光,故夕见则东指,晨见则西指。在日南北皆随日光而指,顿挫其芒,或长或短。”

这就把彗尾延伸的方向与太阳之间存在的客观内在联系说得很清楚。这是古人在长期观测彗星的实践基础上,对彗星现象的规律性进行科学探索的成果。

彗星的分裂是较少见的现象,但从我国古代彗星记录来看,这种现象也早为人们所

① 《开元占经》卷八十五。

② 席泽宗,马王堆汉墓帛书中的彗星图,《文物》1978年第二期。



注意。在《新唐书·天文志》里，有一段十分详细的记载：

“唐乾宁三年十月，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，而二小星没。其大星后没虚、危。”

说的是公元896年，一颗彗星在虚、危间分裂成一颗大的、两颗小的彗星之后的情形。又如，“晋义熙十一年（公元415年）五月甲申，彗星二，出天市，扫帝座，在房、心北，”<sup>①</sup>和“明洪武六年四月（公元1373年），彗星三，入紫微垣”<sup>②</sup>等记载，指的也应是彗星分裂的现象。

总之，我国古代对彗星的位置、运动、形态、分裂和出现日期等作了大量而且详尽的记述，是世界上最早、最丰富的记录，这些资料一直为中外天文学家所重视，它为彗星的周期、轨道、演化等问题的研究，提供了重要的参考资料。

#### 四、流星雨和陨石

流星雨的发现和记载，也是以我国为最早。《竹书记年》里有“夏桀十年，五星错行，夜中星陨如雨”的记载，但是《竹书记年》何年成书？夏桀十年（有人认为是公元前1609年）又确为哪一年？均难肯定。我们对于这条资料只好存而待论。从此往下，最早的一条记录见《春秋》：

“鲁庄公七年（公元前687年）夏四月辛卯夜，恒星不见，夜中星陨如雨”。

这是天琴座流星雨的最早记录。我国古代关于流星雨的记录，约有180次之多，这又是一份十分珍贵的天文学遗产<sup>③</sup>。我们知道，流星雨是太阳系中沿着一定轨道互相平行地运动的流星群与地球相遇时，出现的绚丽天象，它是流星雨辐射点所在的星座来命名的。现已查明，我国古代对著名的天琴、英仙和狮子等座流星雨均有多次记载，如：

载有天琴座流星雨的年份还有：401年4月8日，443年4月9日，461年4月10日，466年4月8日，530年4月9日，839年4月14日，905年4月13日，927年4月13日，934年4月13日。

我国关于英仙座流星雨的记载，有以下的年份：36年7月16日，714年7月15日，784年7月10日，830年7月22日，833年7月22日，835年7月22日，841年7月21日，924年7月21日和23日，925年7月22日和23日，926年7月22日，933年7月20日和25日，1451年7月27日。

狮子座流星雨的记录始于307年，据考证，以下七次是可靠的：931年10月21日，934年10月19日，1002年10月20日，1498年11月2日，1533年11月4日，1602年11月7日和1666年11月7日。

除天琴、英仙和狮子三座流星雨外，还有许多未经认证的流星雨记录，对其作必要的分析、研究，确认其相应的辐射点，进而为弄清流星群周期、轨道的变迁，查明流星群同彗星之间存在的关系等问题提供历史资料，仍是一项艰巨而有意义的工作。

我国有更大量的关于流星的记录，虽然历代编写史书的人没有把所有记录都收进去，仅就现今留存下来的记录加以整理，也是一项浩大的工程。

① 《晋书·天文志下》。

② 《明史·天文志三》。

③ 参见庄天山：中国古代的流星雨记录，《天文学报》，十四卷第一期，1966年。

流星坠落到地面,便成为陨石。这一事实在欧洲直到1803年以后才为人们所了解。1768年,欧洲发现三块陨石,对此巴黎科学院推举拉瓦锡进行研究,他所得的结论乃是:“石在地面,没入土中,电击雷鸣,破土而出,非自天降”。与此相反,我国早在战国时代,就知道陨石是天上的流星陨落到地面上的。对《春秋》所载鲁僖公十六年“陨石于宋五”的记述,成书于战国时期的《左传》明确指出:这是“陨星也”。到了《史记·天官书》就说得更明白:“星坠至地,则石也。”在《开元占经》所引的《赵书》中,我们则看到关于陨星的详细描述:

“有星陨魏郡邺县东北六十里间。至地初,赤、黑、黄云如幕,长数十丈交错。声如雷震。坠地气热如火,尘起连天。时左右有私锄者皆震叠。尘止往视之,土犹燃沸。求觅见有一石,方尺余,青色而且轻。击之,其音如磬。”<sup>①</sup>

及至宋代,沈括更发现了陨石中有成分以铁为主的铁陨石。他在《梦溪笔谈》卷二十中写道:

“治平元年(公元1064年),常州日禺时,天有大声如雷,乃一大星几如月,见于东南;少时而又震一声,移著西南;又一震而坠在宜兴县许氏园中。远近皆见,火光赫然照天,许氏藩篱皆为所焚。是时火息,视地中只有一窍如杯大,极深,下视之,星在其中熒熒然,良久渐暗,尚热不可近。又久之,发其窍,深三尺余,乃得一圆石,犹热,其大如拳,一头微锐,色如铁,重亦如之。州守郑伸得之,送润州金山寺,至今匣藏,游人到则发视”。

自此以后,在《元史·五行志》中,每记陨石时,常说“如铁”,“如锡”等,可见已经注意到陨石的成分了。这些都说明,我国古代对于陨石的观测与认识都已经达到了相当的水平,是远远走在欧洲人前面的。

对于陨石的成因,由于古代科学水平的限制,古人未能科学地进行解释。但是远在春秋战国时期,进步的思想家就力图从物质本身的变化上去寻求原因,如周内史叔兴认为陨石“是阴阳之事,非吉凶所生也,吉凶由人”。<sup>②</sup>荀子在《天论》中更指出:

“星之坠,木之鸣”,是“天地之变,阴阳之化”

的结果,他们的朴素唯物主义的见解,是对“天人感应”的唯心主义思想的有力批判。

## 五、对行星的认识

在浩瀚的星空中,有五颗肉眼可见的行星。与别的星星相比它们有两个特点:(1)它们在天空中的相对位置常常发生变化;(2)它们都很亮。金星、木星、火星都亮于夜空最亮的恒星——天狼星,水星和土星虽比不上天狼星,但比别的一等星都要亮。由于这两个特点,大概早在原始社会,劳动人民就逐渐认得它们了。有人认为甲骨文中的“岁”字,指的就是岁星。在《诗经》中已出现了“东有启明,西有长庚”,“明星有烂”等诗句,说明春秋以前,在民间流传的歌谣中,行星已经不时成为人们歌吟的对象,证明人们对行星已经相当熟悉了。五星在先秦的名称是:岁星(木)、荧惑(火)、镇星或填星(土)、太白(金)与辰星(水)。对行星的这些命名,反映了先秦劳动人民对五星的一定认识。岁星自西向东在恒

<sup>①</sup> 按所引《赵书》记载,此星陨于石勒死前二十一日,也即在公元333年。

<sup>②</sup> 《左传·僖公十六年》。

星间移行,十二年一周天,而当时一周天被分为十二次,正好一年行一次,用它以纪岁;荧惑光度变化很大,运行的形态错综复杂,足以感人;镇星或填星,约略28年移行一周天,大体与二十八宿的数目相同,就象每年轮流坐镇或填充二十八宿一样;太白光耀夺目,为众星中之最白者;辰星距太阳最近,在地球上看去,仿佛总在太阳两边摆动,离太阳不超过一辰(30度)。由此,我们可以推知,这些星的定名,至迟当与十二次、十二辰、二十八宿的形成在同一年代,即春秋战国时期。后来,五行说盛行,又将木、火、土、金、水五元素,分别配在五星之上,这就成了我们现在熟知的名称。

在五星之中古人对木星的观测占有特殊的地位。第一,尽管殷人祭祀岁星的说法未必可靠,但战国时期的甘德著有《岁星经》当然是事实。汉代郑玄注《周礼·春官》时曾引此书。又据《开元占经》知道,这本书大概是讲如何用岁星以占农事的,如“摄提在寅,岁星在丑,……其国有德,乃熟黍稷,其失次,……其岁早水而晚旱”云云。《淮南子·天文训》继承了这一观点,说“岁星之所居,五谷丰昌,其对为冲,岁乃有殃,故三岁而一饥,六岁而一衰,十二岁而一康。”为什么古人把木星的周期与农事联系起来?这可能是木星的恒星周期(11.86年)和太阳的活动周期(11.11年)相近,今天人们讨论的是日地关系,古人却把它归结为木地关系了。第二,古人利用木星一年行一次的特性,以木星所在的位置来记某事发生的年代,例如“武王伐纣,岁在鹑火”,“晋之始封,岁在大火”,等等。这就是所谓岁星纪年的方法。

我们知道,行星又可分内行星和外行星两种,它们的运动十分复杂,有顺行、逆行、伏、留、合、冲诸形态,又有迟、疾的变化。在长期的实践过程中,我国古代天文工作者逐渐认识了五星运行的许多特性,逐步掌握了五星运动的规律。不论对五星运动的定性描述,还是对五星运动的定量研究,都达到了较高的水平。

现代天文学告诉我们:火星和金星的顺行、逆行的交替十分显著;水星虽然也是明显的却不易观测;土星和木星则没有较长期的观测是不易发现的。《隋书·天文志》所说:

“古历五星并顺行,秦历始有金、火之逆。又甘石并时,自有差异。汉初测候,乃知五星皆有逆行。”

正是这种由浅入深的认识进程的历史情形。这也就是说,五星的逆行现象自战国迄汉初,已经完全为人们所察知。但对于五星逆行现象的解释,奴隶主和封建地主阶级以及他们的星占家却把它同世间的治乱祸福联系起来,即所谓“天下太平,五星循度,亡有逆行”。而进步的思想家与天文工作者则与此相反,如《史记》的作者司马迁指出:

“余观史记,考行事,百年之中,五星无出而不反逆行。”

他以大量观测的历史事实,证明五星的逆行,并不与天下的治乱相关,而是一种自然现象。在天文学家李淳风执笔的《隋书·天文志》中,对五星的逆行现象也有其唯物主义态度的一面,指出其“前后相承,皆能察至”,把五星的顺逆作为规律性的东西确定下来,不再与人事吉凶相联系。两种截然不同的意见,反映了人们在五星运动认识的领域中,也贯串着唯物论与唯心论的斗争。

五星在星空间的运行路径是十分复杂的,其逆行弧线有各种不同的类型(见图7-2)。古人对于五星运行的这种情况的描述,也有一个日益详尽与精细的过程。战国时期的甘德、石申已经注意到行星运动路径的描述,“勾已”就是用于这种描述的专有名词,据《开元占经》所载“甘氏曰:去而复还为勾”,“再勾为已”,“石氏曰:东西为勾”,“南北为已”,说

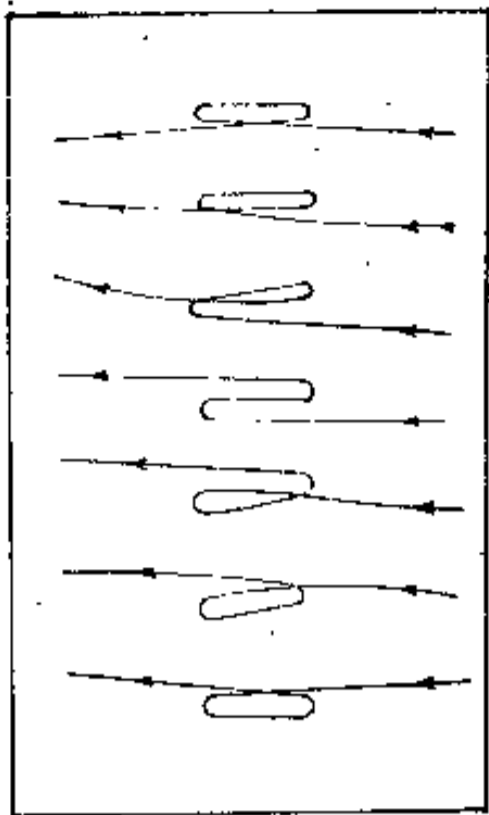


图 7-2 行星逆行弧线的各种类型

的就是行星逆行弧线的情形。东汉的郗萌则说得更明确些,他提出:“星行如已字为已”。对此作出生动准确、细致的描述的还有宋代的沈括:

“予尝考古今历法,五星行度,唯留、逆之际最多差。自内而进者,其退必向外;自外而进者,其退必由内。其迹如循柳叶,两末锐,中间往返之道,相去甚远。故两末星行,成度稍迟,以其斜行故也;中间成度稍速,以其径绝也。”<sup>①</sup>

这里,沈括不仅描绘了行星运行轨迹的几何形态,而且还描述了行星在逆行弧线中运行的迟疾情况,这番描写是大量观测、研究的很好总结。

行星留的现象的发现,当与逆行现象的发现同时,亦即在战国时代。当时的甘、石已经知道了行星运行的这一特殊现象。至于“合”的概念的产生。则稍晚一些,它是在东汉四分历中出现的。因为“合”是看不见的,必须由推算求得,所以,它的提出,如同由朏到朔的概念的提出标志着人们对月亮认识的深化一样,是人们对五星运动规律认识深化的一种表现。在宋周琮的《明天历》里,对于外行星提出了“冲”的概念,即在对外行星动态的描述中,都增加了“与日相望”的新项目,所谓望和冲是一个意思,就是地球处于外行星与太阳之间的特定时刻。

古人对行星亮度的变化,也有一定的认识。据《开元占经》卷六十四所引,战国时代的甘德、石申等人就将五星的亮度强弱分为四类:喜、怒、芒和角。“润泽和顺为喜”;“光芒隆谓之怒”;“光五寸以内为芒”;“光一尺以内为角,岁星七寸以上谓之角。”甘、石以后,历代多沿用这四个专有名词来描述五星亮度的变化。

行星的运行轨道和黄道有一定的交角,关于这一问题,唐一行似乎已经认识到了。《大衍历》的最后一段说:

“求星行黄道南。各视其星变化入阴阳爻而定之,其前变入阳爻为黄道北,入阴爻为黄道南。后变入阳爻为黄道南,入阴爻为黄道北。”<sup>②</sup>

为弄清这段话的含意,特图示如下(见图 7-3),将在黄道平面上半部的半圆周分为二象限,以包含降交点的一个象限为阳爻,以包含升交点的一个象限为阴爻;在黄道平面下半部的半圆周与此相反,即包含升交点的象限为阴爻,包含降交点的象限为阴爻。则在行星过降交点(前变)时,入阳爻为黄道北,入阴爻为黄道南,过升交点(后变)时,入阳爻为黄道南,入阴爻为黄道北。

为弄清这段话的含意,特图示如下(见图 7-3),将在黄道平面上半部的半圆周分为二象限,以包含降交点的一个象限为阳爻,以包含升交点的象限为阴爻;在黄道平面下半部的半圆周与此相反,即包含升交点的象限为阴爻,包含降交点的象限为阴爻。则在行星过降交点(前变)时,入阳爻为黄道北,入阴爻为黄道南,过升交点(后变)时,入阳爻为黄道南,入阴爻为黄道北。

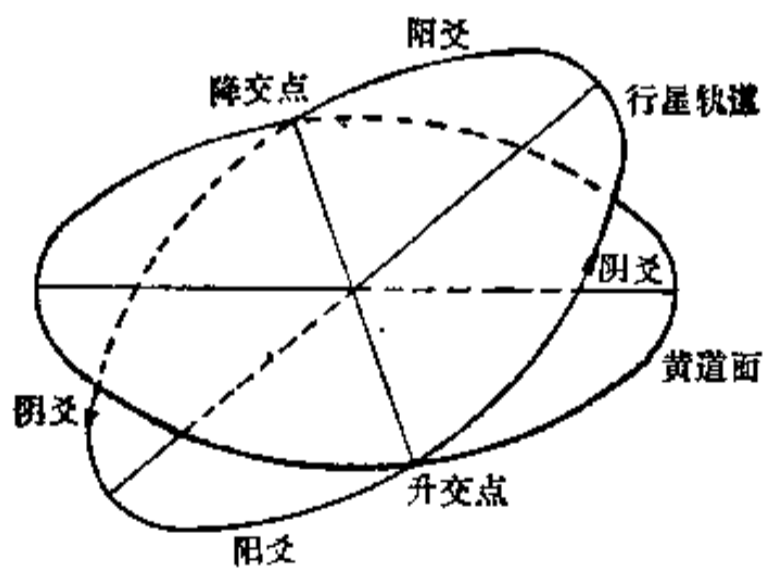


图 7-3 大衍历中行星轨道的分段

① 《梦溪笔谈》卷八。

② 《旧唐书·历志三》。

对五星运动的定量研究,是我国古代历法的一个重要组成部分。这一工作历代相承,精益求精,其性质已经有点类似于现今编制天文年历的工作。由于观测资料的不断积累,使得人们逐渐认识了行星运动的周期性,自战国时期开始到明清之际,对五星的会合周期的观测研究,达到了十分精确的程度。同时,人们根据对五星运动规律的认识,着手五星位置的推算工作,随着时间的推移,由粗到精地给出五星在一个会合周期内的动态表,并借助于观测的日益准确与数学知识的进展,把动态表搞得越加精细。在北齐张子信发现日月五星运动不均匀性之后,人们更在上述基础上,引进必要的改正值,使得五星位置的预报工作更加符合实际。不知经过多少代人的努力,我国古代在对五星运动的定量研究方面,取得了很大的成就。这些问题拟在以下几节,分别加以叙述。

## 六、五星会合周期的研究

关于五星的会合周期,在我国古代曾有过不同的定义。在唐大衍历以前,古人把它定义为:从晨始见到下一次晨始见的时间间隔。而在唐大衍历之后,五星会合周期的定义则同现代相同了,即行星连续两次与太阳相合的时间。我国历代天文工作者对此进行过大量的观测与研究。依据出土文物和有关史料,我们可把历代主要历法中观测研究成果列入表 7-1。

从表 7-1 可以看出,在战国时期,人们对于木星、金星、水星的会合周期已经进行了初步的观测,给出的数据虽然粗略,但是已经显示出相当的科学水平,其中木星的周期值,与真值相比仅差一天多,可见人们的观测技术已是十分高明了。长沙马王堆出土的帛书《五星占》则展示了秦汉之际人们对五星会合周期认识的进步,譬如其中金星会合周期的误差已经小于 0.5 日。到了西汉末年的《三统历》所给出的数值,我们看到了人们的认识的明显进步,与现代的观测值比较,误差最大的火星相差 0.588 日。误差最小的水星,只差 0.032 日,我们认为这些数值,很可能是西汉太初年间对观测所作的总结。而到了南齐祖冲之《大明历》中,五星会合周期的数值又有了长足的进步,其中误差最大的火星也没有超过百分之一日,误差最小的水星已经近于与真值相合了。祖冲之所取得的这些十分精确的数值,首先是历代天文工作者对天文观测仪器浑仪和测时仪器漏壶进行不断改进的结果,同时是与祖冲之长期坚持“亲量圭尺,躬察仪漏”<sup>①</sup>的大量实践工作分不开的。时间又过去不到一百年,在隋代的《大业历》中,我们更看到了令人惊叹的五星会合周期的准确值。火星误差最大,为 0.011 日,木星和土星的误差均为 0.002 日(2.88 分),水星仅差 0.001 日(1.44 分),而金星则达到了密合的程度。自隋代以后的历代主要历法中,五星会合周期的精度仍都保持在很高的水平上。这些高精度的五星会合周期的获得,为人们对五星运动规律的进一步探索创造了良好的条件。

五星会合周期的数据,在历代各历法中本来是用分数表示的,为了便于比较,我们把它化成了小数。在祖冲之大明历以前的诸历法中,对于五星使用五个不同的分母。自祖冲之的大明历才开始使用共同的分母,这个分母又是整个历法的通用常数之一,这样就简化了计算的手续。

<sup>①</sup> 《宋书·律历志下》。

表 7-1

历代历法的五星会合周期表

历 法	年 代	木 星	火 星	土 星	金 星	水 星
甘、石	前4世纪	400	—	—	587	126
帛书《五星占》	前4世纪	395.44	—	377	584.4	—
三统	—7	398.706	780.525	377.935	584.130	115.910
四分	85	398.846	779.532	378.059	584.024	115.881
乾象	206	398.880	779.485	378.080	584.021	115.883
景初	237	398.942	779.815	378.096	584.089	115.873
元嘉	443	398.873	779.759	378.080	583.957	115.881
大明	463	398.903	780.031	378.070	583.931	115.880
皇极	604	398.882	779.899	378.089	583.917	115.878
大业	597	398.882	779.926	378.090	583.922	115.879
戊寅	619	398.882	779.926	378.090	583.918	115.879
麟德	666	398.868	779.911	378.077	583.918	115.880
大衍	728	398.875	779.935	378.092	583.892	115.881
宣明	822	398.874	779.928	378.081	583.910	115.880
崇元	893	398.886	779.920	378.080	583.900	115.880
应天	960	398.886	779.920	378.081	583.899	115.880
崇天	1024	398.872	779.921	378.080	583.909	115.880
明天	1064	398.885	779.937	378.088	583.902	115.877
纪元	1106	398.886	779.930	378.092	583.903	115.876
乾道	1167	398.886	779.930	378.092	583.896	115.876
知微	1182	398.886	779.932	378.090	583.901	115.876
统天	1199	398.885	779.930	378.092	583.903	115.876
成天	1271	398.886	779.929	378.092	583.903	115.876
授时	1281	398.880	779.929	378.092	583.903	115.876
晓庵新法	1628	398.880	779.929	378.092	583.903	115.876
今测值	—	398.884	779.937	378.092	583.922	115.878

## 七、历代对五星动态的研究

对五星在一个会合周期内的动态研究,在我国有着十分悠久的历史。在战国时期的甘德与石申的时代,行星动态的研究是同行星的会合周期的研究一起进行的,据《开元占经》卷二十三所载:

“甘氏曰:岁星凡十二岁而周。皆三百七十日而夕入于西方,三十日复晨出于东方。”

即已把木星在一个会合周期内见、伏的日数分别叙述。对金星和水星则分别给出一个会合周期内顺行、逆行和伏的日数。他们的叙述和所给的数据,虽然都是十分粗略的,但是他们的工作却不能不说是行星动态研究的雏形。在西汉初年的《淮南子》、《史记》等书中,我们还可以看到这一类的研究仍在继续着。

长沙马王堆出土的帛书《五星占》,为我们提供了秦汉之际人们对五星认识的宝贵资料。它给出了从秦始皇元年(公元前246年)到汉文帝三年(公元前177年)这七十年间,木星、土星和金星的位置表和这三颗行星在一个会合周期内的动态。它向我们表明,此时人

们已经把对行星在一个会合周期内动态的研究同行星位置的推算工作有机地联系起来,已经超越了甘、石时代的理论上的一般讨论,进入到了具体的与实际年月相联系的实用阶段。这种努力正是在后代得到充分发展的五星位置推算工作的先声。《五星占》中关于金星动态的叙述最为详细,今引述如下:

“秦始皇帝元年正月,太白出东方,(日)行百廿分,(百日;行益疾,日行一度,百六十日);行有(益)疾,日行一度百八十七分以从日,六十四日而复遯日,晨入东方,凡二百廿四日,浸行百廿日;夕出西方。太白出西方(始日行一度百八十七分,白日),行益徐,日行一度以待之,六十日,(行)有益徐,日行廿廿分,六十四日而入西方,凡二百廿四日。伏十六日九十六分。(太白一复)为日五(百八十四日九十六分日,凡出入东西各五,复)与营室晨出东方,为八岁。”<sup>①</sup>

它不但井然有序地把金星在一个会合周期内的动态分为:晨出东方—顺行—伏—夕出西方—顺行—伏—晨出东方几个大的阶段,而且对第一次顺行给出了先缓后疾两个不同的速率,对第二次顺行更给出先疾,“益徐”和“有益徐”三个各异的速率。从金星在一个会合周期内动态的大的轮廓来看,这些描述都是合乎事实的。我们认为《五星占》中的行星位置表,实际上是以秦始皇元年的实测为基础,再依上述动态表而排列出来的<sup>②</sup>。(经研究,该位置表至少在秦始皇元年至八年之间是完全符合天象的,所以可以反过来证明这一动态表是有一定的科学根据的。)

西汉末年的三统历中,关于五星在一个会合周期里的动态(三统历称之为“五步”)的研究,是在前人大量工作的基础上发展起来的。三统历中的“五步”标志着人们对五星动态的认识达到了一个新的阶段。

据《汉书》所载,三统历中的“五步”可列表如下:

表 7-2

第一, 内行星

动 态	水 星	金 星
晨 始 见	去 日 半 次	去 日 半 次
逆 行 { 日行 日数	2 度 1 日	$\frac{1}{2}$ 度 6 日
留 (日数)	2 日	8 日
顺(慢)行 { 日行 日数	$\frac{6}{7}$ 度 7 日	$\frac{33}{46}$ 度 46 日
顺(疾)行 { 日行 日数	$1\frac{1}{3}$ 度 18 日	$1\frac{15}{92}$ 度 184 日

① 马王堆汉墓帛书《五星占》释文,《中国天文学史文集》,1978年科学出版社出版,此次发表时文字又略有校订。

② 参看席泽宗:中国天文史上的一个重要发现,《中国天文学史文集》,1978年科学出版社出版。

续表

动 态	水 星	金 星
伏 { 日行 日数	$1\frac{7}{9}$ 度 37 $\frac{122029605}{134082297}$ 日	83日
夕 始 见	去 日 半 次	去 日 半 次
顺(疾)行 { 日行 日数	$1\frac{1}{3}$ 度 16 $\frac{1}{2}$ 日	$1\frac{15}{92}$ 度 181 $\frac{45}{107}$ 日
顺(慢)行 { 日行 日数	$\frac{6}{7}$ 度 7 日	$\frac{33}{46}$ 度 46日
留 (日数)	$1\frac{1}{2}$ 日	$7\frac{62}{107}$ 日
逆 行 { 日行 日数	2度 1 日	$\frac{1}{2}$ 度 6 日
伏 逆 行 { 日行 日数	$\frac{4}{15}$ 度 24日	$\frac{7}{8}$ 度 16 $\frac{1295352}{9977337}$ 日
一 复	115 $\frac{122029605}{134082297}$ 日	584 $\frac{1295352}{9977337}$ 日

表 7-3

## 第二. 外 行 星

动 态	火 星	木 星	土 星
晨 始 见	去 日 半 次	去 日 半 次	去 日 半 次
顺 行 { 日行 日数	$\frac{53}{92}$ 度 276日	$\frac{2}{11}$ 度 121日	$\frac{1}{15}$ 度 87日
留 (日数)	10日	25日	34日
逆 行 { 日行 日数	$\frac{17}{62}$ 度 62日	$\frac{1}{7}$ 度 84日	$\frac{5}{81}$ 度 101日
留 (日数)	10日	$24\frac{3}{7308711}$ 日	$33\frac{862455}{19275975}$ 日
顺 行 { 日行 日数	$\frac{53}{92}$ 度 276日	$\frac{2}{11}$ 度 111 $\frac{1828368}{7308711}$ 日	$\frac{1}{15}$ 度 85日
伏 行 { 日行 日数	$\frac{73}{92}$ 度 146 $\frac{15689700}{29867373}$ 日	$\frac{1}{12}$ 度 33 $\frac{5163102}{7308711}$ 日	$\frac{3}{15}$ 度 37 $\frac{17170170}{19275975}$ 日
一 见	780 $\frac{15689700}{29867373}$ 日	398 $\frac{5163102}{7308711}$ 日	377 $\frac{18032525}{19275975}$ 日



以上两表显然不同的地方是内行星有“晨始见”和“夕始见”，而外行星只有“晨始见”。这是因为外行星在一个会合周期内，只有一次(上)合日。由于它的线速度比太阳的小，合日以后出现在太阳的西面，成为“晨始见”。内行星在一个会合周期内，两次与日相会。一次叫上合，一次叫下合。由于内行星的线速度比太阳的大，所以在上合以后它出现在太阳的东方，成为“夕始见”；在下合以后出现在太阳的西方，成为“晨始见”。三统历并把外行星的会合周期叫做“见”(一次始见)，内行星的叫做“复”(两次始见)。这说明汉代已注意到了内行星与外行星的区别。

每个会合周期的行星动态，严格说来都是不一样的。因为不但摄动使得每个周期不能重复，而且只要行星的轨道与黄道有交角以及行星的轨道不是圆形的，每个周期就不能完全一样。但当对五星位置的精确度要求不高时，摄动可以略去不计，如果再粗糙些，把轨道倾角和偏心率也略去，那末，我们可以推出一组类同于上面两表所示的五星动态表；仅由内行星从晨始见到夕始见的日数和从夕始见到晨始见的日数之比是九比七这一事实来看，也说明三统历的“五步”是基本上合乎事实的。可见汉代的五星步法是建立在一定的观测基础上的。这里还要顺便指出的是：表中表示日的奇零部分的分数，弄得那样繁杂，完全是为了凑合观测所得的数据，这是刘歆在编纂三统历时，采用了一套唯心主义的神秘数据所招致的自欺欺人的结果。

三统历中推算给定时日里行星位置的方法叫做“纪术”。它的计算方法是：首先由行星历元和行星会合周期算出给定时日附近的始见日( $\alpha$ )和相应的行星的位置( $A$ ) (以太阳为定标点，按赤道度数计算)，其次求出给定时日( $\beta$ )同( $\alpha$ )之间的时间间隔( $\alpha - \beta$ )，再由行星在一个会合周期内的动态表查出行星在( $\alpha - \beta$ )时间内运行的赤道度数( $B$ )，这样就得到了所求时日的行星位置( $A + B$ )。

三统历中的这一套五星位置推算的方法，一直继续到隋朝都没有什么大的变更，只是(1)从东汉四分历开始，行星运动的度数改用黄道度数计算；(2)何承天的元嘉历中，对五星断取近距，各立上元，叫做后元。除此以外，各个历法中所不同的只是行星历元、会合周期的变动以及动态表细节在数据上的某些更动。

由于对行星观测精度的提高和数学知识的进步，使隋代对行星动态表的改进不但有了必要而且有了可能。这一改进表现在大业历中。当时的观测已经表明：木星第一次顺行的速率有日益减缓的趋势，而第二次顺行的速率有日趋增快的倾向。于是原来的动态表中，对木星两次顺行用简单的日行平均度的方法，就不能真实反映其运行情况，大业历则应用了等差级数的方法来解决存在的问题，从而提高了木星动态表的准确度。大业历中金星的动态表也采用了这一方法。

大业历中木星的动态表是：

“木初见，顺，日行万六百一十八分，日益迟六十分，一百一十四日行十九度万三千八百三十二分，而留。二十六日，乃退，日六千一百一分，八十四日退十二度八百四分。又留二十五日三万七千六百一十二分，小分四。乃顺。初日行三千八百三十七分，日益疾六十分，百一十四日行十九度万三千七百一十八分而伏。”<sup>①</sup>

其中两次应用了等差级数求和的公式。

<sup>①</sup> 《隋书·律历志中》。

$$S = n\left(a - \frac{(n-1)d}{2}\right)$$

式中  $S$  为和,  $n$  为日数,  $a$  为首项(初行率),  $d$  为差数。

第一次:

$$S_1 = 114 \times \left(10618 + \frac{(114-1)(-60)}{2}\right) = 823992,$$

在这里分母为42640(度法), 故木星 114 日行:

$$\frac{823992}{42640} = 19 \frac{13832}{42640} \text{ 度}$$

第二次:

$$S_2 = 114 \times \left[3837 + \frac{(114-1)}{2} \times 60\right] = 823878,$$

$$\frac{823878}{42640} = 19 \frac{13718}{42640}$$

值得注意的是: (1)  $S_1$  和  $S_2$  几乎完全一样, 只是相差一百一十四分, 平均每日相差一分

$$(823992 - 823878 = 114, 114 \div 114 = 1)。$$

事实上, 整个运动状态差不多是以退行的中点(冲)为中心而呈对称态。(2)和以往不同, 动态里没有列出伏的日数。这两个特点适用于大业历中的其它各个行星, 对于大业历以后的许多历法中的行星动态表也适用。

大业历所首创的利用等差级数提高行星动态表的精度的方法, 在后代得到了进一步的发展。如唐大衍历在行星动态表后, 条理分明地计算了一系列利用等差级数来计算行星动态的方法。其中引人注意的一个是: 已知所行度数, 反求所行日数的方法。原文引录如下:

“置所求行度(即  $S$ ), 八之, 如(除)每日差( $d$ )而一, 为积; 倍初日行分( $a$ ), 以每日差加减之(益迟者加之, 益疾者减之), 如(除)每日差而一, 为率 $\left(\frac{2a-d}{d}\right)$ ; 令自乘, 以积加减之(益迟者以积减之, 益疾者以积加加之); 开方除之; 所得以率加减之(益迟者以率加之, 益疾者以率减之); 乃半之, 得所求日数。”<sup>①</sup>

若每日差  $d$  本身包含有正负号(益迟者负, 益疾者正), 那末根据这段话可以列出下式:

$$\text{日数 } n = \frac{1}{2} \left[ \sqrt{\left(\frac{2a-d}{d}\right)^2 \pm \frac{8S}{d} \mp \frac{2a-d}{d}} \right]$$

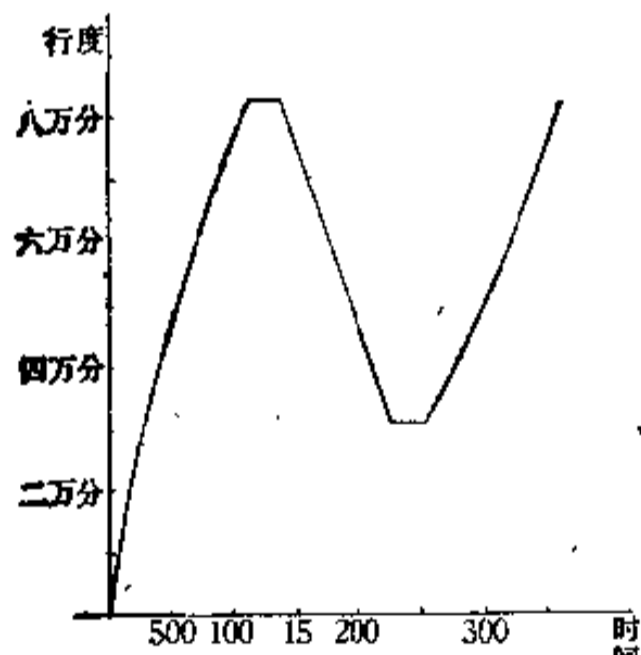


图 7-4 大业历木星行度示意图

① 《新唐书·历志四下》。

实际上该式即二次方程

$$n^2 + \left( \frac{2a-d}{d} \right) n - \frac{2S}{d} = 0$$

中,  $n$  的正根。在处理行星运动中应用二次方程, 这是头一次。

自大业历以后的五星动态表里还存在一个十分明显的弱点: 即五星由行而留或自留而行之速率的跳跃性的突然变化, 是不符合五星运动的真实情况的, 五代钦天历(967年)的作者王朴在《奏议》中指出的就是这个问题:

“星之行也, 近日而疾, 远日而迟; 去日极远, 势尽而留。自古诸历分段失实, 隆降无准, 今日行分尚多, 次日便留, 自留而退, 唯用平行, 仍以入段行度为入历之数, 皆非本理, 遂至乖戾。今校定逐日行分, 积逐日行分以为变段, 于是自疾渐而迟, 势尽而留; 自留而行, 亦积微而后多。别立诸段变历, 以推变差, 俾诸段变差际会相合, 星之迟疾可得而知之矣。”<sup>①</sup>

王朴依据实际的观测, 改正了过去行星动态表中的这一弱点, 使五星的动态表更符合实际的情况。宋代至明末以前, 关于五星动态表的研究, 虽然没有什么重大的进展, 但对具体的计算技术还是作了一些改进。如宋代崇天历的行星动态表中, 出现了“限度”和“初行率”两个新项目, 就是为更便于计算五星的位置而增设的。

自战国以来, 人们世代进行了大量的工作, 使人们对五星在一个会合周期内动态的定量认识一天天深化, 这种认识的进步, 首先是生产力发展的产物, 同时又是人们长期观测实践的结果, 没有由生产力的发展所导致的科学技术的进步和日趋完善的天文仪器的制作, 没有长年累月的观测资料的积累, 这种认识的进步是不可想象的。当我们简要地叙述历代对五星动态研究的发展情况之后, 我们只能得出这样的结论。

## 八、行星和太阳视运动不均匀性的发现和对五星位置推算的进步

我们已提到过南北朝时期北齐天文学家张子信的重大发现。他勤勤恳恳地“专以浑仪测候日月五星差变之数”达三十多年之久, 从而得到“日月交道有表里迟疾, 五星见伏有感召向背”<sup>②</sup>的重要结论。这些发现不但导致了历法中由平朔到定朔, 由平气到定气的改革, 导致了日、月食推算精确度的提高, 而且导致了我国古代五星位置推算工作的进步。张子信的太阳和五星视运动不均匀性的发现, 对后世天文学的发展发生了深刻的影响, 在中国古代天文学史上写下了光辉的一页。

张子信的重大发现经过张孟宾, 刘孝孙; 被张胄玄、刘焯等人所继承和发展。从此人们对五星运动规律的认识产生了一大飞跃。

从表 7-1 可知, 皇极、大业、戊寅三种历, 五星会合周期的精确度达到了历史上的高峰。我们已经指出, 这样的准确度是令人惊叹的。这三种历法所给出的五星会合周期的数值, 是与张子信的工作分不开的。

我们知道, 所谓太阳和五星视运动的不均匀性, 是因为地球运行的轨道和五星运动的

① 《旧五代史·历志》。

② 《隋书·天文志中》。

轨道都不是圆形而是椭圆所引起的。在上一节中,我们所讨论的五星在一个会合周期内的动态表,实际上是在把地球和五星运行的轨道视作圆形的情况下得到的。所以在发现了太阳和五星视运动的不均匀性之后,要求在五星动态表的基础上,加上必要的改正值,以使五星位置的推算更符合观测结果的尝试便应运而生。古人虽然并不知道这些工作的真正物理意义,但是他们凭借大量的观测资料,在五星动态表的基础上,给出了日益准确的经验改正值,使五星位置的推算工作前进了一大步。在张胄玄的大业历中,是把行星按匀速运动计算出来的始见日,叫做平见日,然后加上由于行星非匀速运动所产生的改正值,得到定见日。求得定见日后,再从这个日子太阳所在的黄道度数加减行星初见时的去日度数(晨减夕加),即得行星初见时的黄道度数。往后任意时刻的行星位置,可用定见日的位置为起点,借助行星在一个会合周期里的动态表求出。

由平见日求定见日的改正值,在大业历中对各行星是按时节给出的。以木星为例,据《隋书·律历志》所载:

“木平见在春分前者,以三千三百四十乘去大寒后十日数,以加平见分,满法去之,以为定见日及分。立秋后者以四千二百乘去寒露日,加之,满同前。春分至清明均加四日,后至立夏五日,以后至芒种加六日,均至立秋。小雪前者以七千四百乘去寒露日数,以减平见日分;冬至后者,以八千三百乘去大寒后十日数,以减之。小雪至冬至均减八日,为定见日数”。

我们以改正日及分为纵座标,以二十四节气为横座标,按术意即可得图 7-5,这个折线图有点象正弦曲线,它的意义可以阐述如下:

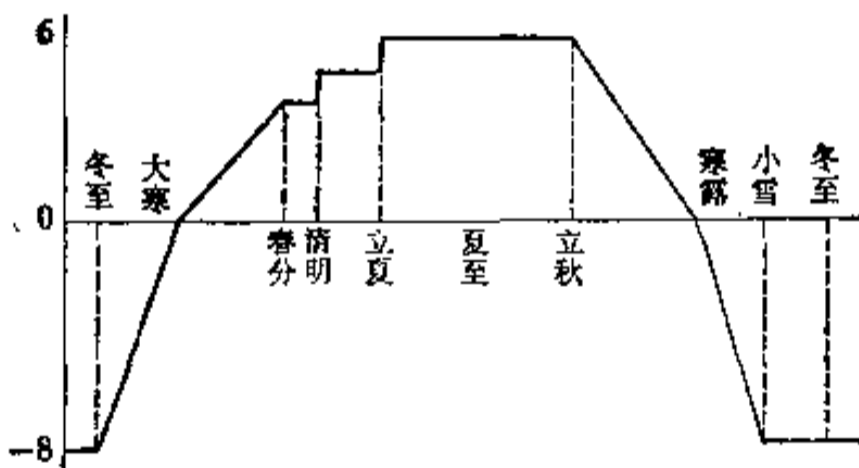


图 7-5 大业历中木星不均匀运动的改正值

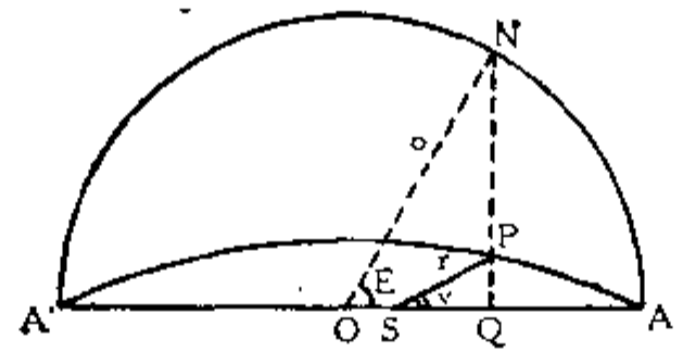


图 7-6 真近点角和偏近点角的关系示意图

图 7-6 是真近点角与偏近点角关系的示意图。我们知道,真近点角与偏近点角之间的关系,可用下式表示:

$$r \sin v = a \sqrt{1 - e^2} \sin E$$

其中  $v$  为真近点角,  $E$  为偏近点角,两者之间的关系同正弦函数相关。换一句话说,椭圆运动对于圆运动的改正,应与正弦曲线相关。所以,图所示的大业历中木星不均匀运动改正值的折线图是有科学意义的。还有,由上式可知,当行星在近日点和远日点时,  $v=0^\circ$  和  $180^\circ$ ,  $\sin E=0$  则偏近点角和真近点角相等,即改正值为 0。大业历取木星的近日点在大寒后十日,其黄经约为  $310^\circ$ ,远日点在寒露,黄经为  $195^\circ$ 。而大业历的制成年代(597年)木星近日点和远日点应分别为黄经  $362^\circ$  和  $172^\circ$ (已知1950年木星近日点的黄经

13°31'02", 远日点的黄经 193°31'02", 按周年变化为 +0.97 求得), 两者相比较, 分别约差 42° 和 23°。误差虽然很大, 但是, 大业历确实在对行星的不均匀运动的改正的探索中迈出了可喜的一步。尽管这一工作还十分幼稚和粗糙, 但是只要沿着这一方向努力, 人们是可以取得好的成果的。在七十多年后的唐代麟德历中, 木星的近日点取在春分, 黄经为零度, 与实际 353°, 只差 7°; 远日点取在白露, 黄经为 166°, 与实际 173° 相差 8°<sup>①</sup>, 与大业历相比, 这一进步不能算不快。

在刘焯的皇极历 (604年) 中, 在推算五星位置时, 不但考虑到五星运动不均匀产生的改正值 ( $\Delta t$ ), 而且考虑到太阳视运动不均匀性引起的改正值 ( $f(x_0)$ ), 它把大业历的定见日改称为常见日 (= 平见日 +  $\Delta t$ ), 而把常见日 +  $f(x_0)$  叫做定见日。在皇极历中,  $f(x_0)$  叫做衰总, “先”加“后”减, 数值随节气而不同, 现将皇极历中考虑太阳视运动不均匀产生的改正值列表如下 (注意: 表中的数值必须用“转法”52 除过以后, 才是日及日分, 才能加减)<sup>②</sup>。

宗数 (节气)	衰总 $f(x_0)$	继衰 $\Delta^1$	$\Delta^2$	宗数 (节气)	衰总 $f(x_0)$	继衰 $\Delta^1$	$\Delta^2$
冬至	先端(0)		0	夏至	后端(0)		0
小寒	先(+28)	+28	-4	小暑	后(-)28	+28	-4
大寒	52	+24	-4	大暑	52	+24	-4
立春	72	+20	0	立秋	72	+20	0
雨水	92	+20	+4	处暑	92	+20	+4
惊蛰	116	+24	+4	白露	116	+24	+4
春分	144	+28	0	秋分	144	+28	0
清明	116	-28	+4	寒露	116	-28	+4
谷雨	92	-24	+4	霜降	92	-24	+4
立夏	72	-20	0	立冬	72	-20	0
小满	52	-20	-4	小雪	52	-20	-4
芒种	28	-24	-4	大雪	28	-24	-4
		-28				-28	

若常见日不逢节气, 刘焯的皇极历就用一种插入法来计算, 这个方法相当于利用牛顿内插公式的前三项, 即:

$$f(x_0 + nh) = f(x_0) + n\Delta^1 \frac{1}{2} + \frac{n(n-1)}{2!} \Delta^2,$$

① 见《新唐书·历志二》。

② 《隋书·律历志·下》。

不过必须注意到这里的函数表只能分段来应用,是极不完备的。

当我们最粗略地考察一下刘焯所给的这个表以后,我们就会发现刘焯所给的改正数  $f(x_0)$  与实际相去太远,依表所示,春分时日行最速但是当时地球约在冬至前十日过近日点,前后相差几乎是一百天!但是,如对大业历的批评一样,虽然这个作法误差很大,它的方向却是对头的,应该承认具有进步意义。

这项改正到唐一行等人所制的大衍历中,就有了很大的进步。大衍历给出日行最速的时候是在冬至<sup>①</sup>,这与当时地球过近日点的真正的时日已经相差只几天了。大衍历在计算五星位置的时候比以往历法进步之处还有:(1)把平见日、常见日、定见日分别改用平合日、常合日和定合日,即从以“始见”为周期的起点,改用“合”为周期的起点。(2)由平合日求常合日的改正数不再象大业历那样粗略,而用具有正弦函数性质的表格和含有三次差的内插法计算,虽然手续很繁杂,公式也不完全正确,然而较大业等历确实前进了一步。

在元代郭守敬和王恂等人的授时历中,所给出日行最速的时候——冬至,与地球过近日点的真正时日相密合。可见,授时历关于太阳视运动不均匀问题的研究又较以往有所进步。另外,授时历在求五星盈缩差时,除了过去的应用表格的老办法外,又提出了一个新的办法,即设  $x$  为所求日的入历度,将入历度按其数值大小分为四个象限,每象限为周天 365 度 25 分 75 秒的四分之一。四个象限分别称为:盈初限、盈末限、缩初限、缩末限。盈缩差以下列公式来计算:

$$f(x) = ax + bx^2 + cx^3$$

其中  $a$ 、 $b$ 、 $c$  分别叫做定差、平差、立差。在授时历中对于每个行星分别给出盈初、缩末和缩初、盈末四个象限的数值,例如,对于土星在盈初限和缩末限  $a = -1514.6100$ ,  $b = 4.1022$ ,  $c = 0.0283$ ; 在缩初限和盈末限  $a = -1101.7500$ ,  $b = 1.5126$ ,  $c = 0.0331$ , 这样就可求得所求日的盈缩差<sup>②</sup>, 以对五星位置进行改正。

总之,从隋代的大业、皇极历开始,在推算五星位置时,人们对于五星运动和太阳视运动不均匀性所产生的改正值的研究,不论在这些改正值基本数据的确定及具体计算方法的应用等方面,历代都是有所进步的,虽然它与我们今天所掌握的知识比较还有相当的距离,但是古人在这方面所作出的努力和所取得的成就都是值得充分肯定的。

## 九、回历中的五星位置计算

回历中的五星位置计算方法,是由希腊天文学中继承下来的,但也略有修改,现扼要述其方法如下:

在图7-7中,  $O$  为本轮中心,  $E$  为地心。设行星在远地点  $Z$  时,小轮中心在  $A$ ; 经  $t$  日后,当小轮中心旋转至  $B$  时行星在小轮周上转至  $P$ 。试求行星在  $t$  日内所运行的度数  $\angle AEP$ 。由图得:

$$\begin{aligned}\angle AEP &= \angle AEB + \angle BEP \\ &= \angle AOB - \angle OBE + \angle Z'EP\end{aligned}$$

① 《新唐书·历志三下》曰:“日南至,其行最急”。

② 《元史·历志四》。

其中  $\angle AOB = n't =$  小轮心度;  $n' =$  行星平均每日离开太阳的度数  $= n - n' =$  (行星的每日平均行度)  $-$  (太阳的每日平均行度), 由  $n'$  可得出行星的会合周期, 由  $n$  可求出行星的恒星周期。  $\angle OBE$  叫做第一加减差,  $\angle BEP$  叫做第二加减差, 在《七政推步》里, 第一加减差以小轮心度为引数, 第二加减差以自行定度  $\angle Z'BP$  为引数, 均已列表给出。  $\angle Z'BP = \angle ZBP + \angle OBE = nt + \angle OBE$ ,  $\angle ZBP$  叫做自行引度。

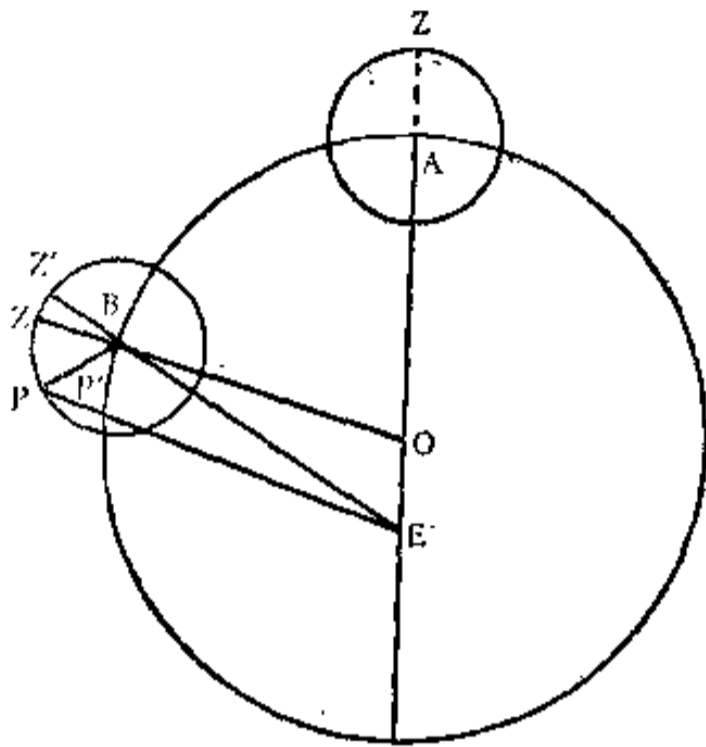


图 7-7 回历中的行星运行示意图

再论纬度, 当小轮心离交点  $90^\circ$  时, 小轮心的纬度(初纬)  $\beta'$  最大, 等于本轮和黄道的交角  $I$ , 小轮心在其它地方时的黄纬  $\beta'$  是其交点距离  $\lambda$  的函数, 以式示之为:

$$\sin \beta' = \frac{\sin \lambda}{\sin I}$$

对于内行星, 星的黄纬  $\beta_{内}$  为:

$$\sin \beta_{内} = \frac{r}{PE} \sin \beta'$$

对于外行星, 星的黄纬  $\beta_{外}$  为:

$$\sin \beta_{外} = \frac{BE}{PE} \sin \beta'$$

其中  $r$  是小轮半径, 为一常数;  $PE$  为行星离地心的距离, 是自行定度  $\angle Z'BP$  的函数。  $BE$  为小轮心离地心的距离, 是小轮心定度  $\angle AEB$  的函数。因此交点和远地点的距离是一定的,  $\beta'$  也是  $\angle AEB$  的函数。所以在《七政推步》里, 以小轮定度和自行定度为引数, 引出了各行星的“南北纬度”表, 用时查之即可。

回历中这种求行星经、纬度的方法, 现在看来是不合理的, 但考虑到行星离地球的距离, 并用三角函数这样详细地来求经、纬度, 在我国天文史上还是第一次, 而且对明末清初人们学习西方天文知识起了引线的作用, 这些都是应该肯定的。

## 第八章 宇宙理论的演进

把宇宙作为一个整体,讨论我们所居住的大地在其中所处的位置(即天和地的关系),讨论它的大型结构,讨论它的变化、发展,讨论它的有限、无限,这就叫做宇宙论。宇宙论是自然观的一个重要组成部分,它不但是天文学的研究对象,而且和哲学紧密相联系,历来是科学和宗教、唯物论和唯心论、辩证法和形而上学激烈斗争的场所,矛盾错综复杂,斗争此起彼伏,形成了一个波澜壮阔的场面。

### 一、对宇宙结构的认识

“敕勒川,阴山下。天似穹庐,笼盖四野。天苍苍,野茫茫,风吹草低见牛羊。”

这是南北朝时鲜卑族歌手斛律金(公元六世纪)创作的民歌(见《汉魏六朝民歌选》)。对于生活在茫茫草原上的牧民来说,“天似穹庐”的感觉很容易从直观得到,“盖天说”可能就是这样产生的。

盖天说在殷周之际可能已经出现了。《晋书·天文志》说:

“盖天之说,即周髀是也。其本庖牺氏立周天历度,其所传则周公受于殷商,周人志之,故曰周髀。”

这种把盖天说的建立和发展归到庖牺氏和周公等人身上,是唯心史观的表现,是错误的;但盖天说起源于殷末周初可能还是对的。我们认为盖天说本来只是人们对天和地的相对关系的一种朴素的想法,认为天在上,地在下,后来随着观测技术的改进和数学的发展,到了《周髀算经》(约公元前100年成书)达到了它的最高峰。然而我们从《晋书·天文志》中可以看到同时并列有两种盖天说:一种叫周髀家说,另一种即《周髀算经》中的盖天说。把这两种学说相比较之后可以看出,周髀家说比《周髀算经》中的理论较为粗糙。显然,周髀家说是较为原始的盖天说。今把两说的比较列出如下:

1. 形状:旧盖天说(即“周髀家说”,又名第一次盖天说)认为“天圆如张盖,地方如棋局。”新盖天说(即《周髀算经》中的理论,也叫第二次盖天说)认为“天象盖笠,地法覆盘。”

2. 天地关系:旧说认为:“天形南高而北下,极在天之中,而在人之北。”(图8-1)。新说认为:“天地各中高外下。北极之下为天地之中,其地最高而滂沲四隤”(图8-2)。

3. 运动理论:旧说主张“天旁转如推磨而左行;日、月右行,随天左转”犹如“蚁行磨石之上,磨左旋而蚁右去,磨疾而蚁迟,故不得不随磨以左回。”新说则认为太阳附着在天盖笠上而平转,一年四季所行轨道不同。

4. 对昼夜变化的解释:旧说认为“日朝出阳中,暮入阴中,阴气暗冥,故没不见也。”<sup>①</sup>新说认为:太阳光所能照的范围是有限的,其照射范围的半径只有十六万七千里。人所能看见的范围,也和太阳所照范围一样。“故日运处极北,北方日中,南方夜半;日在极东,东方日中,西方夜半;……昼夜易处,加时相反。”<sup>②</sup>

① 以上引文引自《晋书·天文志》。

② 引自《周髀算经》卷下,见钱宝琮校点《算经十书》。



6. 对四季变化的解释：旧说认为“夏时阳气多，阴气少，阳气光明与日同辉，故日出即见，无蔽之者，故夏日长；”而冬季则相反。新说则认为这是由于冬天和夏天太阳运行的轨道不同。

从以上的比较中可以看出，周髀家说比较简单、直观，还没有量的概念。从秦以前的文献中可以看出，这种说法早已存在，并且遭到人们的反对。例如，春秋时期单居离问孔子的徒弟曾参（公元前505—？）：“天圆而地方，诚有之乎？”曾参回答说：“如诚天圆而地方，则是四角之不揜（即掩）。”曾参虽已察觉到这个宇宙图景中的矛盾，但却遵循孔子提出的思想，他接着说：“夫子曰：天道曰圆，地道曰方。”（《大戴礼记·曾子·天圆》）这里值得注意的是，孔子加了一个“道”字。对于这个“道”字，《吕氏春秋》有个说法：天道圆是因为天变化多端，地道方是因为地上万物各有职司，不能互相混淆。（“皆有分职，不能相为”）。这个说法成为古代统治阶级制定上下尊卑关系的理论根据（“圣王法之所以立上下”）<sup>①</sup>。用孔子自己的话说就是：“天尊地卑，乾坤定矣；卑高以陈，贵贱位矣。”<sup>②</sup>这就是利用了古代人对宇宙的直观认识，来论证奴隶制社会结构是“上应天象”而永世不能变的。

和这种“天尊地卑”的形而上学思想相对立，邓析（约公元前546—501年）首先提出了“山渊平，天地比”<sup>③</sup>的思想。“山渊平”是说在一定条件下，高山可以变为深谷，沧海可以变为桑田，具有朴素的辩证法思想，同时也是为新兴地主阶级夺取政权制造舆论。“天地比”从政治上来说是对“天尊地卑”的批判；从科学上来说则是主张“天圆如弹丸，地如卵中黄”的浑天说的萌芽。如按盖天说，天在上，地在下，地是不能与天相比的。但在观测天象的时候，不难发觉，满天星斗，从西方没入地平线下，以后又从东方上升。星斗所附丽的天空，不但可以与地相平，而且可以低于地平线。所以名家的惠施（约公元前370—310年）更进一步提出：“天地一体”，“天与地卑”。

在《庄子·天下篇》中还列有惠施的另外两个命题：“南方无穷而有穷”和“我知天下之中央，燕之北、越之南是也。”对这两个命题，历来是从思辩的角度来解释的。例如，“南方无穷而有穷”可以这样解释：往南的方向可以无限地延伸，没有尽头，这是“南方无穷”。但是，“南方”这个方位又是唯一的；或者从古代测量的概念来考虑，“南方”所包含的方位角也是有限的，超出这个范围就不是南方了，这就是“南方有穷”。既有无穷的一面，又有有穷的一面，所以叫做“南方无穷而有穷”。照这样说，惠施的宇宙是个无限的宇宙。用无限宇宙的概念同样也可以解释“我知天下之中央，燕之北、越之南是也”的命题。因为一个无限大的天下是没有中央的。但是，也可以反过来说，任何一点都可以认为是中央，因而燕之北和越之南也都可以是中央。

但是，上述思辩的解释并不是唯一可能的。最近有人提出，把这两个命题和前述“天与地卑”等的命题结合起来，就可以看出惠施对于大地之为球形，已有了初步认识<sup>④</sup>。因为，球形的大地，体积是有限的。在地球一直向南走，看来会走到尽头：最南端，这就是有穷；可是实际上又可以越过南端而绕回来，因而又是无穷的。天下之中央，怎么能在燕之

① 《吕氏春秋·季春纪·圆道》。

② 《易·系辞上》。

③ 《荀子·不苟篇》。

④ 见郑文光、席泽宗：《中国历史上的宇宙理论》，第三章第二节，1975；和郑延祖：《中国古代的宇宙论》，《中国科学》，1978年第1期。

北、越之南呢？这是因为盖天说者认为北极之下为大地之中央，现在惠施认为地是球形的，那就应该南极之下的地也是中央。地有南北两级，和天一样，是个球形的。

当然，我们现在还缺乏其他的文献证据来旁证惠施确实是有地圆的思想。但是，说到这里，我们很自然地会想起《周髀算经》下卷所介绍的第二次盖天说。它认为天好象是一顶斗笠，大地就象是一只倒扣着的盘子，二者是完全相似的拱形。这个概念显然是在人们活动范围有很大扩展之后，对平面形的大地概念产生了怀疑和否定的情况下提出的。

平面的大地概念虽然被否定了，但是，第二次盖天说仍然不能解释天体的运动。日月星辰东升西落，在升上来之前它们在何处呆着？转入地平线后又到哪里去了？所有宇宙理论都必须明确回答这些问题。第二次盖天说是这样回答的：“日照四旁各十六万七千里，人所望见，远近宜如日所照。”“故日运行处极北，北方日中，南方夜半；日在极东，东方日中，西方夜半，……。”这就是说，太阳绕着北极星旋转，离我们时远时近，远了就以为它落下去了。

第二次盖天说中这套关于天体运行的理论，是经不起推敲的。例如，晋代的葛洪就提出质问，如果是太阳绕北极星旋转，离我们远了看不见，那么在日出、日落时应该呈“竖破镜之状”，为什么我们在高山上看日出、日落时，它是呈“横破镜之状”？又如，既然太阳绕到北极以北，我们就看不见了，为什么恒星绕到北极以北，我们又能看见<sup>①</sup>？这一系列的问题是第二次盖天说无法回答的，也使人们要进一步向前探索：不是距离太远使日月星辰看不见，而是曲拱的大地本身挡住了这些天体投射到地上的光线，这样就必然会导致到大地是个球形的概念。

天包着大地，天可以转到地下去，这是浑天说和盖天说的本质区别。浑天说的代表作《张衡浑仪注》里说：

“浑天如鸡子。天体圆如弹丸，地如鸡子中黄，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。周天三百六十五度又四分度之一；又中分之，则一百八十二度八分度之五覆地上，一百八十二度八分度之五绕地下，故二十八宿半见半隐。其两端谓之南北极，……两极相去一百八十二度半强。天转如车毂之运也，周旋无端，其形浑浑，故曰浑天。”<sup>②</sup>

这段话是浑天说的纲领，它有比盖天说进步的地方（承认大地是个球形，天也可以转到地下去），但是也还有缺陷。说“天地各乘气而立，载水而浮”，那末：附在天球内壁，随着天球绕地球团团转的日月星辰，当他们运行到地平线以下时，如何从水里通过？王充在《论衡·说日篇》里就提出：“天何得从水中行乎？甚不然也。”对于这个问题，有的浑天说者回答道：“天，阳物也，又出入水中，与龙相似，故以龙比也。圣人仰观俯察，审其如此。故晋卦坤下离上，以证日出于地也。又明夷之卦离下坤上，以证日入于地也，需卦乾下坎上，此亦天入水中之象也。天为金，金水相生之物也。天出入水中当有何损，而谓不可乎？”<sup>③</sup>这一套阴阳家的无稽之谈，当然说服不了追求真理的人们。其后，在元气本体论

① 参见《晋书·天文志》。

② 见《开元占经》卷一所引。过去人们均认为此文系张衡本人所作。最近陈久金提出，此文非张衡所作，而是公元三、四世纪的作品。其主要理由是，此文较三国时代的陆绩、王蕃的浑天说要复杂、进步。特别是此文中所提出的历法绝不是张衡时代所行的四分历，而是时代要晚。我们认为他的意见是值得注意的。他的研究论文发表在《上海科技出版社1978年出版的《科技史文集·天文学史专辑》中。

③ 《晋书·天文志》引葛洪的话。

的基础上,浑天说就改为地球浮于气中,典型的说法见于宋代张载的《正蒙·参两篇》:“地在气中。”

浑天说比起盖天说来,是一个巨大的进步。但是,在科学史上,常常会有要开倒车的人。迷信佛教的梁武帝萧衍(公元464—549年),于公元525年左右在长春殿纠集了一伙人,讨论宇宙理论,这批人加上萧衍本人,竟全部反对浑天说赞成盖天说。也是南北朝时,还有一个崔灵恩(公元五—六世纪),竟创浑盖合一论,想把浑天说和盖天说合成一个统一的学说。

但是,历史总是不断向前发展的。到了唐代,在浑天说中保存的盖天说的最后一个痕迹,也被清除了,那就是—行(张遂)和南宫说等人对“日影千里差一寸”的否定。在盖天说数量化的过程中,应用了两条几何定理(相似三角形的相当边成比例和直角三角形的勾股弦关系)和一条假设:用八尺长的高表在南北二地同时测量日影的长度则南去千里,影短一寸;北去千里,影长一寸。从这条假设出发,照《周髀算经》的说法,结合其他“观测”数据就可以推断出天离地八万里,观测者所在地周王城到天北极之下为十万三千里;冬至太阳周日运动轨道半径为二十三万八千里,等等。这些数字构成了盖天说宇宙的数学模型,但是,“日影千里差一寸”这条假设是错误的。然而在几百年中间人们都把它当作了真理。不但盖天说者如此,浑天说者张衡、王蕃、陆绩、葛洪、祖暅等也都用它来作为推理的出发点。一直到公元442年才发生动摇,而被彻底推翻则晚到公元724年。唐开元十二年(公元724年)在一行领导下,南宫说等人在河南平原上的滑县、浚仪(今开封)、扶沟、上蔡四个地方不但测量了当地夏至时的日影长度和北极高度,而且用绳子在地面上量了这四个地方的距离。结果发现,从滑县到上蔡的距离是526.9里,但日影已差2.1寸,这就用事实推翻了“日影千里差一寸”的传统假设。然而他们的贡献还不止于此。一行又把南宫说和其他人在别的地方观测结果相比较,结果发现:影差和南北距离的关系根本不是常数。于是改用北极高度(实际上即地理纬度)的差来计算,他得出:地上南北相差351.27里,北极高度相差一度。这个数值虽然误差很大<sup>①</sup>,但却是世界上第一次的子午线实测<sup>②</sup>。更主要的是一行从这里得出了一个结论,即:在很小的有限空间范围条件下探索出来的正确的科学理论,如果不加分析地、任意地向很大的、甚至无限的空间条件下去外推,那就会得出错误的结论。他说:“古人所以恃勾股之求,谓其有征于近事。故未知目视不能远,浸成微分之差,其差不已,遂与术错”。(《旧唐书·天文志》)这段话含有很深刻的认识论的意义,它对于我们今天研究客观无限宇宙,有着现实意义。现在国际科学界议论颇多的宇宙有限论,在我们看来,这是把小范围内的相对真理任意外推至无限宇宙中去,以致产生了根本性的、认识论上的错误。

在我国历史上,经过这番子午线测量,推翻了那时的“宇宙学原理”,以后随意地议论天的大小的言论收敛多了,浑天说完全取代了盖天说,一直到哥白尼学说传入我国以前,成了我国关于宇宙结构的权威学说。

<sup>①</sup> 根据伊世同考证,唐天文尺一尺等于24.525厘米。由此,把一行的数据化成现今通用的单位是子午线1°长129.2公里,而近代的测量值是1°长111.2公里。一行的误差达13.9%。

<sup>②</sup> 早在公元前三世纪和公元前一世纪,就有两位希腊天文学家埃拉托色尼和波悉多尼先后估测过子午线1°的长。但是他们只测定了两地的纬度差,而没有实际测量两地的距离。埃拉托色尼的误差虽不大,却是属于巧合。波悉多尼的误差则也很大。国外第一次进行了实际测量的是阿拉伯天文学家阿尔·花剌子模等在幼发拉底河以北的平原上所做的,他们的结果是1°长约111.815公里,误差相当小。

现将浑天说和第二次盖天说的异同对比如下：

	第二次盖天说	浑天说
形 状	天象盖笠，地法覆盘。	天圆如弹丸，地如卵中黄。
天 地 关 系	天地各中高外下，北极之下为天地之中，其地最高，旁临四海。	天大地小，天之包地，犹壳之裹黄，天地各乘气而立，载水而浮。
运 动	日附着于天盖笠面平转，行七衡，不能转到地的下面。	日与五星行黄道，月行九道（即白道），能转到地的下面。
仪 器	圭表	浑仪
形 象 图	盖图	浑象和浑天象
坐 标 系	地平坐标	赤道坐标

## 二、宇宙无限性的论证

盖天说和浑天说对于它们所讨论的硬壳的外面，是否还有空间存在，对它是否可以认识，都是犹豫其词的。例如，盖天说的代表作《周髀算经·卷上》说：“过此而往者，未之或知。或知者，或疑其可知，或疑其难知”。著名的浑天学者张衡在《灵宪》里说：“过此而往者，未之或知也。未之或知者，宇宙之谓也。宇之表无极，宙之端无穷”。但与浑天说同时发展的宣夜说，却鲜明地主张宇宙是无限的。据《晋书·天文志》：

“宣夜之书亡。惟汉秘书郎邰萌记先师相传云，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。”

这段话字数不多，内容却十分精彩。它否定了固体的“天球”，这在人类认识宇宙的历史上，是一件很重要的事情。自古以来都认为天是一个带有硬壳的东西，女娲补天的神话就是这种思想的反映，希腊亚里斯多德-托勒密体系，也是一个缀附着恒星的天球作为宇宙的范围。哥白尼的革命，取消了地球在宇宙中心的位置，却仍然保留着一个硬壳，作为宇宙的范围。而宣夜说则否定了有形质的天，天色苍苍，是因为它“高远无极”，犹如远山色青、深谷色黑，而青与黑都不过是表象，透过现象看本质，并不是真的有一个有形体有颜色的天壳。这样，天的界限被打破了，一切人为规定的宇宙半径都被否定，在我们面前展开的是无限的宇宙空间。在这无限的空间中，漂浮着日月星辰，它们依靠着“气”在运动，各有其规律，需要分别研究，不能笼统地认为是象磨盘或车轮一样旋转！

这是多么进步的一幅宇宙图景，但却没有受到应有的重视。浑天家蔡邕说：“宣夜之学，绝无师法。”然而是不是绝对地一点师承关系也找不到了呢？也不然。经过我们仔细考察，宣夜说在进步哲学家中间是源远流长的。

远在战国时期，尸佼，就给宇宙下了一个科学的定义：“四方上下曰宇，往古来今曰宙”。差不多和尸佼同时的后期墨家著作《墨经》中也说：“宇，弥异所也”。“久(宙)弥”

异时也”。即宇是包括一切空间，宙是包括一切时间。时间和空间如何统一？《墨经》也有精辟的论述：

“宇或(域)徙，说在长字久。”《经说》的解释是：“长宇，徙而有(又)处，宇南宇北，在旦有(又)在莫(暮)：宇徙久。”

这段话大意是说，事物的运动(徙)必定经历一定的空间和时间(“长字久”)，由此时此地到彼时彼地，例如由南到北，由旦到暮，时间的流逝和空间的变迁是紧密地结合在一起的，即所谓“宇徙久”。这里说得很清楚，时间和空间统一于物质运动之中。这几段话虽然只是描述机械运动中的现象，还没有真正把握运动的本质，但它却朴素地反映了时间、空间和物质运动的统一性，具有很高的水平，是以后无限宇宙观念发展的一个起点。

宇宙不但在大的方面是无限的，在小的方面也是无限的，惠施说：“至大无外，谓之大一；至小无内，谓之小一”<sup>①</sup>。“大一”可以理解为无限大，小一可以理解为无限小。惠施不但把握了无限大的概念，也把握了它的对立面无限小的概念，具有一定的辩证法思想。

在汉代，属于宇宙无限论阵营的有黄宪和王充。黄宪反对日月星辰附丽于天的说法，认为天的范围远在日月星辰的运行轨道之外，而我们观察天宇，所及之处只是日月星辰的活动范围，日月星辰之外的“太虚”是无限的。这是朴素的无限和有限统一的辩证思想。在任何时候，我们所观测到的范围是有限的。而观测所达不到的宇宙空间，却是无限的。

王充也提出过一个独特的宇宙模型，认为天和地是两个无限大的平面，因而天地当中的空间也是无限的。他指出，天看起来呈穹窿状，只是人眼的错觉：“人目所望不过十里，天地合矣，实非合也，远使然耳”<sup>②</sup>，而实际上“天去人高远，其气茫苍无端末”<sup>③</sup>。

以上说的是郗萌提出宣夜说以前的情况。在郗萌以后，东晋虞喜(公元281—356年)在宣夜说的基础上，提出安天论，以为天高穷于无穷，地深测于不测，天在上，地在下。天地都不动，日、月众星各自自由运动。和他同时代的浑天家葛洪反驳他说：“苟辰宿(天体)不丽于天，天为无用，便可言无，何必复云有之而不动乎”<sup>④</sup>。葛洪的话是完全站不住脚的。第一，他用的方法是实用主义的：对于人没有用的便是无。这正是唯心主义者认识事物的方法。第二，他混淆了两种不同的概念：宣夜说和安天论的“天”是无穷无尽的宇宙空间，而他所说的“天”是浑天说者所主张的“蛋壳”，拿两种不同范畴的天来进行辩论，正是无的放矢。但是《晋书·天文志》的作者李淳风却肯定说：“稚川(即葛洪)可谓知言之选也。”从这里可以看出《晋书·天文志》对待宣夜说是持否定态度的。

“安天”这个名词是有针对性的。宣夜说产生以后，有不少人认为，天如果没有一层硬壳，日月众星只是在气中飘浮，那就难免要掉下来。唐代诗人李白的诗句“杞国无事忧天倾”正是指的这件事。据东晋时《列子》的描述：

“杞国有人忧天地崩坠，身无所寄，废寝食者。又有忧彼之所忧者。因往晓之曰：‘天积气耳，无处无气，若屈伸呼吸，终日在天中行止，奈何忧崩坠乎？’其人曰：‘天果积气，日月星宿不当坠乎？’晓之者曰：‘日月星宿亦积气中之有光耀者，只使坠，亦不能有所中伤’”<sup>⑤</sup>。

① 见《庄子·天下篇》。

② 见《晋书·天文志》。

③ 《论衡·变动篇》。

④ 《晋书·天文志》。

⑤ 《列子·天瑞篇》。

《列子》中的这一段话虽是寓言，但认为“天”是“积气”，不但虚空充满气，日月星辰也是气，只不过是发光的气，这却是颇有见解的，这可以说是宣夜说的进一步发展。

《天瑞篇》中还进一步讨论了固体的地球会不会消灭的问题。有一种议论是：“忧其坏者，诚为太远；言其不坏者，亦为未是”。这样，它既批判了杞人的忧天，又肯定了天体和大地物质性，它们也都遵从物质世界的客观规律——既有生成之日，也有毁坏之时，不过天体和地球所经历的时间尺度非常之大，不必担忧罢了。

必须指出的是，《列子》一书的作者是个唯心主义者。因此，他对上述种种积极的观点都加以否定。当然，他无法根据事实和科学。而是只好用一句不可知论的遁辞把那些积极观点抹煞掉（“坏与不坏，吾所不能知也”，“吾何容心哉”）。然而，和唯心主义者的愿望相反，现代科学的进步证明了上述种种积极观点是有其客观根据的；而《列子》作者软弱无力的遁辞却成为唯心主义必定要破产的有力明证。

到了唐代，拥护宣夜说的人更多，其中以柳宗元（公元773—819年）贡献最大。他在《天对》一文中提出了宇宙既没有中心也没有边界（“无中无穷，鸟际乎天则”）的光辉思想，又在《非国语》一书中朴素地揭示了：在无限宇宙中聚集或扩散，吸引或排斥是物质运动的形式（“天地之无倪，阴阳之无穷，以涵洞缪糅乎其中，或合或离，或吸或吹，如轮如机”）。正如恩格斯所指出的“一切运动的基本形式都是接近和分离、收缩和膨胀，——一句话，是吸引和排斥这一古老的两极对立”<sup>①</sup>。

宋代的张载（1020—1077）又进一步认为，宇宙空间里充满了气体，运动又是这些气体的内在属性，运动的形式是聚集和扩散。因此，气不仅是生成万物的原始物质，而且还和具有形体的万物同时存在，一面生成，一面还原。他说：“太虚不能无气，气不能不聚而为万物，万物不能不散入太虚，循是出入，是皆不得已而然也”<sup>②</sup>。在这里，张载既肯定了空间和物质具有不可分割的联系（“太虚不能无气”），又论证了宇宙在时间上的无限性，“气不能不聚而为万物，万物不能不散入太虚”，如是循环往复，以至无穷。

元代号称三教外人（不信儒家、道家、佛家）的无神论者邓牧（公元1247—1306年）又提出了无限宇宙的类比：“天地大也，其在虚空中不过一粟耳，虚空，木也；天地犹果也。虚空，国也；天地犹人也。一木所生，必非一果，一国所生，必非一人。谓天地之外无复天地，岂通论耶”<sup>③</sup>。天地之外还有天地，这是何等可贵的辩证思想。现代天文学的发展使我们的眼界从太阳系一直扩展到河外星系，星系团，至总星系，而且随着观测仪器的发展必将扩展至更为辽阔的范围，但始终不可能穷尽宇宙。无论从哪一级天体系统来说，都是有限的；从宇宙整体来说，则是无限的。这种无限和有限对立统一的思想在我国古代朴素的宇宙无限论中有着可贵的萌芽。

当然，这个萌芽的成长，并不是一帆风顺的，而是经过斗争的。唯心论者如何阻挠宇宙无限论的发展，因限于篇幅，这里不能多讲，只举一两个例子看看。一是汉代的杨雄，把宇宙的定义篡改为“闾天谓之宇，辟宇谓之宙”<sup>④</sup>，在这里，宇也是指空间，但这空间是以“闾天”为范围的，即硬壳之内的空间；宙也是指时间，但这时间是以开天辟地为起点的。这是一种其空间和时间都有限的宇宙概念。杨雄的这么一改，就和《墨经》、《尸子》的原来

① 恩格斯：《自然辩证法》。

② 《张子正蒙·太和篇》。

③ 《伯牙琴·超然观记》。

④ 《太玄经·玄摛》。

定义完全相反了。

另一个是宋代的唯心主义思想家陆九渊，他走得更远。他说：“四方上下曰宇，往古来今曰宙。宇宙便是吾心，吾心即是宇宙”<sup>①</sup>。无限空间和无限时间的宇宙竟然成了这位理学大师的“心”，这正是孟轲的“万物皆备于我”的翻版。

### 三、天地的起源和演化

天地是变，还是不变？以及怎样变？这是辩证法和形而上学，唯物论和唯心论斗争的一个焦点。汉代的董仲舒提出“天不变，道亦不变”“夫古之天下，亦今之天下；今之天下，亦古之天下”的宇宙不变论。东汉末年张角领导的黄巾起义，就提出“苍天已死，黄天当立”的响亮口号，对他当头一棒。宋代的司马光说：“天地不易也，日月无变也，万物如若也”，王安石则针锋相对地提出“天文之变无穷，人事之变无已”，“尚变者，天道也”，“新故相除”乃宇宙间的普遍规律。由于历史上大大小小的农民起义和农民战争，每一次都在不同程度上冲击着天命观，再加上一些进步思想家们的努力，因此，在我国“天不变”的形而上学思想其统治地位一直是很不牢固的。相反，天体演化的观念，却产生得很早。现存世界是通过长时间的历史过程发展而来的，这思想在遥远的古代，似乎就是不言而喻的。当然，这决不是说，天体演化理论在我国的发展，就没有经历过什么严重的斗争。在其发展过程中，除了和主张“天不变”的形而上学思想斗争以外，还要和神创论、虚无创生论、循环论等形形色色的唯心主义作斗争。

就拿盘古开天辟地这个神话故事来说，也存在着唯物论和唯心论的斗争。一种说法是：“天地浑沌如鸡子，盘古生其中。万八千岁，天地开辟，阳清为天，阴浊为地，盘古在其中，一日九变。神于天，圣于地。天日高一丈，地日厚一丈，盘古日长一丈。如此万八千岁，天数极高，地数极深，盘古极长，故天去地九万里”<sup>②</sup>。这段神话虽然有点象今天的宇宙膨胀论，而且其中也有一个“顶天立地”的巨人盘古氏，但是并不是他“开天辟地”，天地开辟完全依靠自然本身的力量，甚至盘古本人也是自然的产物。单就开辟的动力来说，这里没有神创论的因素，是朴素唯物主义的。但是就是这个故事，也还有另一种说法，即：盘古手执板斧，开天辟地，并且说这个开天辟地的“盘古真人”后来和“太玄玉女”结婚，生了“天皇”和“九光玄女”。这样一来，就完全成了道士们的唯心主义的胡言乱语了。由此可见，从神话传说开始，就存在着唯物论和唯心论的斗争。

随着认识的进步，科学水平的提高，开天辟地的神话仅仅具有艺术价值而不再有科学价值了，但是神创论的思想并没有消失，它继续阻挠对天体演化的探讨。例如，《淮南子·精神训》中就有这样一段记载：

“古未有天地之时，惟象无形，窈窈冥冥，芒芟漠闵，溟蒙鸿洞，莫知其门。有二神混生，经天营地，孔乎莫知其所终极，滔乎莫知其所止息。于是乃别为阴阳，离为八极，刚柔相成，万物乃形。烦气为虫，精气为人”。

这段话的意思是：上古还没有天地的时候，并没有具体的形象。宇宙间只是一团元气，深沉幽暗，迷迷茫茫，浑浑噩噩，谁也看不清它的底蕴。后来有二神同时产生，出来经

<sup>①</sup> 《象山先生全集·杂说》。

<sup>②</sup> 徐整，《三五历记》。

营开天辟地的事业,在时间上久远得没有尽头,在空间上广大得没有边际。终于他们把元气分开为阴阳二气,划分了八个方向,阳刚阴柔,两气相互作用,才形成了万物。浊气形成各种动物,精气造成了人类。这个故事,是唯心主义的神创论的产物,这是无可置疑的。

《淮南子》中还记录有一种虚无创生论的思想。在《淮南子·天文训》中说:

“天地未形,冯冯翼翼,洞洞漏漏,故曰太始。道始于虚霩,虚霩生宇宙,宇宙生气。气有涯垠,清阳者薄靡而为天,重浊者凝滞而为地”。

这就是说天地还没有形成以前,是一片混沌空洞,叫做“太始”。在那种空洞的情况下,道就开始形成了。有了道,空洞才产生宇宙,宇宙生气,气生天地,天地生万物。这里十分明确,属于第一性的不是物质,而是“先天地生”的“道”。道是什么?是精神,是思维,道的第一性就是精神第一性。恩格斯说:“什么是本原的,是精神,还是自然界?”“哲学家依照他们如何回答这个问题而分成了两大阵营。凡是断定精神对自然界说来是本原的,从而归根到底以某种方式承认创世说的人……,组成唯心主义阵营。凡是认为自然界是本原的,则属于唯物主义的各种学派”<sup>①</sup>。

《淮南子》上承《老子》的“天下万物生于有,有生于无”,下至宋代周敦颐“无极而太极”,构成我国天体演化学中的唯心主义阵营,杰出的科学家张衡在天地起源方面的主张也是属于这个阵营的。张衡在《灵宪》里把天地的形成分成两个阶段:太素以前,是一片空虚,当中只有一个“灵”,此外什么也没有。以后“自无生有”地建立了个“道”的根,这才进入第二阶段——太素阶段。在这阶段里,“浑沌不分”的气刚刚开始萌发。此时“道”就象一棵树一样,从“根”发育至“干”,于是元气分开清浊,刚柔,生成天地。无中生有的概念,在哲学上来讲,到两晋南北朝时就有裴颢(公元267—300年)、向秀等人反对过,但是他们没有牵涉到天地起源的问题,直到唐代柳宗元才对它进行了批判。柳宗元在《天对》里说:世界是由混沌状态的、庞大的、运动着的元气产生的,元气是没有意志的,也没有什么造物主参预其事!阴阳的参合和变化,也是元气作用。元气吹吁出的气有冷有热,冷热二气交替对立变化,形成了天地万物(“庞昧革化,惟元气存,而何为焉!合焉者参,一(元气)以统同。吁炎吹冷,交错而功”)。

柳宗元的唯物主义立场十分鲜明,他反对一切神创论、神学目的论和虚无创生论,坚持从物质本身的发展变化去论述天地的起源和演化。这是我国古代天体演化理论的一个重要成就。但是,他的成就并不是孤立的。和他同时代的刘禹锡、李筌也都有类似的观点。李筌在《阴符经疏》里说:“天者,阴、阳之总名也。阳之精气轻清,上浮为天;阴之精气重浊,下沉为地,相连而不相离”。刘禹锡在《天论》里说:“浊为清母,重为轻始。两仪(天地)既位,还相为用”。在一本不出名的叫《无能子》的书里把这一观点写得更通俗易懂:“天地未生,混沌一气;一气充溢,分为两仪。有清浊焉,有轻重焉。轻清者上为阳为天,重浊者下为阴为地”。

由此可见,到了唐代,浑沌的元气不断地一分为二,轻清的气散逸于空间形成天体,重浊的尘粒聚积成大地——这一唯物主义的天地形成论已经战胜虚无创生论,而取得优势了,但是斗争并没有结束。随着佛教的传入,唯心主义的宇宙循环论又盛行起来了,继续向唯物主义挑战。

佛教的宇宙循环论是:“所有一切世界,皆悉具四种相劫,谓成、住、坏、空。成而即

<sup>①</sup> 恩格斯:《路德维希·费尔巴哈和德国古典哲学的终结》。



住,住而续坏,坏而复空,空而又成。连环无端,都将成、住、坏、空,八十辘轳结算,一十三万四千四百万年为始终之极数,所谓一大劫也”。(《书蕉》)把宇宙分为创始(“成”)、稳定(“住”)毁灭(“坏”)、消灭(“空”)四个阶段,这是所谓“劫”。宇宙消灭后,又从头开始创生,如此循环不息。宇宙在时间上固然是无限了,可是这是宗教神学的恶无限。这种无限性排除了任何变化、发展,一切过程只是以往过程的简单重复,在“劫”者难逃,一切都是“注定”了的。这当然是完全错误的。

佛教思想对宋代理学的发展有相当大的影响。北宋理学家邵雍采纳了佛教的轮回思想,加以发挥,以十二万九千六百年为一元,一元分十二会,一会分三十运,一运分十二世,一世为三十年。以后朱熹又窃取了当时的一些最新科学成果,来论证邵雍宇宙循环论的正确。

作为一个提倡格物致知的哲学家,朱熹对一些具体事物的看法是不无见地的。他赞成天地的形成是有一个过程的。他说:

“天地初间只是阴阳之气。这一箇气运行,磨来磨去,磨得急了,便拶许多渣滓,里面无处出,便结成个地在中央。气之清者便为天,为日月,为星辰,只在外常周环运转。地便只在中央不动,不是在下”<sup>①</sup>。

这个思想的提出是为了解决为什么浊气在内为地,清气在外为天的问题。它显然是从水流旋涡把物体卷入旋涡中心的现象启发而来的。这个思想虽然离科学还尚远,但却比古代浑天家的天体演化思想总是前进了一步。

然而,朱熹又是个唯心主义的理学家。他的格物致知,归根结底是为了求得事物的最终本原——理。因此,他的演化思想最终也必然要落入唯心主义的泥潭。

他说:“邵康节以十二万九千六百年为一元,则是十二万九千六百年之前又是一个大阖辟,更以上亦复如此。直是动静无端,阴阳无始,小者大之。影只昼夜便可见。王峰(即胡宏,公元1105—1155或1102—1161年)所谓一气大息,震荡无垠,海宇变动,山勃川湮,人物消尽,旧迹大灭,是谓鸿荒之世。尝见高山有螺蚌壳,或生石中,此石即旧日之土,螺蚌即水中之物。下者却变而为高,柔者却变而为刚,此事思之至深,有可验者”<sup>②</sup>。

高山有螺蚌化石,沈括发现以后,认为这是沧海变桑田的地质演变,而同一现象在朱熹“思之至深”后,竟成了反科学的宇宙循环论的佐证。立场不同,观点不同,同样的客观事实竟导致截然相反的解释。

邵雍、朱熹的思想十分类似于法国古生物学家居维叶的灾变说。居维叶认为,地球形成以来,经历过十多次重大的灾变,一切生物消灭净尽,然而又重新产生。恩格斯对居维叶的批判,同样也适用于邵雍、朱熹。恩格斯说:“居维叶关于地球经历多次革命的理论在词句上是革命的,而在实质上是反动的。它以一系列重复的创造行动代替了单神的创造行动,使神迹成为自然界的根本的杠杆。”(《自然辩证法》)

在我国,对于邵雍、朱熹的循环论,也有持批判态度的,但是不十分有力。例如,元代的赵友钦在《革象新书·元会运世篇》里说:“近世康节先生作《皇极经世》书,以十二万九千六百年为宇宙之终始。世人多信其说,以愚观之,实不可准”。明代王夫之在《张子正

① 《朱子全书》卷四十九。

② 《朱子全书·天变》。

黎注·大心篇》中说：“天地本无起灭，而以私意灭之，愚矣哉”！

不过，在元明两代，关于宇宙时间上无限性的正面论述，却有很精彩的两段，其思想水平非常之高。一是元代的《琅环记》，一是明代的《蒙龙子》。

《琅环记》里说：“姑射嫡女问九天先生曰：天地毁乎？曰：天地亦物也，若物有毁，则天地焉独不毁乎？曰：既有毁也，何当复成？曰：人亡于此，焉知不生于彼？天地毁于此，焉知不成于彼也？曰：人有彼此，天地亦有彼此乎？曰：人物无穷，天地亦无穷也。譬如鲋居人腹，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”。

《蒙龙子》里说：“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”。

这两段话的内容十分丰富，它生动地论述了无限和有限的统一，无限和有限的相互依存和相互转化。首先，它的出发点是肯定天地的物质性——“天地亦物也”，因此要遵从物质世界的普遍规律，即有成有毁。但是，这里的“天地”，却不是指的整个宇宙，而是指一定的天体系统，因之才能“天地之外，更有天地”。就一个天体系统来说（“自一元而言”），是有成有毁的、有始有终的；但就无穷多的天体系统组成的宇宙来说（“自元元而言”），却是无始无终的。这是十分清晰的辩证法思想。

#### 四、朴素的地动说

在人类认识宇宙的历史上，认识到地球在宇宙中的位置，是一个重大的成就。哥白尼学说之所以是一场革命，就因为它论证了地球并不在宇宙的中心，而是绕太阳旋转的一颗行星。但是哥白尼学说也有它的继承性，恩格斯指出：“塞莫斯的阿利斯塔克早在公元前270年就已经提出哥白尼的地球和太阳的理论了”<sup>①</sup>。在中国，约和希腊的阿利斯塔克同一时代，成书于战国末期的《庄子·天运篇》中也提出了这个问题，它以发问的方式说：

“天其运乎？地其处乎？日月其争于所乎？孰主张是？孰维纲是？孰居无事推而行是？意者其有机缄而不得已耶！意者其运转而不能自止耶！”

这段话的意思是：天是运动的吗？地是静止的吗？日、月是交替着升起和落下的吗？是谁主宰它们？是谁制约它们？是谁没有事来推动它们？大概是有一种机制使得它不能不如此，使它的运动无法停止！

当然，这仅仅是思辩性的论题。在那个时代，人们是无法用科学的方法来回答这些问题的。最早论证到地球自转的，还是从运动的相对性出发。《尸子》中说：“天左舒而起牵牛，地右辟而起毕昂”。《春秋纬·元命苞》中说：“天左旋，地右动”。这几条材料说明，从战国到西汉末期，我国已经注意到天的左旋（即日月星辰的东升西落）可以用地的右转（自西向东的自转）来解释，而且理解到地球的自转必然反映为天球的左旋。

明确的地球绕日公转说法，我国虽未发现，但有一种“地游”思想，却与它相似。秦朝李斯（公元前？～208年）在《仓颉篇》里写到：“地日行一度，风轮扶之”<sup>②</sup>。这里提到风的作用，是受了宋尹学派元气学说的影响。中国古时分圆周为三百六十五又四分之一度，而秦

① 恩格斯：《自然辩证法》。

② 转引自《谭嗣同全集》，1954年。

朝和西汉初期所用的历法,其回归年长度为三百六十五又四分之一日,因此地日行一度也就是一年转一圈。

《尚书·考灵曜》说:“冬至地上行北而西三万里,夏至地下行南而东亦三万里,春、秋二分其中矣”。这段话很容易被人理解为是对地球绕日公转的认识,但从同一书中“日道出于列宿之外,万有余里”,和“天旁行四表之中,冬南,夏北,春西,秋东,皆薄四表而止,地亦升降于天地之中”,就可以知道,《考灵曜》所主张的仍是地心体系,不过它把天球分为两层,太阳所在的天球(日天)在外,叫做“四表”,这个天是不动的。其次是恒星天,它和大地一道也在运动。冬至时地偏北,相对来说,太阳偏南;夏至时地偏南,相对来说太阳偏北。它虽然没有达到日心体系,但用地球的运动来解释太阳每天在正南方时高度的周年变化,确是走向发现真理的很重要的一步。

不但如此,《考灵曜》还进一步说明:“地恒动不止,而人不觉,譬如人在大舟中,闭牖而坐,舟行而人不觉也”。这里所用的譬喻,竟和哥白尼在《天体运行论》中所用的几乎完全一致。哥白尼说:“为什么不承认天穹的周日旋转只是一种视运动,实际上是地球运动的反映呢?正如维尔吉尔(Virgil)的诗中所引艾尼斯(Aeneas)的名言:‘我们离港向前航行,陆地和城市后退了’。因为船只静静地驶去,实际上是船动,而船里的人都觉得自己是静止的,船外的东西好象都在动。由此可以想象,地球运动时,地球上的人也似乎觉得整个宇宙在转动”<sup>①</sup>。

两汉以后,地动思想陆续得到传播。晋代的博物学家张华(232~300年)在他著的《博物志》中引用了《考灵曜》的材料,并且还作诗加以发挥,说“大仪斡运,天回地游”<sup>②</sup>。

差不多与《博物志》同时成书的《列子·天瑞篇》则说:“运转无已,天地密移,畴觉之哉!”就是说,运动是永恒的,大地也在位移,可是谁能感觉出来呢!

唐代诗人杜甫歌唱“大声吹地转,高浪蹴天浮”<sup>③</sup>。杨炯的《浑天赋》里也说“天回而地游”。

北宋的邢昺(公元932—1010年)在注疏《尔雅·释天》的时候,对“地有四游”作了详细的解释。他说:“地与星辰具有四游升降。自立春,地与星辰西游;春分,西游之极,地虽西极,升降正中;从此渐渐而东,至春末复正。自立夏之后北游;夏至,北游之极,地则升降极下;夏末复正。立秋之后东游;秋分,东游之极,地则升降正中;至秋末复正。立冬之后南游,冬至,南游之极,地则升降极上;至冬末复正”。从这里可以看出,四游说的意思是:立春、立夏、立秋、立冬是地和恒星天都居中央。恒星天运动的方向与地球运动的方向在立春、立秋以后是一致的,而在立夏和立冬之后则相反,这是因为冬至时,地球走到最北(“地则升降极上”),因而观测到的太阳高度变小了,也就偏南了。但这样一来,北极的高度就变小了,为了保持北极高度不变,恒星天就得南游。

大地为什么会游动?宋代哲学家张载在《正蒙·参两篇》里从元气本体论出发作了回答。他说:“地有升降,日有修(长)短。地虽凝聚不散之物,然二气升降其间,相从而不已也”。这里明确地指出,气体的不断变化,迫使地球有升降运动,因而产生了昼夜长短的变化。他又说:“恒星所以为昼夜者,直以地气乘机左(应为右)旋于中”。这不但说明了恒

① 哥白尼著,李启斌译:《天体运行论》,第22页,1973年。

② 见《昭明文选》卷九。

③ 见《九家集注杜诗》卷二十二“江陵”。

星昼夜出没,是由于地球自转所致,而且地球自转是由于“气”的旋转。这个推论的后半段虽然不正确,但从哲学思想来说却是唯物主义的,他是从事物的内部去寻找运动的原因的。张载并且由此得出一个普遍性的结论:“凡圆转之物,动必有机,既谓之机,则动非自外也”。认识到运动是物质的一种内在属性,这是很了不起的一件事。恩格斯说:“运动是物质的存在方式。无论何时何地,都没有也不可能有没有运动的物质”<sup>①</sup>。

古代的地动说虽然比地静天动说有较为合理的因素,但是,它终究只是建立在思辨基础上的一种假说。就象哥白尼以前的欧洲古代的日心地动说一样,它们都是没有经过科学地证明的。而人的最直观的经验却是地球静止不动。因此,古代的地动说得不到普遍的承认,这是不足为怪的。中国和欧洲所不同的情况是,在中国,始终有人在自由地谈论地动说,他们没有受到象中世纪欧洲那样严酷的镇压。

虽然如此,但也不是没有人反对过。明代的学者王可大就是一个反对者。他的反对完全是从科学角度立论的。他说:若地有四游,则“星辰、河汉之位次,宁不有大变移者乎?而北极、北斗、天汉之位次,其高、下、东、西未尝有一度之爽,所谓四游三万里之说,其不谬乎!”<sup>②</sup>如果地球在运动,则我们观测远近不同的天体,就会发现它们之间的相对位置有变化,这叫做视差。欧洲著名天文学家第谷就是因为观测不到视差而不相信哥白尼学说。事实上,恒星由于距离我们太远,视差值极小,非有精密仪器是测量不出来的。第一颗恒星的视差值是在1838年,即哥白尼学说发表以后将近三百年,才由德国天文学家白塞耳发现的。只有在发现恒星视差,后来又发现了海王星以后,哥白尼学说才从一个假说变为相对真理。而我国,虽然王可大已把问题明确地提出来了,但由于那时封建社会已到末期,生产力停滞不前,光学仪器工业没有建立起来,观测技术无法向前推进,地球运动理论便只能停留在零星的臆测阶段,而没有发展成系统的科学理论。由此可见,宇宙论这门看起来是很抽象的科学,实际上也是由生产决定其发展前途的。

<sup>①</sup> 恩格斯:《反杜林论》。

<sup>②</sup> 《象纬新篇》。

## 第九章 天文仪器和天文台

天文仪器是人们认识宇宙,研究天体运动规律的重要手段。人的感觉器官的感觉能力是有限的。为了能更广阔、更深入地认识宇宙,人们发明了各种天文仪器来武装自己的器官。天文学的发展是和天文仪器及观测技术的不断进步分不开的。我国古代在天文仪器方面也有着悠久的历史,作出过卓越的贡献。

我国古代的天文仪器大概可分三类。一类是“表”,即一根直的竿子(或其变化型态)。太阳光照射在表上,就向观测面上投射出一条影子,用它可以测定方向、时间、节气乃至回归年长度等。一类是测定天体的球面坐标和表演天体在天球面上的视运动等现象的仪器。前者叫仪,后者叫象,合称仪象。第三类则是计量时间的仪器。本章拟大体按照这些分类,分别加以叙述。末尾简单地介绍一下放置这些天文仪器的天文台的史料。

### 一、表

一般的物体,例如:树木、房屋等等,在太阳光的照耀下都会投射出一个影子。这些影子的方向和长短都会随着时间的推移而变化。在长期的生产和生活活动中人们经常观察到这些影子,慢慢地人们发现影子的变化是有规律的。这种规律性还在很古的时候就被人们感觉到了,由此就产生了最古老的天文仪器——表。

最初的表只是直立在平地上的一根竿子或石柱。古书中还有许多不同的名称,诸如:竿、棊、臬、髀、碑、裊,等等。作为天文仪器,它们的实际意义都是一样的。不过只因材料不同(或竹、或木、或石)或致外形有异而已。

古人利用这种表可以做以下几项工作:

(1) 定方向。太阳东升西落,白天在天上所走的路径对于观测地的子午线来说,大体上是对称的。因此,观测太阳升起和降落时表影的方向,可以确定南北方向(或东西方向)。

(2) 定节气。表影的长度是在不断变化的。在一天之内是太阳在正南方时的表影最短。可是在一年中每天太阳在正南方时的表影也是变化的,冬至这一天的影子最长,夏至日的影子最短。根据这个特点可以测定节气。

(3) 定时刻。从一天中表影的方位变化可以测定时刻。

(4) 定地域。据《周礼》记载,古代在分封诸侯、划定封域疆界时也使用表。据唐代贾公彦等人的注疏,认为这是指确定封域的南北界限。如果在南北两地分别立两根八尺高的表,同在夏至日正午测量表影,照汉朝人的说法,认为这两根表如果南北距离相差一千里,它们的影长就差一寸。因此,只要测得影长,就可反推它们之间的南北距离。但贾公彦等人的这个注疏是弄错了。古代分封的诸侯疆域很少到广袤千里的。而千里一寸的比率也完全不符合实际。如果说古代确曾在划疆界时使用过表的话,那是用的它定方向的功能。不过,南北不同地点的影长的确是不同的。因此,后代的历法工作者在推算南北

各地所见天文现象时,曾引用影长作为一个重要的参数。影长在这里起了一种反映地理纬度的作用。

以上这四项工作,都各有其发展的过程,从前三项工作中都发展出许多专用的仪器和观测方法。第四项工作中使用的是定节气用的圭表。

## 1. 定方向

表的最早的用途可能就是用来定方向的。

在六千年前遗留下来的西安半坡村遗址中,有比较完整的房屋遗址四十六座,这些房屋的门都是朝南的。与半坡村同一时代遗留下来的江苏邳县四户镇大墩子遗址中,在氏族的墓地上,不论埋葬多少代死者,墓葬的方向总是大体一致的<sup>①</sup>。这些方向的一致性说明在六千多年以前的原始社会里已经掌握了辨认方向的方法。而除了观看北极星以外,在原始的技术条件下,唯一能准确地测定方向的方法就是立竿测影。

《诗·大雅·公刘》篇是一篇歌颂周文王的第十二世祖先公刘功绩的作品,传说是周成王的大臣召康公唱的。这篇诗中有一句说:“既景迺罔”。景,即古“影”字,这句的意思是公刘在一个山冈上立表测影,以定方向。所以下句接着说:“相其阴阳”。如果召康公所说确有其事,那么这就是说,大约在公元前十五世纪末周人已能立表定向<sup>②</sup>。当然,在文字记载极不发达的古代,新事物的发明年代往往要比记载出现的时代早很久很久。因此,《公刘》篇所反映的只是发明立表定向的下限年代,而决不是表示只是这时才开始有。

立表定向究竟是怎么定的?这个观测方法的记述最早见于《考工记·匠人篇》。这是战国时代的作品,它记道:

“匠人建国。水地,以悬置槩以悬<sup>③</sup>,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”。

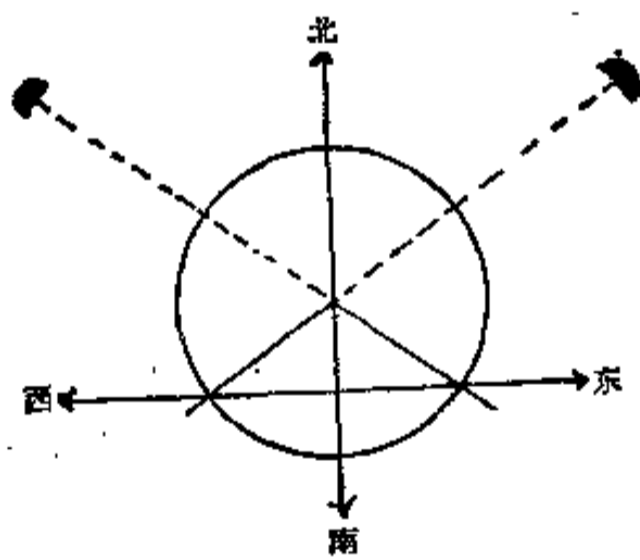


图 9-1 《考工记》“以正朝夕”示意图

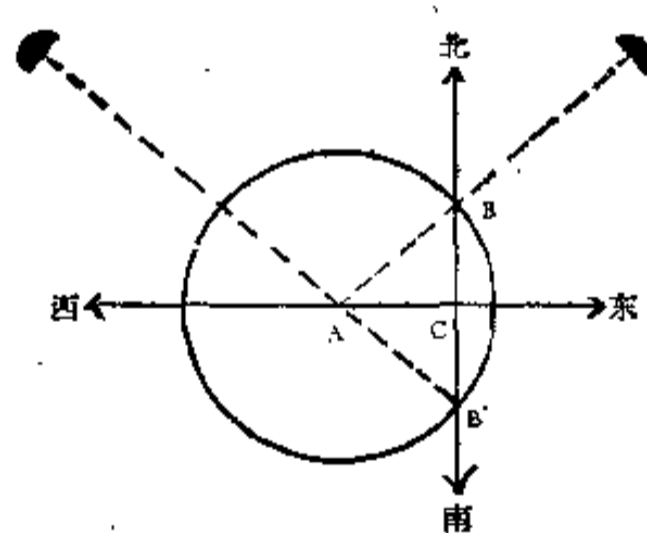


图 9-2 《淮南子·天文训》立表定向示意图

“水”就是“水平”,“水地”就是把地整平。“槩”就是木质的表。“悬”是用绳悬挂一重物。“以悬置槩”就是用挂着重物的绳做准绳,把表立得和地面相垂直。“眡”即“视”。“景”即“影”的古字。“规”是圆规,“为规”就是用圆规作圆。圆心当然就是表。把日出和日没时表影与圆周相交的两点记下来。这两点连接起来就是正东西的方向。这样还不算。还要

① 南京博物院:江苏邳县四户镇大墩子遗址发掘报告,《考古学报》1964年2期。

② 公刘的活动年代无考。文王是公元前十二世纪末,十一世纪初的人,以廿五年为一代计,公刘约在周文王前三百年,即公元前十五世纪末,十四世纪初。

③ 后面的“以悬”两字似为衍文,当然,也可以反过来,说前面的“以悬”为衍文则后面的就是正文。

在白天参考日中时的表影方向,夜晚参考北极星的方向,这样来得到较正确的东西方向(“朝”表示东方,“夕”表示西方)。

这一段记述中已经提到许多精细、科学的方面。例如:要求地面水平,要求槲垂直于地面;一次测量还不够,还要和另外的两次观测相参考,等等。这些当然都是匠人们在长期的劳动生产实践中摸索出来的宝贵经验。另外,要独立地得到“日中之景”,那就必须要有较精密的计时器。这当然也不是较原始的条件下所能得到的。但是,除此之外,“为规。识日出之景与日入之景”,这是“以正朝夕”的比较原始的方法,这一点大概是可以肯定的。

《考工记》记述的方法虽然简便,但是由于日出、日入时表影比较模糊,和圆周相交的交点就不容易定准。因此,后来又发明了使用多表和直接观测太阳的办法。这个办法最早见于西汉前期的《淮南子·天文训》。办法是:先在平地上立一定表 $A$ 。然后在它的东边十步远的地方立一根可以移动的游表 $B$ ,在日出时从西向东,即从定表向游表方向看,使表 $A$ 、表 $B$ 和日面中心 $S$ 相重合。然后在日没时仍在定表东边十步立一游表 $B'$ ,这次是从游表 $B'$ 向定表 $A$ 方向看,也是使 $A$ 、 $B'$ 和日面中心 $S'$ 相重合。这样, $B$ 和 $B'$ 的连线就是南北方向,而 $BB'$ 的中点 $C$ 和 $A$ 的连线就是正东西方。

梁天监年间(公元502—519年)祖暕和北宋熙宁七年(公元1074年)沈括都提出过用多表测定方向的方法。虽然他们的考虑各有一些理由,但他们的方法都只是一种理想,在实践上是行不通的。我们就不在这里介绍了。

以上这些方法大都是观测日出和日落或日中时太阳的方向,但是,如果取上午和下午两次等长的表影,平分它们间的夹角,亦可得到正确的南北线。郭守敬就利用这一点创制了一种定方向用的仪器,称为正方案。这是一块每边长四尺,厚一寸的正方形平板。在离边五分远的地方开一周小水渠,用以校正案的水平。从板中画一个十字线,线直抵水渠。以中心为圆心,自外向内画十九个同心圆,每个圆间的距离为一寸。在最外圆向内三分的地方画一个圆,它和最外圆成为一个画周天度数的刻度圈。最内一个圆直径二寸,这个圆的地位上做成高二寸的圆柱形,中心开一直通到底的洞,洞里插一根竿子。竿子高度可以调节。夏至日时高出案面三尺,冬至日时则减为一尺,春、秋分日则为一尺五寸。观测时,即视竿影顶点落在某一圆周上时就用墨标出记号。从上午影子由西进入外圆,到下午向东出外圆为止。把同一圆上的两个墨点连接起来,它们的中点和中心联线的方向就是正南北方向。把各个圆上的一组墨点都这样求出结果,由此审定正确的南北方向。

郭守敬在这里使用了多组观测的办法以提高观测结果的精确度,这是完全符合近代误差理论的精神的。在观测中郭守敬还注意到冬至、夏至前后太阳的赤纬变化较小,就是取最外圆上的一组观测;结果也很正确。而在二分日前后,太阳赤纬变化较大,朝和夕的差别显著,外面几个圆上的观测点对于真子午线来说就不是对称的,这些测点就不能用;而必须用近最内圆的一组观测,并用接连几天观测的办法来取得多组观测的结果。他的这些思想也都是比较科学的。

今河南登封县的观星台是郭守敬领导修建的。它的长达一百多尺的测影石圭是郭守敬子午线方位测定的直接见证,1975年北京天文台曾派人去那里用近代科学方法测定当地子午线的方位。他们证明,石圭遗址的取向,同他们测定的结果符合得很好<sup>①</sup>。七百年前的郭守敬能取得这样的成绩,不能不令人钦佩。

<sup>①</sup> 傅德廉、张焕志:河南登封告成观星台地理坐标测定结果,《北京天文台台刊》第七期,1976年4月。

## 2. 定 节 气

定节气是古人立表测影的最重要的目的之一。

一年之中,夏至日正午的表影最短,冬至日正午的表影最长。这个现象的发现可能很早的。甚至在夏至、冬至这样明确的天文概念还没有诞生的时候,人们就可能从向南的门户受到太阳正照时的影子进深变化认识到一年中有一天最深,有一天最浅。也许正是这个现象启发了人们去测定每天正午,即太阳在正南方时表影的长度,以寻求表影最长和最短的日子。这样的日子古人称为至日。在至日,太阳的位置移动到一个最南或最北的极限位置,古人称之为“日至”。

我们在第二章和第五章里已经讲到甲骨文里的“日至”记载和“左传”中的“日南至”记载。大约最晚在春秋中期,用测日中影长的办法来定冬至和夏至,已成为历法工作的重要手段。

测量影长有一种量度的工具,叫做土圭。圭是一类玉器。《考工记·玉人之事》条中记载了许多不同形制和用途的圭。其中有一条记道:“土圭。尺有五寸。以致日,以土地”。“土”就是“度”,“土地”就是“度地”。“土圭”是一种量地用的玉质工具,长度为周尺一尺五寸。而所谓“致日”就是测量日中时表影的长度以求日至。

对于中原地区来说,日中时的表影总是在表的正北方向。因此,人们可以采用和表同样的材料(多数是石料或铜料),制成一条平板,一头放在表基,沿伸向北。在这条平板上刻凿尺寸。这样就可以在平板上直接读出日中时表影的长度值。那块作为尺子用的玉质的土圭就可以不用了。虽然如此,人们却把这条平板沿续称之为土圭或圭。这种土圭已和表合成一个整体,人们称之为圭表。这样一种作为整体的圭表始于何时,现尚无考。汉代的《三辅黄图》一书中有条记载说:

“长安灵台有铜表,高八尺,长一丈三尺,广一尺二寸。题云:太初四年造”<sup>①</sup>。这里所谓的“长一丈三尺”,就是指的铜圭的长。这是现下所找到的整体的圭表的最早记载。

长安灵台铜表高八尺,这大概是古代圭表的标准高度。除了极少数的例外,在元代郭守敬之前的圭表,几乎都是高八尺。这个标准高度大概是周代形成的。《周礼·地官大司徒》记道:

“日至之景尺有五寸,谓之地中”。

所谓“地中”,汉代经学家都认为是指阳城,即今河南登封县告成镇。对于阳城来说,如需夏至日中影长为一尺五寸,则表非高八尺不可。至于为什么取八尺高,我们推测有两个原因:一是普通人的身高约近八尺。一是八这个数字具有特殊的数学意义。取8、6为直角三角形的两直角边边长,则它的斜边长就是10。有这样特殊的关系,人们才能很容易地使圭和表互相垂直。

当然,除了八尺这个标准高度外,其他高度的表也是有的。例如《淮南子·天文训》中除了八尺表以外,还提出了一种十尺表。十尺,这是为了符合十进制的要求。但是,古代的观测主要是求得影长。表高的数值,使用得并不多,因此,采用十尺的优越性并不显著。直到大约一千八百年之后的清代,三角学传入中国,这才采用了十尺的制度。现在南

<sup>①</sup> 《玉海》卷五。



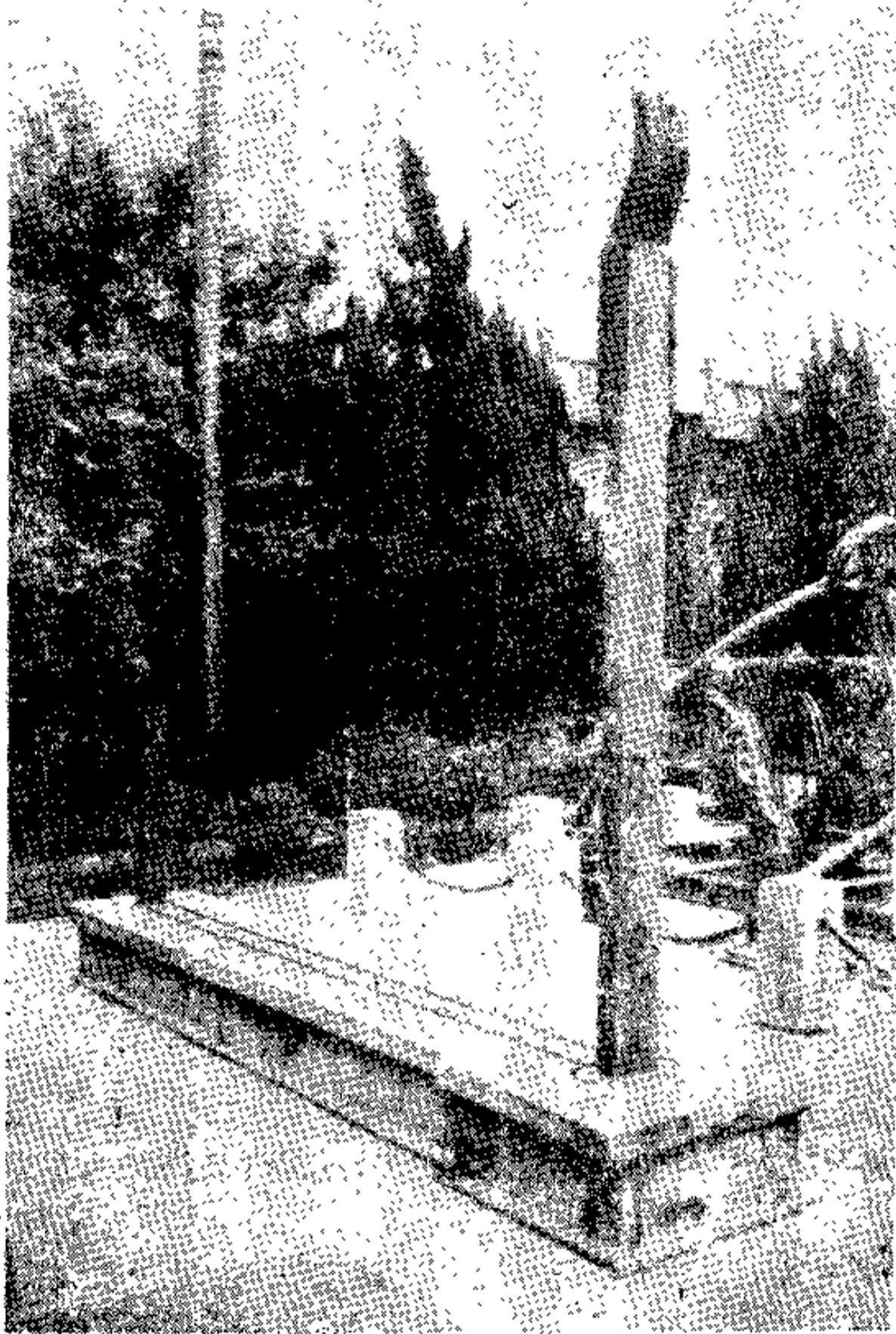


图 9-3 明清圭表,原立于北京明清观象台,抗战前夕迁至南京,现立于紫金山天文台。原圭座长度系按表高八尺设计。清代在表顶加曲叶后,冬季表影常落于圭座之外,故于圭座北端立一小表,它的作用在于延长圭座长度。

京紫金山天文台上保存着一座清代的十尺铜表。它是在明代八尺铜表之上加一块铜叶片而成。

历史上还出现过九尺高的表。那是在南北朝的时代,梁大同十年(公元544年),虞门曾在荆州(今湖北江陵)用九尺表测影。因为荆州在阳城的南面。如果用八尺表测影,则冬至、夏至的影长都比阳城所得要小。虞门用九尺表就可使所得影长与阳城八尺表影长相近。但这种相近是比较粗略的。因为大地是球形的,南北各地影长变化的规律并不是一个简单的比例关系。因此,用改变表高来追求两个地点影长的相近,是一件没有意义的事。虞门的尝试再也没有人去继续过。

两汉的铜表均已无存。可是,1965年在江苏仪征县石碑村一东汉墓中出土了一具袖

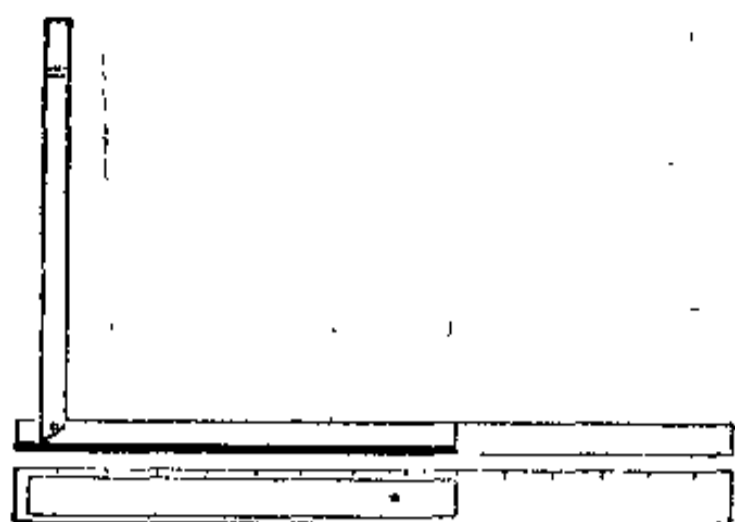


图 9-4 东汉袖珍铜圭表侧、俯视图

珍式的铜圭表。这具圭表的圭面全长34.5厘米,宽2.8厘米,厚1.4厘米。表和圭用轴连接,平时将表放倒,和圭就合成一把尺子。用时将表拉出,圭面上就出现了一个长方形槽。槽中可注入水或墨水,从而既使圭面保持水平,又使表影投射在和圭面相平的平面上。表的顶端以下3厘米处有一个小圆孔,直径0.4厘米。小圆孔中可以伸进钩子把表从圭中勾立起来。为了使表能和水平的圭面垂直,可以在小圆孔中塞一根小圆棒,棒的一头挂根

线,悬以重物。当表的平面和线平行时,表就安置正确了。从表端到圭面为19.2厘米,宽2.2厘米。圭和表上都有刻画,但刻画并不严正均匀。这显然是因为它不是一具实用的仪器而只是件随葬的模型或明器。不过大体看来,它表示这具圭表全长汉尺十五寸。从连接轴到圭顶则为十四寸。而表高则为八寸。也就是说,它是标准铜表表高的十分之一。

从这具模型或明器上可以得到两点证明。一是汉代的表上应有按悬绳以校正垂直的装置。一是汉代的圭上应有水沟以校正水平。固然,在前引的《考工记·匠人建国》中已经提到了这两项校正。但是真正成为仪器本身的附属结构,却是由这具袖珍式铜圭表提供了迄今所知最早的实证。

用圭表测影关键是提高影长量度的精度。由于空气分子和尘埃杂质对日光的漫射,使影的端线变得模糊不清,这是提高测影精度的极大障碍。

针对这一点,熙宁七年(公元1079年),沈括在他的《景表议》提出了两项改进:(1)把圭表放在一个密室内。密室顶上开一道缝,使日光通过。由于射入的日光较窄,密室内尘埃杂质较少,日光漫射的影响就可减少。明、清两代都按照沈括的建议,把圭表放在称为晷影堂的密室内。这间密室的特殊构造现在还依稀可见<sup>①</sup>。(2)立一个副表。副表高4寸。观测时使副表立在正表的阴影中,两表影端重合。这样表影的浓度就可增加,从而可以更准确地量度影长。

最大的改进是元代的郭守敬作出的。

他大大地突破了圭表的传统高度,创立了高表。高表首先把碑柱形的表身增加到三十六尺高。在表顶上再用两条龙往上抬着一根直径三寸的横梁。从梁心到圭面一共四十尺。这样一来,梁影到表底的距离就是八尺表表影的五倍。同样的量度误差,对高表来说影响就大大减小。郭守敬还在梁上开了一道水渠,以使梁保持水平。从梁两端及中腰,共下垂三对重锤,一方面用来校正高表的垂直,一方面也防止了梁的倾斜。

郭守敬发明的景符是圭表技术中的重要

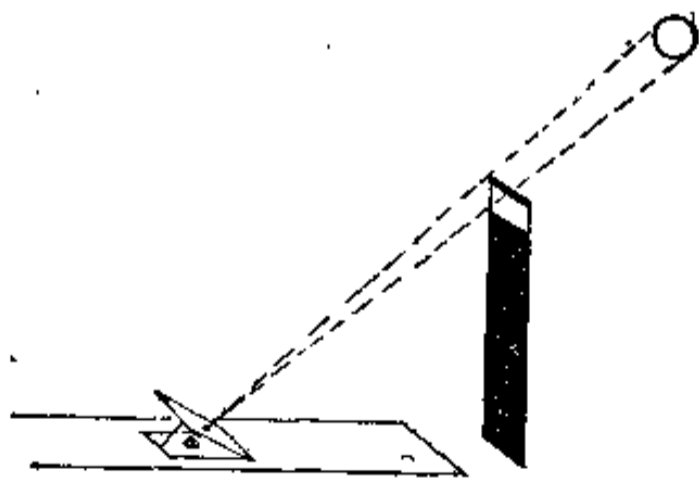


图 9-5 景符示意图

<sup>①</sup> 在现存北京古观象台房舍群的最东面有一间南北细长的屋子,它的顶上有一条较窄的屋脊,这屋脊和当年的狭缝地位很相合。

进步。它是一片薄的铜片,中央有一小孔。铜片安装在一个架子上。铜片的一头可以斜撑起来,撑的角度可以自由调节。把架子在圭面上前后移动。当太阳、横梁、小孔三者成一直线时,在圭面上可看到一个米粒大小的太阳像,中间还有一条细而清晰的梁影<sup>①</sup>。在梁影平分太阳像时,所得的是日面中心的影长。而过去所得的影长都是太阳上边缘的影长,它较日面中心的影长稍短。景符的设置还基本解决了由日光漫射而导致的“表高则影虚而淡”的困难,大大提高了观测精度。根据模拟试验,景符架子若移动1.5—2毫米,梁影切分太阳象两半的对称程度即有显著变化。由此可知,用景符来测定影长,可准确到2毫米以内<sup>②</sup>。这种准确程度是空前的。

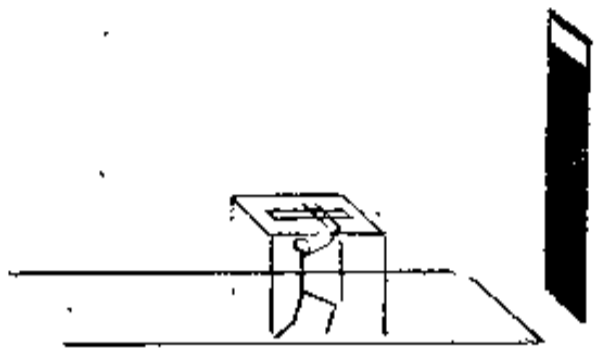


图 9-6 闕几示意图

从来圭表只能测量太阳影子。行星和月亮光线较弱,用圭表本是无法观测的。但是郭守敬却想出了办法。他制造了一张桌子,长6尺,宽2尺,高4尺。桌面中央开有一条长4尺,宽2寸的狭缝。狭缝两旁刻有尺寸。这张特殊的桌子叫做闕几。观测时把闕几顺着南北方向放在圭面上。人蹲在桌子下观测。桌面狭缝中街有两根界尺,叫闕限。当星、月到达子午线时调整

北面那根闕限,使它的南端和星、月及高表横梁的上边缘在同一直线上;又调南面那根闕限,使它的北头和星、月及横梁的下边缘在同一方向上。把这两条闕限的位置相平均,就得到星、月的“影长”了。

由于闕几的发明,使郭守敬有可能进一步创造一种方法来推求星、月离地球的距离。这种方法的本质是视差法。在南、北两地(彼此相距很远)同时用闕几测量星、月的“影长”,就可求出星、月离地球的距离。很可惜,关于这方面的具体资料一点也没留下来,郭守敬在这方面的创造完全被埋没了。

郭守敬的创造发明开创了古代圭表技术发展的新生面。此后,明朝万历年间邢云路在兰州建造了六十尺高的木表,成为历史上最高的表。邢云路用这座高表测定冬至时刻,得到了很好的效果。这对他能定出我国古代最精确的回归年数值是有很大帮助的。

### 3. 定 时 刻

由于地球的自转,太阳每天在天球上不断改变着位置和方向。很古以来人们就以太阳的位置来作为一天内时刻的标志。甲骨卜辞中的“中日”、“昃”等就是例子。《周髀算经》也记有“日加卯之时”、“日加酉之时”等的说法。这里的卯、酉是指太阳所在的方位,所以称为“加”。

立表测影是测太阳方位最简易的方法。

1897年在内蒙托克托城(在呼和浩特之南)出土了一块一尺见方的石板。石板表面平整,中央有一个比较大的较深的圆孔。圆孔之外有一半半径近四寸的大圆。圆周上刻有六十九个浅孔,孔之间的距离相等,共占了圆周的三分之二略多。从每个浅孔有一条直线引向圆心深孔。浅孔边上标有数码,从一到六十九,按顺时针方向排列。数码书法是秦汉之

① 这就是物理学上所谓的“针孔成象”现象。

② 张家泰:登封观星台和元初天文观测的成就。《考古》,1976年第2期。

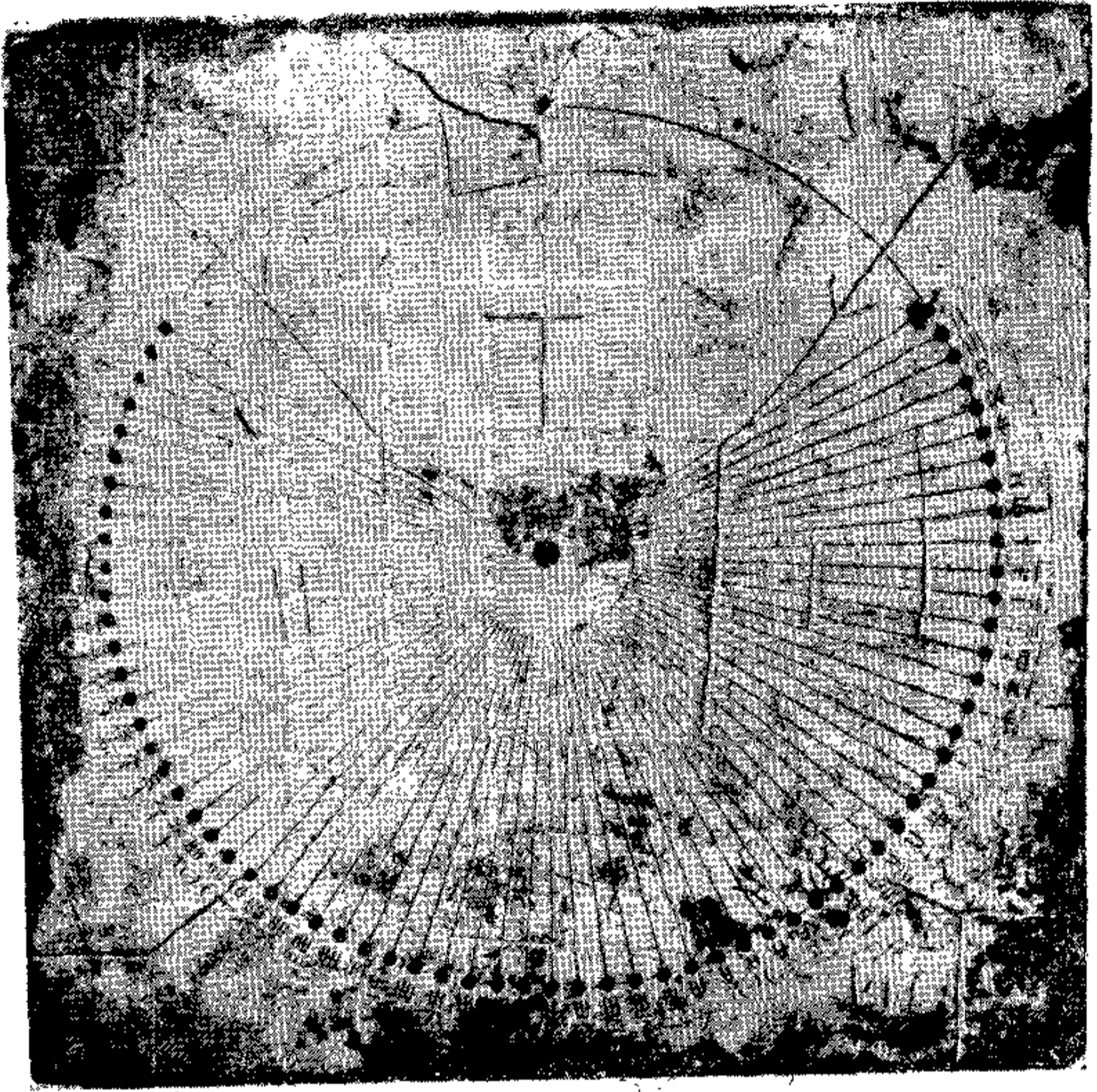


图 9-7 内蒙出土秦汉石刻日晷

际的小篆。根据出土情况和所刻的文字可以确断为秦汉之际的遗物<sup>①</sup>。现收藏于北京中国历史博物馆。

关于这块石板的用法有各种不同的推测<sup>②</sup>。大家都承认,这块石板的观测对象是太阳的方位。比较一致的意见是认为在深孔中央应该是立一根和石板平面相垂直的固定的圆柱形表,作为观测太阳的标识,而在浅孔中则可立一能游动的表,以求得观测数据。可是,这个仪器究竟是用来定时刻的还是定方向的,在这个关键的问题上却是众说纷纭,并无公认的结论。在此无法对这些说法进行详细的讨论,只能概括地阐述一下我们的看法。

在我们看来,它应该是测定时刻用的,因为从浅孔位置的分布来看,仪器刻制者显然是把整个圆周分成了一百等分。这应是分一天为一百刻的反映。它所测量的并不是从夜

① 其后在河南洛阳又发现了一块类似的石板,此物现藏于加拿大安大略皇家博物馆。

② 参看李鉴澄:《日晷——现存我国最古老的天文仪器之一》,《科技史文集》第一辑,上海科学技术出版社,1978年。

半开始的固定的时刻,而是以日出前三刻(或后来的二刻半)为零点的与汉代的昼漏相适应的时刻。仪器的安置方向我们倾向于认为是石板平面平行于天赤道方向<sup>①</sup>,仪器正中的十字直线对准东西和南北方向,浅孔则置于仪的北头。当太阳在赤道以北时,定表投影于仪器平面上,这时可以不用游表就得出读数。当太阳位于赤道以南时仪器本身挡住了太阳,定表影子投落在仪器之外,这时就须要用游表来进行观测。只要选取足够长的游表和定表,就不难使观测者看到游表和定表构成的平面与太阳中心相合,这时就可得到读数  $B$  刻。如这天太阳出来时游表读数为  $A$  刻,则  $B$  刻所表示的是昼漏上水  $(B - A + 3)$  刻<sup>②</sup>。

象这种观测太阳射影以定时刻的仪器叫做日晷。太阳影子投射在平行于赤道的平面上的叫赤道日晷。也可以让影子投射在地平面上,这种日晷就叫地平日晷。由于太阳的地平经度的变化是不均匀的,不但一天之内不均匀,而且一年之中的情况也是各不相同的。因此,如果古代曾经有过分划刻度均匀的地平日晷的话最后它一定会被改革成不均匀的。

但是这种改革的历史资料始终未曾见到。可以找到的却是这样一种资料,即以均匀的刻划来标出不均匀的时段。这是隋代天文学家袁充所做的工作。

隋开皇十四年(公元594年),酈州司马袁充向朝廷献上他的晷影漏刻数据。他以一个均匀刻划成十二“辰”的地平日晷来和漏壶相比较,求出冬至、夏至和春分、秋分时太阳移动一“辰”的漏刻数。今把袁充的数据和我们用球面天文学计算的结果列表比较如下:

节 气	测 算	子	丑、亥	寅、戌	卯、酉	辰、申	巳、未	午
冬 至	袁充所测	2	2	6	13	14	10	8
	理论计算	2	2.4	5.3	14	14.2	9.2	7.4
春分秋分	袁充所测	4	7	9	14	9	7	4
	理论计算	4.8	6	9.7	13.8	9.7	6	4.8
夏 至	袁充所测	8	10	14	13	6	2	2
	理论计算	8.2	9.3	14.3	13.8	5.2	2.4	1.7

从上表可以看出,对于晚上的刻数,袁充无法测算,他是用对称的办法给出的,冬至的子时就是夏至的午时,夏至的子时就是冬至的午时,等等,而这和实际是有一定出入的。

袁充的数据只是有力地证明了地平日晷的分划不应该是均匀的。可是他没有向正确的方向前进,即在地平日晷上划出不均匀的分划曲线,使反映的时刻是均匀的。他反而提出了用这种不均匀的时辰制度来改变原来的漏刻制度。这种倒退的办法当然被遭到抵制。不过人们在拒绝他的不合理的改革建议的同时却又把他的科学的发现也搁到了一边。直到明末以前,人们没有再努力去探讨科学的地平日晷问题。当然,这里也有着客观条件的限制,那就是,由于中国古代在投影几何学方面不够发展,因此也难以去探讨在地平面上怎样求得正确的时辰曲线的问题。

① 之所以这么认为,是因为地球自转轴和赤道相垂直。因此,在一天之内只有沿赤道计算的太阳方位变化才是相对均匀的,而沿着地平圈计算的太阳地平经度变化则是不均匀的。

② 此处以日出前三刻为昼漏上水的起点。如果后来改成日出前三刻半为起点,则把式中的3改成2.5即可。

我们前面推测了出土的秦汉之际的石晷是一种赤道日晷。但是,从汉以后人们似乎集中注意力于漏壶的改进,而对日晷的工作除了袁充以外却很少见到记载。虽然清代天文学和梅文鼎曾经提到过他家乡有一具唐代的赤道日晷<sup>①</sup>,但在唐代的文献中却并无更多的反映。因此,看来,日晷的制作在汉以后是比较稀见的。所以,南宋时代的曾南仲在重新发明了赤道日晷之后,曾自诩为“得古人所未至”。这种自诩正表明当时赤道日晷是一种很罕有的仪器。

曾南仲的创作记载在曾敏行所作的《独醒杂志》卷二里<sup>②</sup>:

“南仲尝谓:古人揆景之法载之经传,杂说不一。然止皆较景之长短,实与漏刻未尝相应也。其在豫章(今江西南昌)为晷景图。以木为规,四分其广而杀其一,状如缺月。书辰、刻于其旁。为基以荐之,缺上而圆下,南高而北低。当规之中,植鍼以为表。表之两端,一指北极,一指南极。春分以后视北极之表,秋分以后视南极之表。所得晷景与漏刻相应。自负此图以为得古人所未至。余尝以其制为之。其最异者,二分之日南北之表皆无影,独其侧有影,以其侧应赤道。春分以后日入赤道内,秋分以后日出赤道外。二分日行赤道,故南北皆无影也。”

这一段记载把按季节两面使用的赤道日晷的原理和结构,说得十分清楚。除了“缺上而圆下”这一点外,其他都和世界各地通行的赤道日晷相仿。

赤道日晷似乎从南宋起得到流行。南宋学者王应麟在其《小学紺珠》中把圭表作为当代四种计时器之一<sup>③</sup>,这个圭表应当就是赤道日晷。在流行中人们把曾南仲的木质缺圆圭面改成石质的整圆圭面,以利于抗御风雨侵蚀。明末徐光启把这种日晷称之为“圆石敬晷”。现在我国各地许多宫殿、园林中还保存着不少这样的日晷。

和赤道日晷性质相似的,还有一种形制奇特的仪器,叫做仰仪。(其结构等详见后文)它本是测定日、月的球面坐标的仪器。但是,由于仰仪内球面上刻着赤道经线网,而在赤道上又标出了时刻的读数,因此,从太阳所在的赤道经线可以读出时刻。仰仪也就自然地成为一种日晷。仰仪传入了朝鲜、日本。朝鲜人民和日本人民所设计制造的仰仪突出了它的日晷性质,并且称它为仰釜日晷。清代叫做碗晷,实即小型的仰仪。

## 二、仪 象

本节所介绍的“仪”是专指测量天体在天球面上的坐标的仪器;“象”则是表演天体在天球面上作视运动的仪器,仪和象有其共同点,它们都是浑天家使用的仪器。

### 1. 浑 仪

从第四、五章中我们已经看到,至迟在战国时代,我国已有了赤道经度方面的测量数据。这表明,当时已经有了某种测量天体坐标的仪器。但是,这种仪器是什么样子,怎么结构,如何用法,这些在先秦的文献中却没有任有明确的记载。所幸,出土的文物给了我们一点启发。

① 梅文鼎《勿庵历算书目·日晷备考》:“吾郡日晷依赤道斜安,实为唐制。”

② 曾南仲名民瞻,江西永丰人,曾敏行(1117—1175)是江西吉水人,永丰、吉水两地相连。曾敏行父亲名光庭,字南卿。曾南仲是曾敏行的叔伯。

③ 在同书中讲到古代漏刻和在北宋苏颂《新仪象法要》中讲到漏刻时都没有圭表这样的计时器。

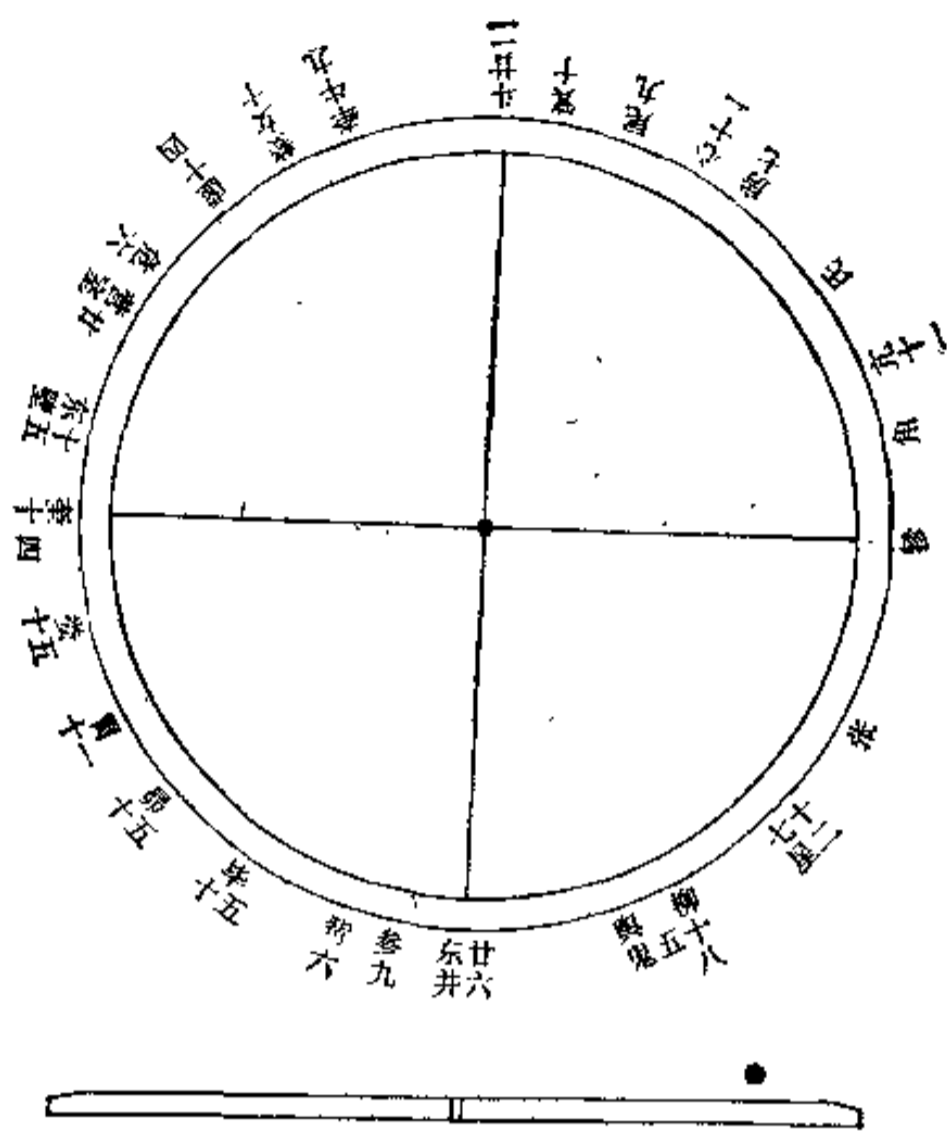


图 9-8 夏侯灶墓出土二十八宿圆盘示意图 上图为下盘正面, 下图为下盘侧面。

1977年在安徽阜阳发掘了汉初汝阴侯夏侯婴的儿子夏侯灶的墓。出土的器物中有两个星占家用的式盘。伴随着的还有一件很有意思的器物。

这是两个圆盘, 中心都有一个窟窿, 可以用圆棍插进去串起来。二个圆盘上小下大, 每个盘都从盘内斜削向盘边缘。大盘上画的是二十八宿距度, 这个距度与《开元占经》上所引的《石氏星经》中的古度相仿。小圆盘上有许多浅小的窟窿。根据残存部分来判断显然是按照把圆周分成三百六十五又四分之一的分法刻制的。小圆盘中央画着七个圆点, 象征北斗七星。其中玉衡星点正好在圆心上, 而北斗杓端两星则和中心几成一直线。这件大概当时已成为星占式盘的器物给了我们

一种启发。早期的测量天体赤道经度的仪器很可能和它相去不远。

设想, 如果把布有浅圆孔的盘平行赤道方向按置, 把杓端两星的连线指南, 在连线南端的浅孔中插一根细木棍, 它和中心木棍就构成一个子午面。当待测天体正好到达子午线上时立即把那根细棍沿圆周浅孔向西挪到和中心木棍所构成的平面正好又和最近的一个二十八宿距星相重合为止, 这两次细木棍中间所距的度数就是那个待测天体的入宿度。

《周髀算经》中记载了一种与此很类似的方法, 不过它是在地平面上进行的。在一块地平面上画一个直径 121.76 尺的圆。《周髀算经》认为它的圆周就应长 365.25 尺(它取圆周率为 3)。这样, 就可按一尺等于一度的简单关系分圆周为三百六十五又四分之一度。在圆心立一根定表。定表正南圆周上立一根游表。当待测天体到达子午面上时, 即把游表迅速沿圆周移向西边最近的一个二十八宿距星, 使从定表那里看来和游表、星三者完全重合为止。这时游表离正南的圆周距离就是该天体的入宿度。《周髀算经》中有关这一类数据都是并非实际测量所得, 而是抄袭、改造赤道坐标的数据而来。例如, 《周髀算经》认为用这种方法仍能测得牵牛距星和婺女距星之间的距离为八度。其实, 这是完全不可能的。牵牛八度是赤道度数。按《周髀算经》方法测量的是地平经度数, 应有约九度以上。可是, 《周髀算经》的这种主观设想和抄袭、改造反过来却表明了当时曾可能有过与此相类似的测量赤道度数的方法。阜阳出土的圆盘为这种可能性提供了实物依据。

关于这种圆盘的使用年代目前我们还找不到确切的记载。我们只能推断, 在西汉初年, 这种圆盘大概早已不作为天文仪器来使用了。因为作为一件天文仪器, 它没有必要分成两个盘, 而把二十八宿距度和整个刻度盘分开。夏侯灶墓中出土的, 看来已经只是星占

家手中的式盘部件了。

自汉以来，我国传统的测量天体的球面坐标的仪器叫做浑仪。它模仿人目所见的天球形状，把仪器制成一重重同心的圆环，整体看来就象一个圆球。按照张衡的说法：“立圆为浑”<sup>①</sup>，故称为浑仪。作为一个词，“浑仪”最早见于西汉末、东汉初的纬书《春秋文耀钩》中<sup>②</sup>。但这并不意味着只是西汉末、东汉初才出现浑仪这个仪器。事实上它在西汉末以前早已存在，不过那时还不叫浑仪罢了。

过去谈到浑仪，通常都上溯到落下闳。《史记索隐》引《益部耆旧传》：

“闳字长公，明晓天文，隐于落下。武帝征侍诏太史。于地中转浑天，改颛顼历，作太初历。拜侍中，不受也”。

《隋书·天文志》引晋天文学家虞喜的话说：

“落下闳为汉孝武帝于地中转浑天，定时节，作太初历”。

这两段话都认为落下闳在定太初历时曾使用过“浑天”这个器物。这个器物是种测量仪器呢？还是一种模拟仪器呢？西汉末年的杨雄在他所著的《法言·重黎》篇里说道：

“或问浑天。曰：落下闳营之，鲜于妄人度之，耿中丞象之”。

这话是说，落下闳造了一个浑天；鲜于妄人用它来测量；耿中丞是汉宣帝时的大司农中丞耿寿昌，他造了一个按浑天学说模拟天球运动的仪器。由此可见，落下闳的浑天应该就是后来所说的浑仪。

“落下闳营之”中的“营”字是“营造”的意思。这就是说，杨雄并没有认为浑仪是落下闳发明的。那么在他之前还有什么线索呢？很遗憾，迄今还没有找到直接、明确的证据。

是的，自东汉以来，一直有人在肯定，古代有浑仪。他们认为《尚书·舜典》里讲的“璇玑玉衡”就是浑仪<sup>③</sup>。可是由于司马迁在《史记·天官书》里把它解释成为北斗七星。因此，人们对“璇玑玉衡”就是浑天仪的说法，历来争论不休。司马迁是太史令，皇家最高的天文官，他又和落下闳一起为改革颛顼历而共同工作过。要是“璇玑玉衡”是浑仪，司马迁不应该毫无反应。

当然，这种论证法也未免失之过断。《天官书》的这一段完全是在讲星。设若璇玑玉衡是一种与北斗七星有某些直接或间接渊源关系的仪器，司马迁就可以不必在此强调它作为仪器的一面。特别是，如果这种仪器在当时的天体测量中已不居重要地位的情况下，那就更可不必管它了。

有一个秦朝的博士叫伏胜。他是专攻《尚书》的。今文《尚书》就传自他。他于汉文帝时代献了一本他写的解释《尚书》的书叫《尚书大传》。历来经学家认为此书中有不少是“古解”。《尚书大传》中有一段关于璇玑的解释：

“旋机者何也？传曰：旋者还也。机者几也、微也。其变几微而所动者大，谓之旋机。是故旋机谓之北极”。

这个解释和《周髀算经》的说法很有点相似。《周髀算经》中把北极星称之为“璇玑”。看来伏胜的解释是应当重视的。如果“璇玑”是北极，那末，“璇玑玉衡”就很可能是一种赤

① 见《九章算术》卷第四“少广”章刘徽注所引。

② 该书中说：“唐尧即位，羲和立浑仪”。见《古微书》卷九所辑。

③ 《尚书·舜典》里有一句话：“在璇玑玉衡以齐七政”。首先把这句话里的璇玑玉衡解释为浑仪的是东汉的经学家马融。他认为：“璇，美玉也。玑，浑天仪，可旋转，故曰玑。衡，其横箫，皆以视星宿也”。后经他的弟子经学家郑玄鼓吹，此说在后世天文家中获得不少反应。



道式的仪器。但是,由此而要说它是浑仪,恐怕也还须要更确凿的证明。我们的意见,“璇玑玉衡”很可能是一种浑仪的前身,它和北斗七星也应该有某种关系。会不会就是和阜阳出土的圆盘相类似的东西呢?这是个很吸引人的想法<sup>①</sup>。当然,要证明这一点,还有待于将来的研究。

浑仪这种测量仪器,可以测定经(入宿度)、纬(去极度)两个方向的坐标。由于单测赤道经度就不一定需要浑仪,因此,浑仪应该是随着同时测量纬度或其他方向的量的需要而产生的。

目前所掌握的,测量时代确切在落下闳以前的数据差不多全是赤道经度方面的量。最早的纬向数据见之于《周髀算经》和《石氏星经》。可是,《周髀算经》是公元前一世纪的作品<sup>②</sup>,而《石氏星经》中的去极度则有人推算是公元后一世纪的观测值<sup>③</sup>,因此,它们都难以作为论证落下闳以前有浑仪的充分证据,更不用说来论证先秦时代的状况了。

然而,我们相信在落下闳以前是可能有浑仪的,这不仅有杨雄的话作启发,也因为落下闳之前不久的《淮南子·天文训》中见到了和落下闳所测二十八宿距度基本相同的数据。既然落下闳是用浑仪所测,那么就没有理由说《淮南子·天文训》的数据一定不是浑仪所测。不过,这种说法终究只是一种猜测。科学的证明只能有待于将来的考古发掘和研究。

早期的浑仪结构和它的起源问题一样,没有留下什么史料,我们只能根据后世的浑仪追溯回去作一些猜测。为此先让我们介绍一下后世有明确记载的浑仪结构。

最早传下详细结构的浑仪是东晋时前赵的史官丞南阳孔挺于光初六年(公元323年)所造的作品。《隋书·天文志》中介绍了这架仪器。它有两重圆环。外面的一重都是固定的,起骨架作用。它们一共安设在三个方向。安在地平方向和赤道方向的都是一个单环,上面都刻有度数和方位,它们又是一种起读度数盘作用的部件。安在子午面方向的是两个大小相等,彼此相间三寸的圆环。这两个环在相当于天球南北极的地方连结起来。在两个连接处都有一个圆孔,这两个圆孔中心的连线就是天球的极轴。地平环和子午双环及赤道环相交的四个地方都有柱子撑着,以便把整个仪器架起来。

内里的一重只有二个平行的圆环。环的内直径八尺。二环都有一根作为直径的轴,两条轴互相平行,其两头都伸出环外各二寸多,然后彼此合在一起。每个接合处又有一个直径二寸的圆孔。把这两个突出的头纳入子午双环上的南、北极孔中。这样,第二重的双环可以在第一重圆环之内绕着南北极转动。后世把这种双环称为四游环。在第二重双环之间又夹着一根八尺长的方柱形管子,称作“衡”,后世也称为“窥管”。管子两端各有直径一寸的圆孔。管的中腰钉在四游环两根轴的中心上。这样,管子可以绕着双环中心、贴着双环面旋转。转动四游环,可以把管子带向任何一个天体所在的赤经线上。再转动管子,就可以把它朝向这条赤经线上的任何一个点。从四游环上可得到天体去极度。从外重的赤道环上可以得到这个天体的赤道度数(这儿的赤道度数相当于现代天文学中所谓的时角)。然后迅速把四游环转向西边最近的一个二十八宿距星,读出该距星的赤道度数、两者相减,就得到天体的入宿度。

① 有意思的是,这套圆盘的上层画,有二条垂直交叉的十字线,交点就是圆盘中心。如果把盘面垂直地平面立起来,让十字线中的一条指向北极,人们就可以用它来观测在子午线上的天体的去极度。

② 见钱宝琮《周髀算经提要》,载钱宝琮校点《算经十书》,中华书局1963年出版。

③ 席泽宗:僧一行观测恒星位置的工作,《天文学报》,四卷二期,1966年。

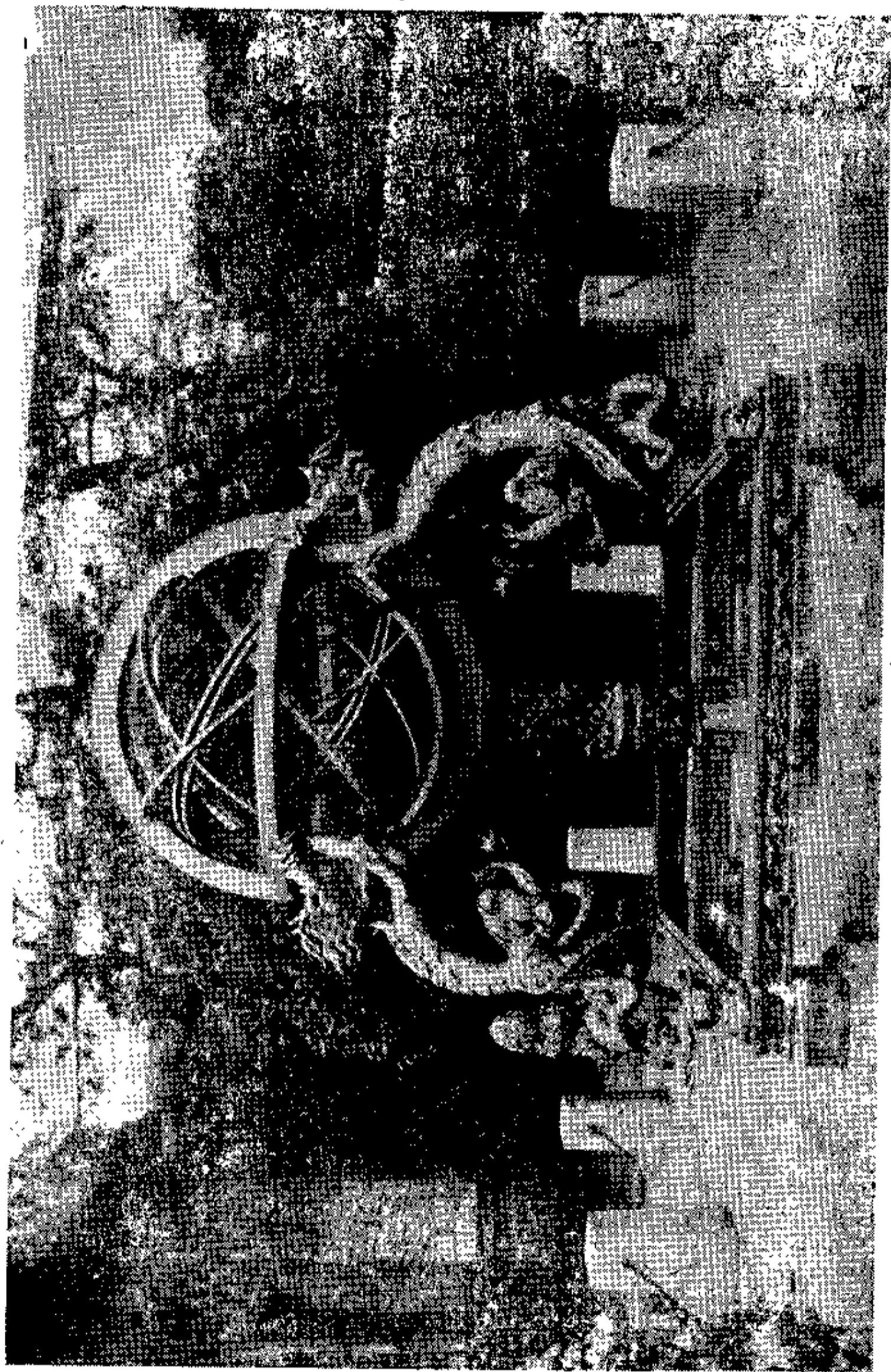


图 9-9 明制浑仪 原在北京,抗战前夕迁到南京紫金山天文台

从孔挺浑仪的结构我们可以看出,这架浑仪的主要工作部件是那根窥天的管子。为了使窥管能指向天球上的任何一点,可携带窥管旋转的四游环就是必不可少的。又,四游环必须适应天球的周日旋转,因此,它就必须安装成赤道式的。浑仪的另一个重要部件则是反映各种坐标系统的环组。当然,整个仪器还要有支架、支柱等等,这是不言而喻的。总之,可以看出,孔挺浑仪中的各项部件几乎全是为完成浑仪最主要的任务——测量天体的赤道坐标所需要的。当然,那个外重圆环中的地平环是个例外。可是,它能够起固定支架的作用;并且,提供一个地平方位对于仪器的安装和天文观测实践都是有意义的。因此,它也可以被认为是浑仪中的基本部件,而在后世的浑仪中也都始终存在着。

既然孔挺浑仪的结构是那样地基本,因此我们可以反过来推想,在它之前的浑仪大体也不出这个框框。《隋书·天文志》说它是“则古之浑仪之法者也”,这是有道理的。我们可以推断,落下闳的浑仪大概就是这个样子。如果战国时代有浑仪,它的结构与此相去也不会很远。

了解了浑仪的基本结构,我们就可以来追踪浑仪的各项改进。

首先的一项改进是增加黄道环。这对于测量日、月、行星的运动是十分必要的。黄道环的增加最晚大约在公元前一世纪<sup>①</sup>。它首先是在民间开始的。前已叙述,在汉王朝的天文机构里,直到公元后一世纪贾逵等人讨论历法的时候,还没有这样的仪器。只是经过这次讨论之后到永元十五年(公元103年),才造成一架“太史黄道铜仪”。

增加一个黄道环,实际并不是一件简单的事。因为黄道的方位是随着天球的周日转动而变化的,所以浑仪中的黄道环也必须能绕着极轴转动。而为了测定黄道度数,四游环必须能对向黄道环上的任何一点,所以,黄道环不能附着在四游环上。它只能附着在另一个赤经环上,而把那个赤经环仿照四游环那样套在固定环组上的极轴孔里,这样,转动赤经环,就可以使黄道环对向天球上的黄道。转动四游环,把窥管对向日、月、行星,就可从黄道环上和四游环相交的地方读出它们的黄道度数。因此为了增加黄道环,整个浑仪就必需增加一重环组。

由于黄道在天上只是太阳视周年运动的平均轨道,它并不是星空中一条明确可见的带。因此,要把黄道环对向黄道是一件很不容易的事。特别在太阳下山以后,要把黄道环对向黄道,只能通过观测恒星的位置来间接瞄准。所以,《后汉书·律历志》上说:

“仪,黄道与度转运,难以候。是以少循其事”。

也就是说,新设的黄道环,它的使用效率并不高。事实上,当时人们求天体的黄道度数大都是通过测得天体的赤道度数后在浑象——即天球仪,我们将在下文介绍它——上比量出来的。正因为黄道环的使用比较困难,所以在后来孔挺的浑仪中又把它废除了。历史常常是曲折地前进的,科学史上也不乏这种例子。

后魏明元帝永兴四年(公元412年)造了一架浑仪,称为太史候部铁仪。这架仪器大部分是用铁做的。它的结构基本上和孔挺的一致。所特殊的是它有个十字底座。仪器的东、西、南、北四根柱子就立在这十字底座上。底座上面有个十字沟,灌上水以后就能用作底座的水平校正器。这架仪器一直使用了二百年左右。

唐朝初年,由于工艺水平和科学技术的发展,使得天文学家李淳风有可能制造更复

<sup>①</sup> 在《后汉书·律历志》“贾逵论历”里引述了《石氏星经》中的一个冬至点的黄道位置,据推算,这是公元前80年的位置。

杂、精密的浑仪。贞观七年(公元633年)仪器制成,称之为浑天黄道仪。这架仪器有三重环组。外面一重是固定不动的,包括地平、子午、赤道三个环,(其中子午环是个双环,和孔挺浑仪一样),总称六合仪;中间一重环组直径八尺,整个环组可以绕极轴转动,也有三个环:黄道环,赤道环和白道环。所以这一重称为三辰仪;最里面的一重就是夹有窥管的四游环,李淳风称它为四游仪。

李淳风的创造主要在三辰仪,(1)他用一个赤道环和黄道环结合在一起,赤道环上刻着二十八宿的距度。这样,只要把赤道环和天上二十八宿的赤道位置对准(利用内重的四游环,这一点是不难做到的)以后,黄道环和天球上的黄道也就自然对准了。三辰仪解决了汉太史黄道铜仪所遇到的难题。不但如此,使用它还可以直接测读得天体的入宿度。(2)白道环的创设是前所未有的。月亮轨道——白道和黄道有比较大的交角(古代传统数据是六度,今测应为 $5^{\circ}9'$ ),在天文测算精度日益提高的情况下自然要求把白道度数和黄道度数区别开来,李淳风创设白道环就是为此。由于黄道和白道的交点是在不断移动的。大约249个交点月之后黄白交点沿黄道移动一周。因此,李淳风的白道环不是固定的。他在黄道环上打了249对孔,每过一个交点月就把白道环移动一对孔。

李淳风的浑天黄道仪被置在宫内,皇家天文机构中用的仍然是后魏制造的铁仪。这架仪器已经不能适应天文学的进步。唐玄宗开元九年(公元721年)一行受诏改治新历,就提出要制造一架新仪器。当下有率府兵曹参军梁令瓚用木料做了一件黄道游仪的模型。在一行的领导下于开元十一年(公元723年)把木模制成了铜器。

黄道游仪的结构和李淳风浑天黄道仪基本一致,也是三重。四游环的外圆周是一丈四尺六寸一分,即,以四分弧长为角度一度。最外面一重是三个环,和李淳风浑仪中的六合仪相当。所不同的只是取消了六合仪中的赤道环,而改之为过天顶和正东、西的卯酉环。中间的一重和李淳风的三辰仪相当,所不同的是把赤道环上每隔一度打了一个洞,使黄道环能模仿古人所理解的岁差现象,不断沿赤道退行。黄道游仪的名称即由此而来。至于白道环的移动则和李淳风的相仿,所不同的是黄道环上的穿孔也为一度一个,而不是249对<sup>①</sup>。这比李淳风的仪器要来得稍简便些。此外,为了能更方便地进行中天观测,黄道游仪中的四根支柱安放在四个斜角方向。

一行用黄道游仪做了许多工作。其中主要有月亮的运动、和许多恒星的黄、赤道度数及去极度、黄道内外度等的测定。前者的研究对大衍历的修订有很大意义,为交食计算的准确性提供了有利条件。从后者的测定中发现了恒星位置和南北朝以来的星图、浑象所标的位置相比有很多变化。这些变化经近人研究主要是由于岁差的原因而引起的<sup>②</sup>。

北宋时代制造的浑仪特多。计有至道元年(公元995年)的至道铜浑仪,大中祥符三年(公元1010年)的龙图阁铜浑仪,皇祐三年(公元1051年)的皇祐新浑仪,熙宁七年(公元1074年)的熙宁浑仪,元祐七年(公元1092年)的元祐浑仪等多架。这些仪器每架用铜约二万斤,制造技术也要求比较高。这些都是宋代生产力和科学技术高度发展的结果。

宋代的浑仪比起前代有许多改进,总括起来大概有下列几方面:

(1) 古代的浑仪常常把百刻这个时间分划单位刻在地平环上。这说明古人对于以

<sup>①</sup> 据《旧唐书·天文志》和《新唐书·天文志》的记载,李淳风在黄道环上打了249个孔,但249不能为2整除,黄白交点有两个,说249个孔,实际应是498个,249对孔。

<sup>②</sup> 席泽宗:借一行观测恒星位置的工作,《天文学报》四卷二期,1956年。

太阳的时角变化作为量度时间的尺度的概念还不很明确。直到于渊、周琮制造皇祐新浑仪时才取消地平环上的百刻分划,而只把它刻在固定的赤道环上,这样的环相当于现代赤道式仪器中的时盘,我们也可以称它为百刻环。

(2) 古代的窥管是一条正方形柱体的空管子,两端各有一个直径相同的圆孔。由于人目常常不置于下孔(相当于现代目镜的地位)的中心,这就会产生误差(相当于现代望远镜中因光轴偏斜而产生的照准误差)。沈括在制造熙宁仪中就把下孔经缩小,使它只有上孔经的五分之一。这样,人目挪动位置的余地就小,误差可以大大降低。

(3) 李淳风增添的白道环实际上很难使用。因为白道沿黄道后退的速度相当大。可是在每天的观测中又不可能使白道环作不断均匀的后退运动,往往只能是一个交点月終了才移动一次。这当然不精确。北宋以来关于天球坐标变换的计算虽然仍是用内插法近似公式,但计算已渐趋精密,因此已经有可能从月亮的赤道度数或黄道度数推算出相当正确的白道度数。因此,北宋的许多浑仪中就取消了这个不适用的白道环。沈括在他的著名论文《浑仪议》中就谈到了这一点。这个取消是科学进步的必然结果。

(4) 宋代已进一步注意到仪器的安装问题。从皇祐新浑仪开始,不但在仪器底座上开了水平沟,而且在六合仪的地平环上也开了一圈水平沟,以调整仪器工作部分的水平。

沈括还注意到仪器极轴的校正问题。他用通过浑仪南北极轴孔观测北极星位置的办法,求出北极星轨道的中心点,把极轴孔中心调整到这个位置上,使浑仪的极轴得到校正。

(5) 苏颂、韩公廉所负责制造的元祐浑仪是一座规模宏大的、复合的仪象台中的一部分。韩公廉设计,把浑仪用一套机械传动装置和一个以漏壶流水为动力的水运机构连接起来,使浑仪也随着天球一起转动。他并且还设法可以调整到使太阳经常在窥管的视场中。这样一来,只要在黄昏时把窥管对向了太阳,到日落见星以后就可以直接测读出太阳和恒星之间的赤经差或似黄经差了。

让仪器随天球运动而转动,这个设计思想是非常先进的。在欧洲,直到1686年才有意大利天文学家卡西尼(J. D. Cassini, 1625—1712年)利用时钟装置推动望远镜随天球旋转。而这已是在韩公廉设计之后600年了<sup>①</sup>。

(6) 韩公廉还是最早设计观测室的自由启闭屋顶的人。韩公廉的目的是避免风雨侵蚀,保持仪器的精密性。他的设计开创了与近代望远镜室的活动屋顶的先河。

北宋浑仪的制造已发展到高峰。宋室南渡之后,偏安江南,就不能再有北宋时的技术水平。直到1170年以前只能制造三、二个性能低劣的浑仪。北宋的浑仪则都被迁到金的首都燕京(即今北京),有的一直留存到明代,被明太祖朱元璋连同其他元代天文仪器一起迁往南京。明王朝迁都北京后,正统二年(公元1437年)行在钦天监监正皇甫仲和提出仿制南京的天文仪器其中包括浑仪。仿制于正统四年(公元1439年)完成。这架宋浑仪的仿制品几经沧桑现完整地保存在南京紫金山天文台上。

## 2. 简仪和仰仪

多重圆环结构的浑仪虽然是一种杰出的创造,在天文学史上起过重要的作用,但是它也有两个很大的缺点。一个是组装困难。这么多圆环,要求组装得各环的中心都相重合,这是比较困难的,因而,很容易产生仪器的中心差。另一个缺点是,环越多,遮蔽视线的机

<sup>①</sup> 据苏颂《新仪象法要》中所载“进仪状”说,韩公廉提出设计的时间约在公元1086年到1087年间。

会也越多,这就妨碍观测,降低使用效率。

从北宋开始,出现了两种趋势。一是减去可减省的环,如:取消白道环。一是改变环的位置,使它不挡住重要的观测空间区域。沈括在他的《浑仪议》中就指出:

“旧法黄赤道平设,正当天度,掩蔽人目,不可占察。其后乃别加钻孔,尤为拙谬。今当侧置少偏,使天度出北际之外,自不凌蔽”<sup>①</sup>。

关于地平环,沈括也有类似的议论和处理方法。这两种改进浑仪的趋势发展的结果,便产生了元代郭守敬的杰作——简仪。

为了修《授时历》的需要,郭守敬自公元1276年以来设计、制造了许多天文仪器,简仪就是其中的一件。公元1279年,元太史院建成后,简仪和另一件天文仪器仰仪一同安装在太史院灵台的顶上。

早在金章宗承安四年(公元1199年)时,有个名叫丑和尚的人向金政府进呈了许多天文仪器的图样,其中就提到有简仪。金王朝曾命有关部门“依式造之”,但结果如何却没有下文。丑和尚的简仪与郭守敬的简仪有何关系,尚无法肯定。不过注意到郭守敬和王恂、张文谦等修授时历的主要领导人都是金朝末年河北省人,人们可以推测,郭守敬的简仪和丑和尚的名称完全相同,恐怕不完全是巧合。

但是,即令丑和尚的简仪图样曾给郭守敬以某种启发,然而在没有实物可资借鉴的情况下,郭守敬要在七、八十年之后把它制造出来,这仍然是一项伟大的创作实践。

简仪的结构完全是针对浑仪的缺点而设计的。它摒弃了把测量几种不同系统坐标的圆环集中在一起的作法,把浑仪分解为两个独立的仪器,即赤道经纬仪和地平经纬仪。每个仪器的结构都十分简单。赤道经纬仪只保留了原来浑仪中的四游、赤道和百刻这三个环。而且把赤道环和百刻环移到四游环的南端。这样,四游环的上方几乎一览无余,没有任何障碍。

地平经纬仪实际是一个新创造的仪器。一共有二个环,一个是地平环,从地平环中心之上立一个与之垂直的立运环。立运环也可以旋转,和四游环的性质差不多。

赤道经纬仪和地平经纬仪安装在同一个长方形的铜底座上。赤道经纬仪没有名称,它是简仪的主体,也可以直称它为简仪,地平经纬仪则有个专称叫立运仪。

简仪的赤道装置是用两组支柱把四游环转动轴的两头北高南低地支架起来,使转动轴和天球极轴方向平行。这样一个支架结构和近代望远镜中广泛应用的天图式赤道装置的基本结构是一致的。而天图式赤道装置在欧洲却是从十八世纪开始的。

为了提高简仪安装的准确度,郭守敬除在简仪底座上开了水平沟之外,还采取了两项措施。为了校正仪器安装的方向,郭守敬在南部底座上安置了正方案。在现存南京的明制简仪上有一块平面日晷,其实在那儿本来安的是正方案,日晷是明末清初改换上去的<sup>②</sup>。

为了校正仪器的极轴,郭守敬也使用观测北极星位置的方法。但他不是通过极轴孔,而是另外在简仪上安装一个候极仪。候极仪分两部分。在赤道装置的北部支架上放一定极环,环中斜放一个十字交叉,交叉中心有一直径半分的小孔。在南部支架上放一铜板,板中央挖一直径一分的小孔。定极环小孔中心和铜板小孔中心的联线和仪器的转动轴线

<sup>①</sup> 《宋史·天文志》。

<sup>②</sup> 这是北京天文馆伊世同的研究结果。

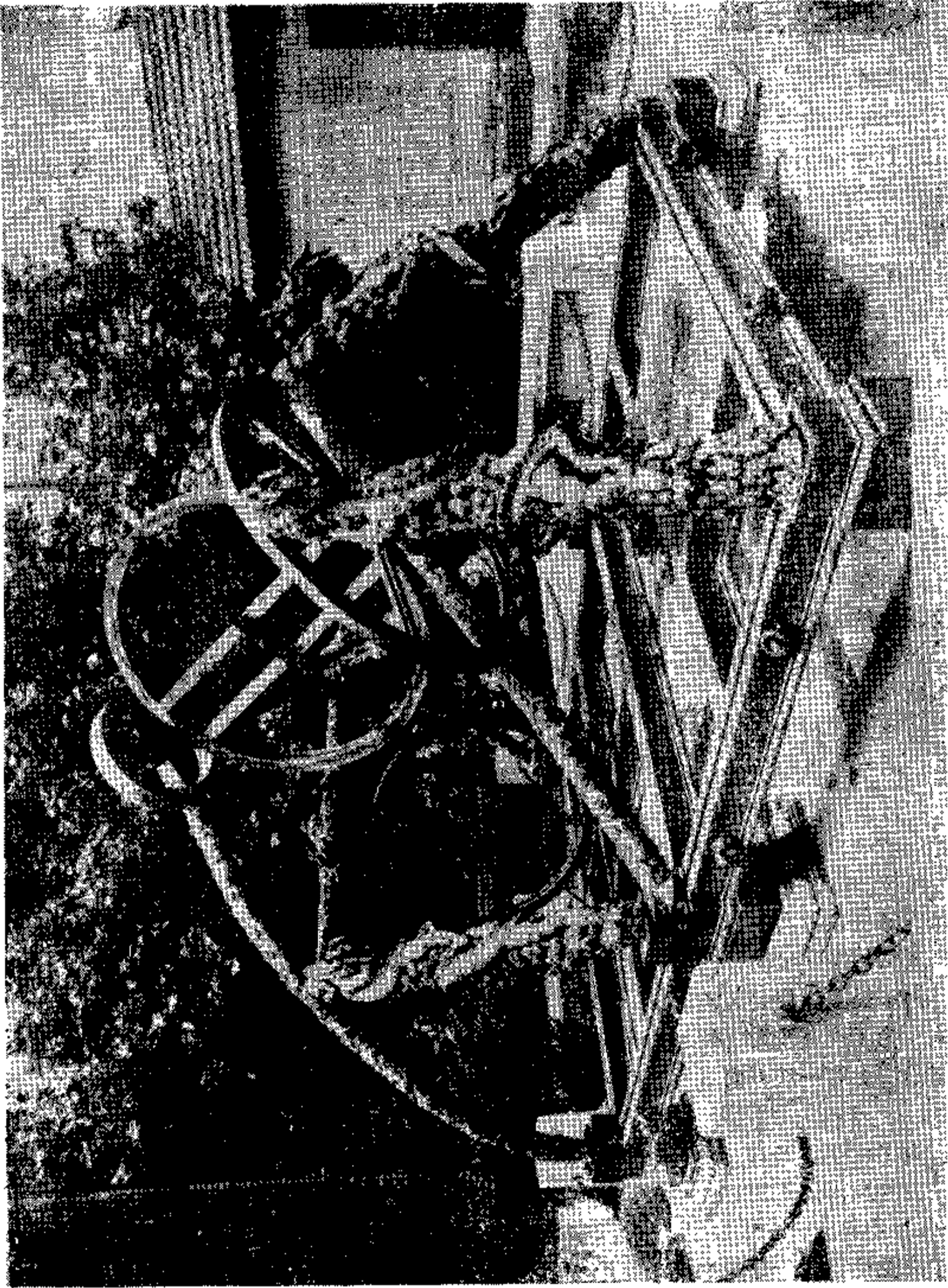


图9-10 明制简仪 原在北京，今存南京紫金山天文台。

平行。校正时就从铜板孔观测北极星在定极环内的位置, 求出其周日运动轨迹的中心。当定极环小孔中心和它重合时, 简仪的极轴也就安装正确了。

简仪的四游环也是双环, 但郭守敬却把窥管的三面管壁去掉, 只剩一条两头带着横耳的铜条, 称为窥衡。横耳位置稍往里缩, 腾出铜条两端削成锐形, 以指示读数。郭守敬还在两个横耳上的圆孔中央安上一条很细的垂直铜条面的线。两条细线构成的平面通过窥衡的旋转中心及四游环的中心。观测时使两条细线和星重合, 这样可以防止人目位置不正所产生的误差。

简仪在南部的赤道环面上装了两条长铜条。铜条中心正在赤道环的中心。它们被称为界衡。每条界衡的两端都用细线和北极轴连结起来, 成为两个三角形, 它们构成两个赤经平面。把这两个赤经平面对向两个天体, 在两界衡尖端所指之间的赤道度数就是这两个天体之间的赤经差。

简仪的另一个重要成就是提高了刻度分划的精细程度。元以前的仪器最多只能量到一度的四分之一, 估量到十二分之一。可是简仪能量到十分之一度, 估量到二十分之一度。有意思的是百刻环上的每刻等分为三十六。它的一圆周就是三千六百分。这相当于把一圆周分成 $360^\circ$ ,  $1^\circ$ 又分为十分的制度。 $360^\circ$ 制度曾经在唐代由印度传入中国。元初, 阿拉伯天文仪器传入中国, 它们所使用的也是 $360^\circ$ 制。郭守敬简仪百刻环上的分度法似乎是受到 $360^\circ$ 制度启发的。

郭守敬在重叠着的百刻环和赤道环之间安装了四个圆柱体, 用来减少赤道环转动时的摩擦阻力。这个发明是近代机械中所谓“滚柱轴承”的先声。西方发明滚柱轴承大约在郭守敬之后二百年<sup>①</sup>。

过去的浑仪虽然有地平环, 但因为四游环是绕天球极轴转的, 所以浑仪实际上并不能测量天体的地平坐标。郭守敬的立运仪是第一架能同时测量地平经度和地平高度的天文仪器。

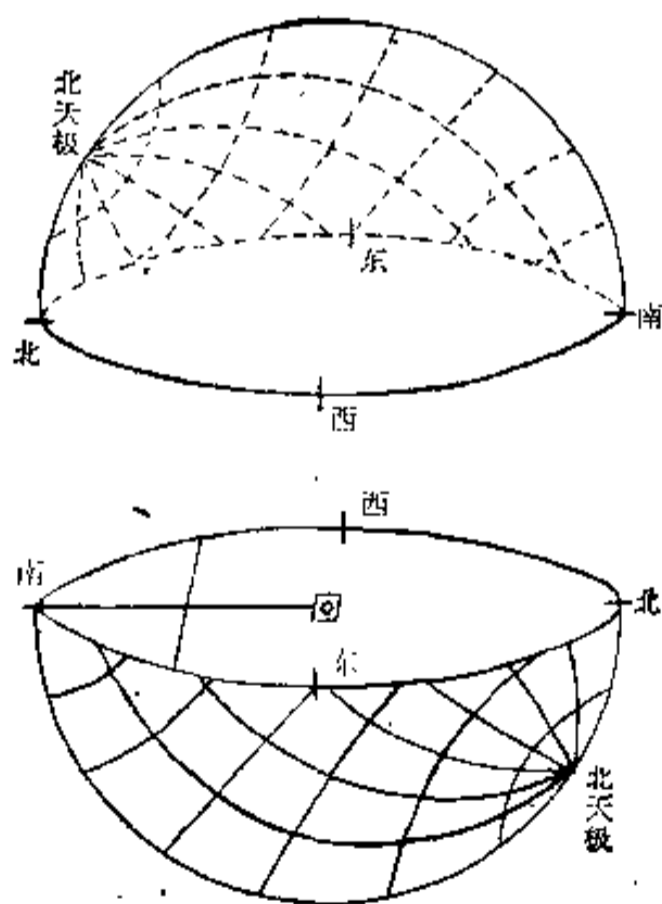


图 9-11 仰仪示意图, 上方为地平以上天球赤道坐标网示意图。

简仪是我国古代人民的又一件伟大创作, 它把我国传统的赤道式天文仪器发展到一个新的高峰。在西方, 直到十六世纪末才有丹麦的大天文家第谷制造出能和简仪相匹敌的仪器出来。但, 那已在郭守敬之后三百年了。

郭守敬的原制简仪已在清初被毁, 现在只剩下一件明正统四年的仿制品, 在某些方面它已不如郭守敬的原件。但元代简仪的制度和结构尚可由此而见一个大概。今天到紫金山天文台去参观的人都一定会去观赏一下这件宏伟的古代天文仪器。它是我国古代人民伟大科学创造力的历史见证。

郭守敬是个杰出的天文仪器发明家。除了简仪之外, 他还创造了许多有价值的仪器。其中还有一件测量天体球面坐标的仪器, 那就是

① 见刘仙洲: 《中国机械工程发明史》第38页。



前面已提到过的仰仪。

仰仪是一个直径一丈二尺的中空铜半球。好象一口仰放着的锅。锅口上刻着方位，它相当于浑仪中的地平环。因此，在锅口上也刻着一圈水沟，以校正仪器的水平。在锅口的南半部放着正十字相交的竿子两根。南北向的竿子的北端伸向半球中心。在这一端上装一块小方板。这块板可以作东西向和南北向的转动。这块板的中心，在仰仪半球内面上刻着赤道坐标网，刻的方法是把天球地平以上的半球通过小孔投影到仰仪内球面上。太阳光经过小孔在仰仪球面上造成一太阳像。从坐标网上可以直接读出太阳所在的去极度、时角和地方真太阳时。特别在日食时，通过仰仪可以清楚地观测日食的过程，测定各食相的时刻和方位以及食分的多少。这个仪器避免了肉眼对强烈的太阳光作直接的观测，是个很大的优点。

### 3. 浑象、浑天象及其他演示仪器

浑象和浑天象是表现天球运动的仪器。它们是浑天家发明来说明浑天学说的，因此有时也称为浑天仪。大凡在早期（比如说，隋、唐以前）这些名词常常和观测仪器——浑仪这个名词混用一起。不过，观测仪器却从来没有称作象的，因此，我们的叙述中将把表演仪器都称之为象。无论浑象或浑天象，其基本构造都是一个圆球，上面画了星辰和黄道、赤道等天球上几个特殊的圈、线。所不同的是大地的地位。按三国时吴中常侍王蕃的说法：凡地在天内的表演仪器称为浑天象；凡地在外，象征性更强的表演仪器称为浑象<sup>①</sup>。然而，直到宋以前，两者大概并无重要差别。因此，它们也是混用的。

古代的浑象除了用作演示仪器之外，大概还有另外一个用途，即可用作黄道度数和赤道度数互相变换的仪器。既然浑象上画有黄道和赤道，那末，只要这个浑象足够大，就可以在浑象上直接进行比量，得到黄道度数和赤道度数互相对应的比较精确的数值。也可以比如说从冬至点开始，每过一个节气，量出相应的黄道度数和赤道度数，求出它们两者的差数。这样，二十四个节气可以排出一张黄赤道差数表。然后运用内插法来计算任意度数的黄、赤道差，进而使黄赤道度数互换。关于浑象的这种用途，在一篇名为《张衡浑仪》的文章中讲得很清楚，此文由梁代的刘昭注《续汉书·律历志》时收入后汉四分历中作为注文。读者可以参阅。

最早有明确记载的浑象当推是东汉时张衡作的浑天仪。然而，《宋书·天文志》说得很明白：

“古旧浑象以二分为一度。……张衡改制，以四分为一度。……蕃以古制局小，星辰稠概；衡器伤大，难可转移。改制浑象，以三分为一度。”

那么，这个古旧浑象是谁创制的呢？据《隋书·天文志》的推测，认为可能是落下闳所作的。其根据就是前文所引虞喜关于落下闳“于地中转浑天，……作《泰初历》”的话。然而从杨雄的话来看，浑象的创制者应是耿寿昌<sup>②</sup>。对此，杨雄的话当然比《隋书·天文志》的推测更权威。至于在耿寿昌之前是否就曾有过浑象，这个问题现在还没有任何线索。

耿寿昌的浑象只留下一个尺寸，即二分为一度，周长七尺三寸半分。大约是个直径二尺多的一个圆球。其他情况则一无所知。想来应和张衡浑象上的内容相去不远。

<sup>①</sup> 见《隋书·天文志上》“浑天仪”一节。

<sup>②</sup> 参见本章前文“浑仪”一节。

关于张衡的浑象(当时称浑天仪)传世的材料比较多。它的主体是个直径为四尺六寸多的大圆球。球上画了中、外星官,二十八宿,黄道、赤道,二十四节气,北极常显圈,南极常隐圈,等等。整个球可以绕着南、北极轴转。作为一个浑象,它应该有一个地平环围着那个大圆球以象征地。在大圆球外面还应该设法附有日、月、五星这七个天体的模拟物。它们可以仿照天上的实际情况挪动位置。

张衡的浑象是个划时代的创造。他在浑象上装置了一套齿轮系机械传动装置,利用漏壶流水的稳定性,推动浑象均匀地绕极轴旋转。它的速度可以控制得和天球的旋转速度一样。这一来,昼夜交替,星辰出没都和天上的实际相应。这架仪器形象而雄辩地证明了浑天学说的正确性。因此,它又被称为浑天仪,或漏水转浑天仪。不仅如此,这套仪器还带动了一个称为瑞轮蓂莢的机械日历,能随着月亮的盈亏表演一个阴历月中日期的推移<sup>①</sup>,它相当于一个机械自动日历。

张衡的发明开创了我国水运浑象的光辉传统。这一传统的发展后来成了世界机械天文钟的祖先。张衡的首创之功是永不磨灭的。

张衡之后有三国时吴国的陆绩、王蕃制造过浑象。陆绩因为过去的浑天家把“天地之体”打了个比方,说是“状如鸟卵”,所以它造的浑象就做成鸟卵形状。照这么看来,他的浑象的地应包括在天中,而且应该是个圆球。因为古代的浑天家还继续打比方说:“天包地外,犹壳之裹黄也”<sup>②</sup>。如果地作成圆球状,这就是一个重要的进步。因为过去从来没有人这样明确地提过。但是天作成鸟卵却陷入了对前人的话的形而上学的理解。这种作法受到比陆绩稍晚一些年的王蕃的批判,以后再也没人尝试过。

至于王蕃本人的浑象,则与张衡的没有多大差别,只是大小减了四分之一。另外,有无水运的机械传动装置,则史无明文。

史书明文记载继承了张衡机械转动浑象这个传统的是吴国的葛衡、宋代的太史令钱乐之和梁代的陶宏景(441—536年)<sup>③</sup>。他们的仪器都是地在天中的。陶宏景的浑天象史书明文记载高只有三尺许。这表明古代的浑天象虽然是地在天中的,但却并不是要人们钻到仪器里面去观察,而是仍然在外面观看的。由此可以推想,浑天象和浑象不一样,它的天球不是一个完整的圆球面,而是在球上面挖去了许多空缺,以便能通过空缺明显地看到天中的地。

以上这些机械转动的仪器,大概都是用漏壶的流水控制的,因为只有这种流水才能是流速相对稳定的。但是,整个仪器的转动是否仅依赖于漏壶水的压力,抑或尚需借助于其他的力量(如人力)?提出这个问题是很自然的,因为漏壶水的流量很小,造成的压力不大。而如张衡的浑象还要带动机械日历;钱乐之的浑仪是个直径六尺多的大铜球,推动它们旋转均须比较大的力量。这是第一个理由。第二个是技术上的理由,按照力学原理,一个物体受到外力以后将产生加速度。一架浑象受到外力推动后产生加速运动,它就不可能保持对真实天球运动的模拟。为此就必须有一种机械装置来控制浑象球的运动,使之变成间歇的,这就是后世机械钟表中的擒纵器机构。在隋唐以前是否已经发明了这种

① 蓂莢是一种传说性的植物,据说它能随着月亮的圆缺在上半月每天生一张叶子,过了望以后每天掉一张叶子。张衡的浑象就是在这个传说启发下创造的。

② 《宋书·天文志》引王蕃的话说:“前儒旧说,天地之体,状如鸟卵,天包地外,犹壳之裹黄也”。陆绩的工作可见宋、晋、隋等书的天文志。

③ 葛衡的工作见《隋书·天文志》,钱乐之的工作见《宋书·天文志》,陶宏景的工作见《南史·陶宏景传》。

机构,没有任何线索。根据这种情况,我们宁可相信,最古的水运浑象在漏壶流水之外尚需人力作为动力,而漏壶则主要起着向人发出动作信号的作用。

这种猜想还可有一条旁证。

隋朝的耿询也曾创造过一架“浑天仪”。《隋书·耿询传》记载说:

“询创意造浑天仪。不假人力,以水转之,施于闾室中,使智宝外候天时<sup>①</sup>,合如符契”。

这里明确指出了耿询的浑天仪是用水推动的,而且“不假人力”。这样的记载出现在史籍上还是第一次。这似乎意味着过去的水运浑象是需要用人力帮助的。另外,耿询的水运浑象既然可以“不假人力”,这就说明,其中可能已出现了控制齿轮转动的某种原始形式的擒纵器。

水运浑象既然受漏壶流水操纵而又能逼真地反映天球的旋转,人们当然也就会想到可以利用它来作为一种反映时间流逝的新装置。这种设想从唐代开始实践。第一件作品就是开元十一年(公元723年)一行和梁令瓚等人合作制造的开元水运浑天俯视图(或简称开元水运浑天)。它不但能表演天球和日、月的运动,而且立了两个木人按刻击鼓,按辰打钟。

北宋太平兴国四年(公元979年)来自四川民间的天文学家张思训发展了梁令瓚的工作,制成一台大型的“太平浑仪”。仪高一丈多,象一幢多层楼阁。它有铃、钟、鼓三种信号报时刻数,又有十二个木人拿了时辰牌循环而出以报时辰数。它的日月昼夜行度完全是由仪器自然运行而表现的。值得注意的是,《宋史·天文志》指出:“象皆取仰视”。这是否意味着人必须是钻到天球里去观测的?如果是这样,那么这就是近代天象仪的祖先了。

张思训的太平浑仪不用水而改用水银作动力。现在我们知道,水银的粘滞系数受温度变化的影响很小,它的流速能比水更为稳定。

由吏部尚书苏颂领导建造、吏部守当官韩公廉设计的元祐浑天仪象(今通称水运仪象台)是中国古代最宏伟、最复杂的一座仪器。这座仪器建成于元祐七年(公元1092年)。它包括了浑仪、浑象和报时器三个部分。它实际上是一座小型的天文台。它的顶部是置浑仪的小屋;中部就是浑象;底部则是报时器。这三个部分用一套传动装置和一个机轮联接起来。用漏壶水转动机轮带动仪、象、报时器三个部分一起动作。其中浑象部分和以往的作品大体相同。而报时器的报告项目却增加了昏、旦时刻和夜晚的更点等,达到了空前复杂的程度。

元祐水运仪象台造成后苏颂把整个仪象台的结构、部件的形状、尺寸等等写成一份说明书《新仪象法要》。这是我国现存最早、最详尽的一部天文仪器专著。特别珍贵的是书中附有丰富的机械插图。从这些图和简明的文字说明使我们有可能清楚地了解当时科学技术的发展水平和这个巨大发明本身的具体结构。在这里,我们应当高度赞扬李约瑟<sup>②</sup>和王振铎<sup>③</sup>等人对《新仪象法要》的重要研究。他们从中发现了近代机械钟表中最重要部件之一——锚状擒纵器的雏形,从而证明了我国的水运浑象是世界天文钟的直接祖先。

苏颂、韩公廉于水运仪象台完成后,再接再厉,又制造了一架浑天象。它的天球直径

① 智宝,姓高,是太史局的官员。耿询从他学的天文、算术。

② J. Needham and others: *Heavenly Clockwork*, Cambridge.

③ 参看王振铎:揭开了我国天文钟的秘密,《文物参考资料》,1958年第四期。

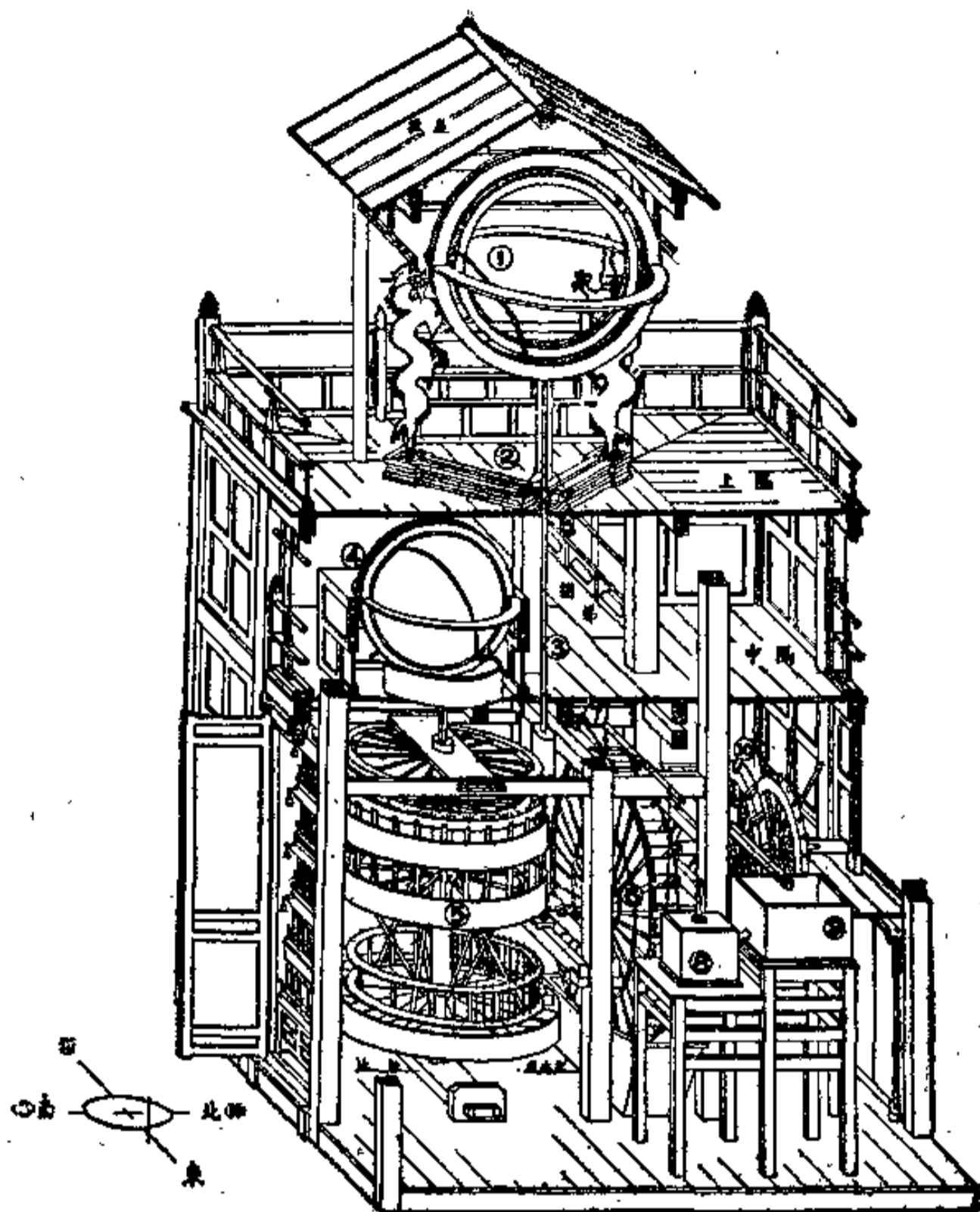


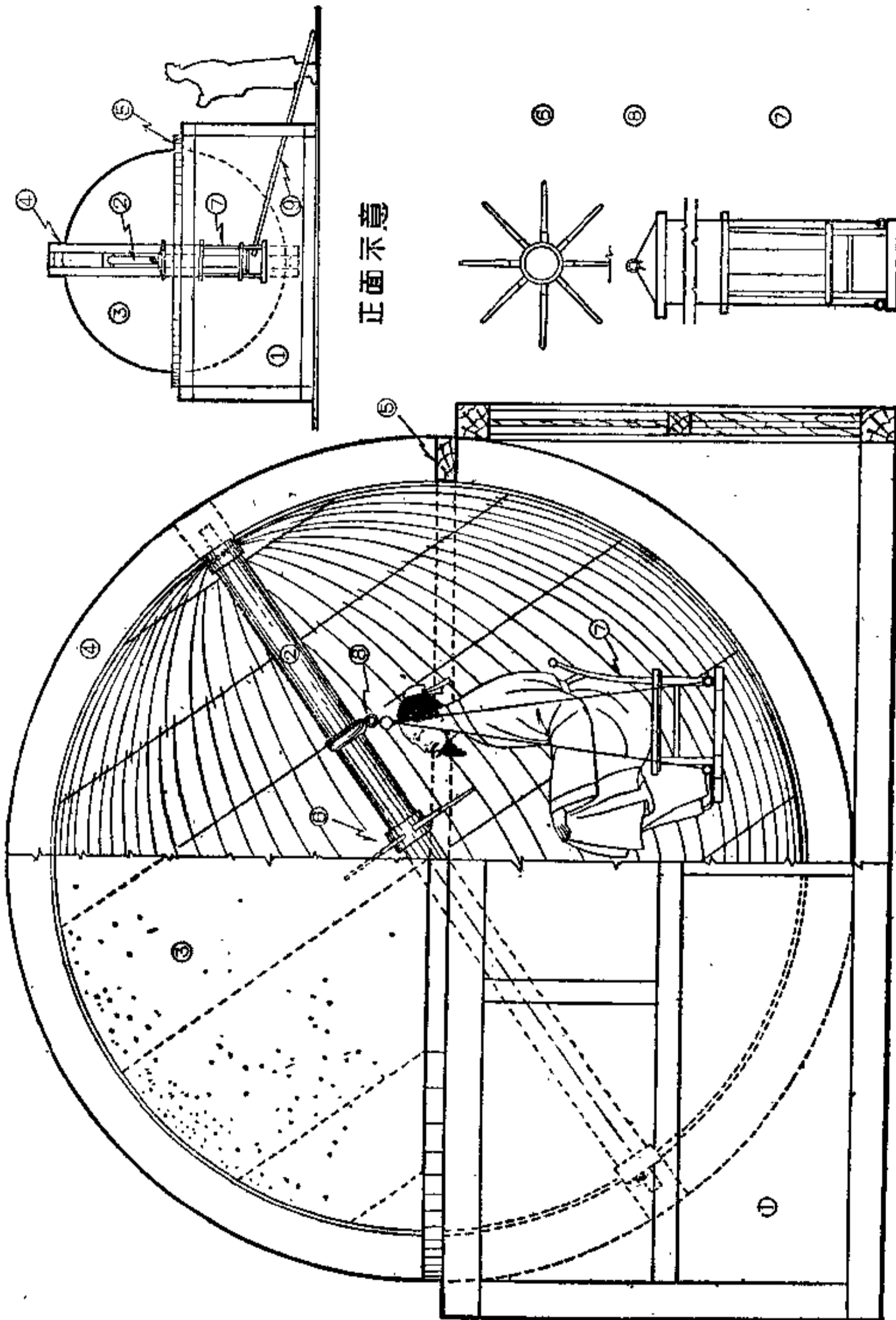
图 9-12 苏颂-韩公廉水运仪象台复原透视图 采自《中国古代科学家》，原图系王振铎复原绘制

有一人多高，史料明确指出，人是钻到球里面观看的<sup>①</sup>。韩公廉等人在球面上相应于天上星辰的位置处凿了一个个小孔。人在里面就能看到点点光亮，仿佛天上的星星一样。天球也用水力机械带动。这是历史上第一架记载明确的假天仪。它和近代的天象仪作用完全类似，所不同的是韩公廉浑天象的光源在外，表演的内容比较单一。而天象仪的光源则在内，且能表演众多的复杂现象。

宣和六年(公元1124年)有个王姓的方外之士设计制造了一架“玑衡”。它也是一具水运浑象，附有报时辰的装置。它的主要特点是把日、月都做成球形，可以表示月亮的圆缺变化。这就有点类似三球仪的性质了。

但是，这个三球仪有一个缺点。它把太阳、月亮都放在黄道平面上，因此，与实际的天象就不完全符合。这个缺点在郭守敬手里得到了改进。郭守敬于大德二年(公元1298年)造了一架灵台水浑。他让太阳和月亮在两个不同的圈上转动，并且月亮运行的那个圈能

<sup>①</sup> 见宋王应麟：《玉海》卷三。关于这段史料，王振铎有专文研究：中国最早的假天仪，《文物》，1962年三月号。



正面示意

侧面

图 0-13 韩公廉假天仪想象图, 采自《文物》1962年第三期, 原图系王振铎同志设计绘制。

沿着太阳的圈后退,就象天上的白道沿黄道后退一样。郭守敬的灵台浑天仪表演的天象达到了十分复杂的地步。

郭守敬继韩公廉之后也制造了假天仪。他称之为玲珑仪<sup>①</sup>。玲珑仪上不但因星凿窍,而且还把赤道坐标网也凿出了孔。人在里面可以直接观测坐标网的出没,对星体的位置更觉亲切。由于这个缘故,玲珑仪上的孔特别的多。杨桓的《玲珑仪铭》中说它有十万余目,如果不是打上坐标网,那是不可能有这么多孔的。

我国浑天仪制造史上还有一件别致的作品。那是元至正年间(公元1341—1368年),苏州有个王漆匠,他心灵手巧,曾经制造过一架可以折叠的浑天仪。它的收藏和携带都很方便。他曾用牛皮制作过可以拆卸和组装的船只<sup>②</sup>。根据这个经历,我们可以推测,这架折叠式浑天仪大概是一架浑象,它的天球是用牛皮缝制的,安装时充气鼓圆,收藏时放气折叠。人民群众有着无穷的创造力,王漆匠的创作是又一个生动的证明。

入明以后,直到明末,天文学总的说来处于停滞状态。天文仪象方面也再没有重大的创造。虽然和浑仪、简仪等一样,曾经仿制过浑象,但只是一个一般的天球仪而已,至于水运浑象方面的制造却是完全停顿了。

#### 4. 西域仪象

元世祖至元四年(公元1267年),西域人扎马鲁丁在撰进万年历的同时,带来了七件西域仪象。这七件仪象在《元史·天文志》里有概要的介绍。它们是有关带到中国来的阿拉伯天文仪器中最明确、可靠的史料。对此,国内外已有许多学者进行过研究。

按照英国学者李约瑟教授的意见,这些仪器是元世祖忽必烈的弟弟、统治波斯一带的旭烈兀汗(或其继承人),派马拉干城的天文学家扎马鲁丁送来给忽必烈的。至于扎马鲁丁究系何人,在来华前从事什么具体工作,任什么职务等等,至今均难以考定。

这七件仪象按《元史·天文志》记载是:

(1) “咱秃哈刺吉,汉言混天仪也”。按汉字字音译出阿拉伯文原名为 Dhātu al-halaq-i。

德国学者哈特纳意译为多环仪。李约瑟认为它是件浑天仪,它不是托勒密式的,而是赤道式的,但有两个回归圈(或恒显圈及恒隐圈)附在带照准器的活动赤纬环上。

按《元史》的描述,它有一个地平环,一个子午双环和一个与赤经圈相当的四游双环。这些的确都和我国传统的浑仪结构一致。但是,在四游双环之内还有两个环。《元史》是这样描述的:

“内第三、第四环皆结于第二环(按,即四游双环),又去南北极二十四度,亦可以运转。凡可运三环,各对缀铜方钉,皆有窍,以代衡箫之仰窥焉”。

所谓“铜方钉”,就是后来清初黄道经纬仪等上设有的“光耳”、“游表”。它们是一种照准器。西方一直到第谷的仪器上也是用这种游表作照准器,而不大用窥衡、窥管之类的东西,既然咱秃哈刺吉的第三、第四环上也设有照准器,则可以肯定它们不是回归圈或恒显、恒隐圈。我们认为它们实际是黄经圈和黄道圈。黄道圈和黄经圈相固结,而黄经圈又结在

<sup>①</sup> 见李迪:对郭守敬玲珑仪的初步探讨,《北京天文台台刊》,第十一期,1977年7月。

<sup>②</sup> 《吴县志》卷七十五:“王某,郡中漆匠也。至正间尝以牛皮制一舟,内外饰以漆,解卸作数节,载至上都,游漾滦河中,可容廿人,上都之人未尝识舟,睹者异之。又尝奉旨造浑天仪,可以折叠,便于收藏,其巧思出人意料”。

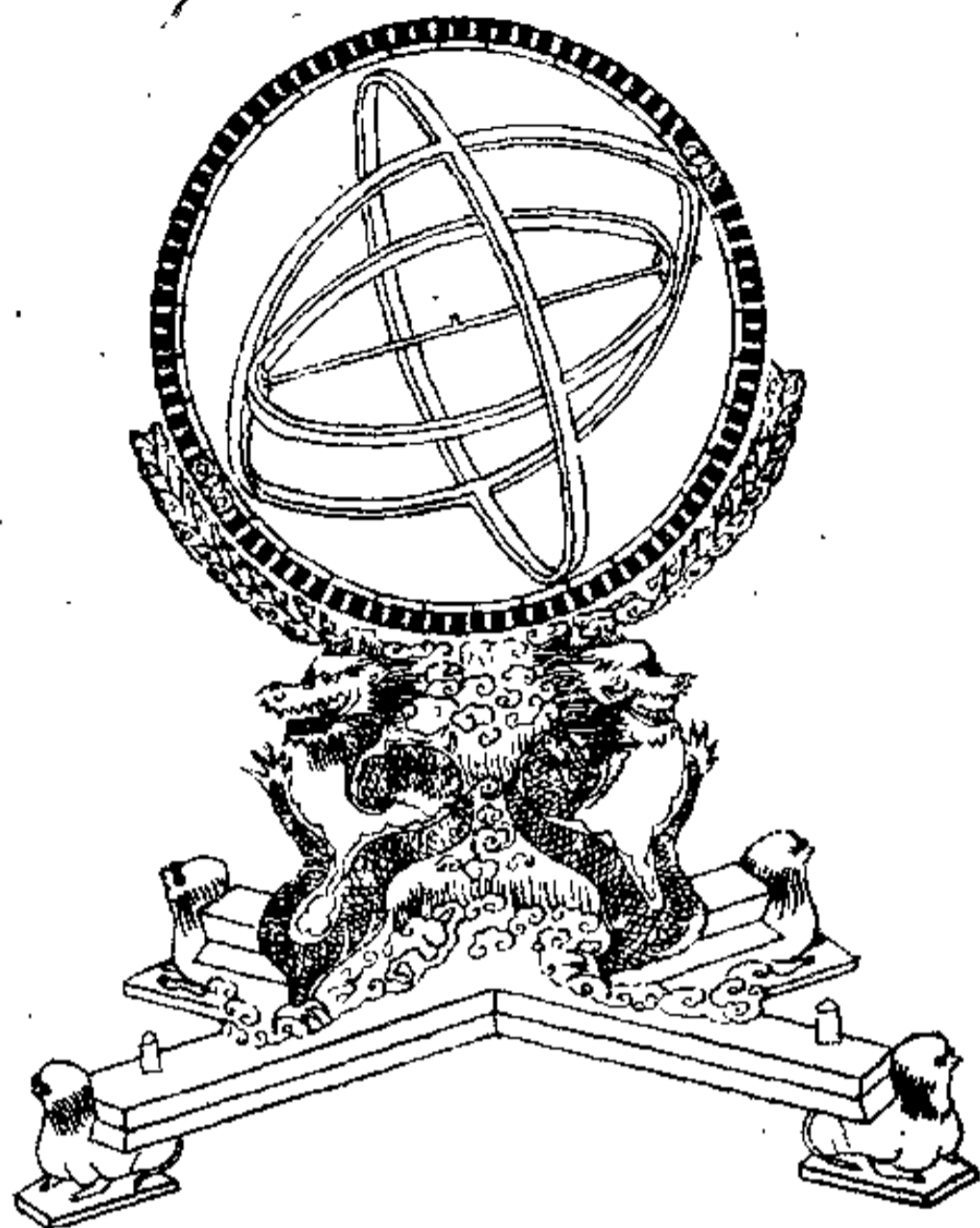


图 9-14 清初的黄道经纬仪 采自常福元《天文仪器志略》。

四游环上离南、北极二十四度即相当于黄极的方向，则黄经圈就可以绕黄极旋转。因此，咱秃哈刺吉是一种托勒密式的使用黄道坐标的浑仪（我们可以称之为黄道浑仪）。《元史》译成“混天仪”，而不译成“浑天仪”，这并不是他们随便用了个同音异体字，而是因为翻译者很清楚这种仪器既与我国传统的赤道式浑天仪相似，又有质的不同。这样的翻译是有他们的认识的。

(ii) “咱秃朔八台，汉言测验周天星曜之器也”。

哈特纳译音：Dhātu'sh-shu'batai，意译双股仪。他认为即是托勒密的长尺(Organon parallaction) 这大概是正确的。

按《元史》的描述。这是在一根七尺五寸高的铜表上，设了机

轴，悬挂了一根五尺五寸长的铜尺。又加上一根同样长的窥箫。箫下端和铜尺之间又有一根横尺。整个仪器可以绕着铜表左右转动，而窥箫可以高低举动。这是一种测量天体的天顶距的仪器。窥箫、铜表和横尺构成一个等腰三角形，从窥箫所加横尺离铜表的长度可以用三角学推算出窥箫所指的天顶距。当然，也可以在横尺上直接刻出角度数，不过这种刻度是不均匀的而已。在托勒密的《Almagest》五卷第十二章中介绍了一种用来测月亮视差的观测器械，和《元史》介绍的上述仪器基本一致。不过托勒密用的是三棱柱，而不是叫铜表。

(iii) “鲁哈麻亦秒凹只，汉言春秋分晷影堂”。

哈特纳译音：Rukhāmāh-i-mu wajja。但不知为什么，他把它解释成“冬夏至晷”，又叫非均匀时平面日晷。

按《元史》的描述，这座仪器是置于一座密闭的屋子里的。循东西方向的屋脊上面开了一道缝，日光从缝中通过。屋中有一座台，台上斜仰置了一个铜的半圆环。斜度是南高北下，沿着过横缝的赤道面方向。有一根六尺长的铜尺贴着半圆环面安放，一头结在半圆环的中心，一头可沿着半圆环挪动。当太阳在春秋分时日光正好照射到半圆环上，由此可进行观测，以求得春、秋分的准确时刻。

根据这个描述，可以知道，“冬夏至晷”的名称是弄错了。它很可能与下面的另一件仪器搞颠倒了。至于把它叫做日晷，尤其称做非均匀时平面日晷，那更是个误解。日晷是利用太阳照射某个指针所投射出的影子的长度和方向来测定地方真太阳时的仪器。而这座

春秋分晷影堂则是测定节气的仪器,和日晷完全是两回事。和春秋分晷影堂相类似的仪器,现在在印度的德里、斋浦尔(Jaipur)等地还可以见到,那是十八世纪初印度天文学家摩诃罗闍·贾伊·辛格(Maharajah Jai Singh, 1686—1743年)所造。李约瑟的《中国科技史》第三卷,第二十章中记有对这种仪器的简单描述和照片。他把它们称做春秋分晷。

(iv) “鲁哈麻亦木思塔余,汉言冬夏至晷影堂也。”

哈特纳译音: Rukhāmāh-i-musta iya。但却把它称作“春秋分晷”,这显然是和上面的那件搞颠倒了。至于又把它解释成均匀时平面日晷,那也是个误解。它和上述春秋分晷影堂一样,是测定节气的仪器,而不是定地方真太阳时的仪器。

按《元史》的描述,这是一间占平常房间五间那么大的屋子。屋子里挖了深二丈二尺的坑。屋脊循南北方向,上面开了一道南北方向的缝。随着这条缝隙立一道墙壁,壁上悬一铜尺,长一丈六寸。还仰天画了一个半圆环,标分有刻度。尺子可绕着这半圆环的中心转动。当太阳走到子午线上时光线从缝中直射下来,可以用铜尺观测它的赤道纬度,以确定冬、夏至的准确时间。这座仪器的本质和中国的圭表是一致的,都是子午观测,不过它不用直尺量影长,而是直接量角度求出太阳赤纬,从这一点来讲,有它的优点。而中国圭表的优点则是简便易行,同时长度测量比圆环角度测量容易精确的多。

(v) “苦来亦撒麻,汉言浑天图也”。

哈特纳译音: “Kura-i-samā’”,意译: “斜丸浑天图”。关于这件仪器,各研究者都没有分歧。认为就是天球仪。

从《元史》描述来看,这是一个铜球,上面刻有星座和黄道,外面有地平、子午、赤道三个环架起来。这的确是天球仪。但是《元史》只提到了球上刻有二十八宿。至于这是中国的二十八宿,还是阿拉伯的二十八宿,甚或“二十八宿”只是一个笼统的称呼以代表天球上所画的全部星座?这个问题尚难回答。

(vi) “苦来亦阿儿子,汉言地理志也”。

哈特纳译音: Kura-i-ard。研究家也都一致认为是地球仪。

《元史》描述,这是个木制圆球,上面画有陆地(白色)和江河湖海(绿色),陆、海的比例为三比七。球上还画有小方格,用来计算道里的远近。这些小方格显然就是经纬线。虽然在五百多年前的僧一行和南宫说已提出了纬度里差的问题,四十多年前的耶律楚材提出过东西里差的问题,但是,统一的、比较科学的经纬度概念应该是在这架地球仪上第一次反映出来的。然而,不知为什么,它并未在元代天文学史上产生什么重要影响。一个合理的解释是,与比较科学的经纬度概念相联系的一套计算方法没有传来,或,因为中国数学的特点,这套方法虽传来了,却没有被接受。只要没有实际可行的计算方法,概念就不可能产生重要影响。

(vii) “兀速都儿刺不,汉言定昼夜时刻之器也”<sup>①</sup>。

哈特纳译音: al-Usturlab,即星盘。另一个德国学者齐纳(E. Zinner)认为它是漏壶,李约瑟指出这是错误的。

从《元史》的简单描述,可以肯定这是个星盘。星盘后来在明末时候又由耶稣会士利玛窦再次传入。当时由中国学者李之藻写了一本说明书:《浑盖通宪图说》,详细介绍了

<sup>①</sup> 原文为:“兀速都儿刺不定,汉言昼夜时刻之器也”。按阿拉伯文语音,仪名词尾不应有“定”字,显然这里有误今改正。



它的结构、原理、制法和用法。读者如有兴趣,可以阅读一下该书。在此我们就不再多述。只是指出一点:星盘上的观测照准器是一条铜条。铜条两头有立耳。立耳上各有一孔。铜条贴着盘面旋转,通过立耳上的两个孔进行观测。这条铜条和郭守敬简仪中的窥衡形状完全相似。郭守敬很可能是从星盘上得到启发的。

不过总的说来,这几件仪器都没有和中国传统的天文学结合起来。其中原因之一正如李约瑟教授指出的,那是“由于它们不适合中国天文学特有的体系——有天极,并使用赤道坐标。”例如托勒密式的黄道浑仪或长尺,就很难使不采用黄道坐标和天顶距的天文学家感兴趣。原因之二则是我们上面已提的,与使用这些仪器有关的数学知识,计算方法没有一起传进来。这样,除了在扎马鲁丁来华后建立的回回司天台的工作人员之外,其他人也就很难使用那些仪器来进行研究工作。这一点和明末清初的情况相对照一下就更可理解了。上述七件仪器中的混天仪、浑天图、地理志、定昼夜时刻之器等在明末清初又由来自欧洲的耶稣会士再次传入。但这次却得到了中国学者的采纳和使用。其原因当然也是多方面的,但是其中很重要的一条是当时也传进了有关的数学知识。例如象李之藻《浑盖通宪图说》那样的著作,其中不但介绍了当时欧洲的天文学知识,也涉及了许多有关的几何学知识。这样的著作在元代就一本也没有见过。因此,西域仪象在元代不能与中国的传统天文学相结合,这就不是偶然的事了。

### 三、漏刻和其他计时器

#### 1. 漏刻的起源

漏,就是漏壶;刻,就是刻箭。漏刻是我国古代最重要的计时器之一。最早的漏壶,在上部有一个提梁,因此称为挈壶。

关于漏壶的可靠资料最早的见于《周礼·夏官司马》,其中有挈壶氏条,下面记道:

“挈挈壶以令军井,挈箭以令舍,挈舍以令粮。凡军事,悬壶以序聚棰<sup>①</sup>。凡丧,悬壶以代哭者。皆以水火守之,分以日夜。及冬,则以火爨鼎水而沸之,而沃之”。

在“夏官司马”这篇的篇首还记有:

“挈壶氏:下士六人,史二人,徒十有二人。”

从这条资料来看,漏壶在古代军事上有很重要的作用。为了使车骑杂会的大军能很快地识别什么地方有水井,就在井上挂上一把漏水的壶。观测这把壶里水的漏失可以作为时间流逝的标志。在军事调度、布置中是需要有统一的时刻认识的。可以肯定,军事上的需要对促进漏壶的发展是有很大作用的。

从这条资料也可以看出,最初的漏壶大概就是一把挈壶,壶底或壶边有小孔以漏水。观察壶里的水流失了多少就可以知道时间。为了较精确地计量时间,就用一根箭放在壶里,箭杆上刻着刻度,水退到哪一刻度,就知道现在是几刻了。用箭作为时刻指示器,也可见漏壶的发展和军事关系的密切。

看水退淹到哪一条刻度线来定时刻的办法,叫淹箭法。由于水对箭杆的附着力,使得

<sup>①</sup> 棰,也称作柝,是打更用的梆子。照汉代郑众的说法是:“击棰备守”,可见棰在军队中的重要性。聚棰就是敲梆子。序、作动词用就是安排次序。“悬壶以序聚棰”也就是用漏壶来定敲梆子的时间。“聚棰”显然不光是夜间,象东汉郑玄注所说的光是“行夜时”,那就没有必要“分以日夜”了。

要读出水淹到哪一刻是较困难的。于是后来发明了新的办法。用一个竹或木的小托子浮在水面上,这个小托子称做箭舟。给漏壶加上一个有孔的盖,把箭杆从盖孔里插进去,立在箭舟上。漏壶水满时,箭杆靠小托子的浮力升得很高,随着水的流失,箭舟往下沉,箭杆也就往下沉。观察盖口遮到哪一条刻度线,就可以读出什么时间,这种办法叫做沉箭法。挈壶氏用的淹箭法还是沉箭法,资料上没有直接反映。但是,从军队发号令的要求来看,淹箭法是不会使用很久的。

这条资料还说到:“分以日夜”。这是因为日和夜在漏刻制度上有不同的要求。夜间漏刻除了相承白天的百刻记时制度之外,还有五夜的制度。因此夜漏的那段箭杆上刻法是和白天不一样的。又由于昼、夜的长度是在变化的,因此,一年四季不可能只用一根箭。按秦汉时代的办法是从冬至起每过九日,白昼长度加一刻,夜漏长度减一刻,夏至以后则相反。因此一年四季不可能只用一根箭。大体上战国时代也应如此。

挈壶氏的这条资料表明,当时的漏刻制度已有相当的复杂性。可见它决不是《周礼》著作时代才有的。《史记·司马穰苴列传》记载司马穰苴用过漏壶和日晷来定日中。他是春秋时代大约公元前第六世纪的人,可见在《周礼》著作时代之前早就有漏壶了。

唐《初学记》引梁代的《漏刻经》道:

“漏刻之作盖肇于轩辕之日,宣乎夏商之代”。

《隋书·天文志》也道:

“昔黄帝创观漏水,制器取则,以分昼夜”。

把漏壶的发明归结为黄帝个人,这是地主阶级出于宣扬英雄史观而捏造的。但是,说看到了漏水而想到造漏壶,这还是符合漏壶发展的逻辑的。我国早在公元前四、五千年的母系氏族公社时期就已经能够制造精美的陶器。盛水的陶器难免要会破损裂缝。那些破损小、漏水慢的陶器未必见得会舍弃不用,这样,日常生活中就能观察到漏了的壶里水慢慢流失的现象。这种现象在长期的社会生活中无数次地出现,使人们反复得到漏水流失同时间有关的感觉和印象,于是在人们的脑子里产生了一个认识过程的突变(即飞跃),产生了用这种漏水的壶可以计量时间的概念;再进一步,人们就会想到可以专门制造一种有孔的壶来计量水的流逝情况。于是,漏壶就出现了。当然,从自然的漏了的壶(或也可以称作自然漏壶)到人工有意识地制造的漏壶,这中间可能要经过许许多多年。

根据这个情况来看,说漏壶“肇于轩辕之日”,即公元前三、四千年的父系氏族公社时期,这完全是有可能的。当然那时的漏壶一定是很简陋的,但是,它却是后世精密、高级漏壶的出发点。

按梁代《漏刻经》的说法,漏刻是“宣乎夏商之代”,即在夏商时代有很大发展。这话也是大体可信的。因为夏商时代的农业、手工业和一般文化知识都比黄帝时期有很大的发展。最近阎林山、全和钧提出,根据百刻制的昼、夜时刻长度之比求出百刻制的制定地点是在纬度 $36^{\circ}5'$ 的地方,相当于商都安阳的地理纬度。又结合古人称“刻”为“商”的情况,提出百刻制是商代迁都安阳以后发明的。这个结论可能是符合实际的。

总括起来说,我们认为漏壶起源于公元前三、四千年的父系氏族公社时期,发展于夏商时代。大约于商代发明刻箭,并且不久即采用沉箭法。大约于春秋战国时代施用四十一根箭来计量一年中不同时期的昼、夜漏刻。

## 2. 西汉漏壶

汉以前的漏壶至今还没有发现实物。现今传世实物中最早的是西汉的漏壶。一共有三件，一件是文化大革命中于河北省满城汉中山靖王刘胜墓中发现的，一件是1968年大跃进年代中于陕西省兴平县砖瓦厂工地上出土的，那也是西汉前期的墓址。第三件出土于内蒙伊克昭盟杭锦旗。三具形式完全一样，都是铜制的，只是满城漏壶比兴平漏壶约小一半，显然是一具随葬明器。内蒙的那件是最大的。另外，它的出水管不象前两具那样垂直于壶壁，而是向下倾斜25°。

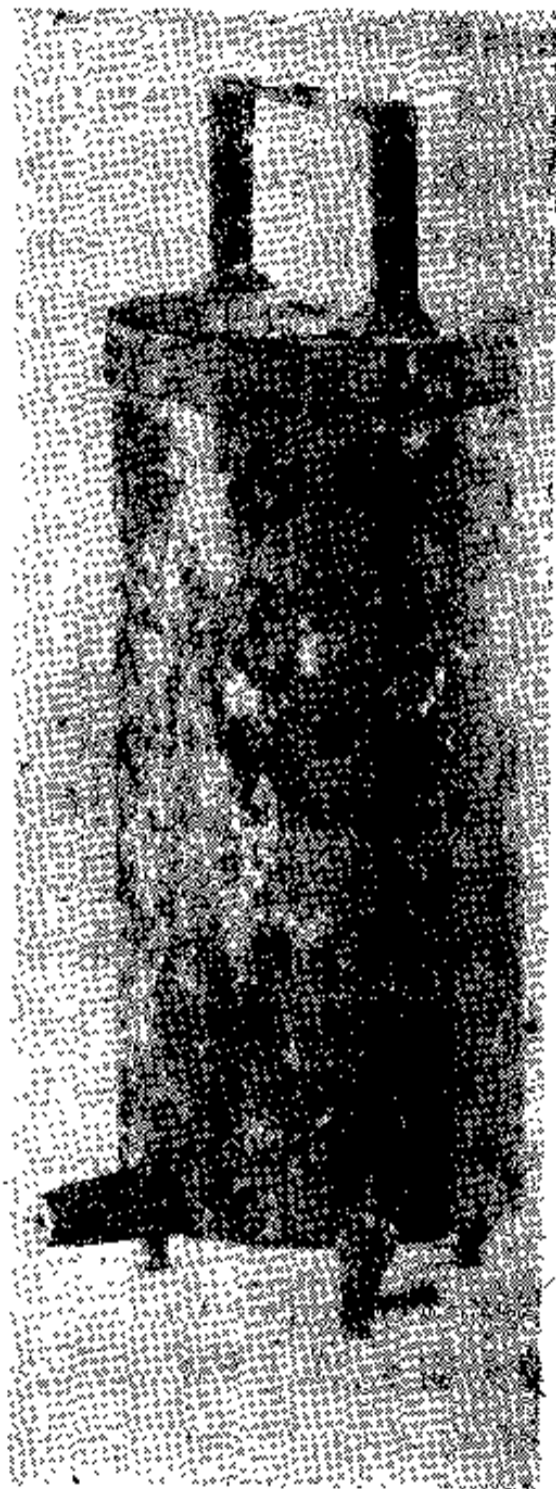


图 9-15 西汉漏壶陕西兴平县茂陵保管所藏

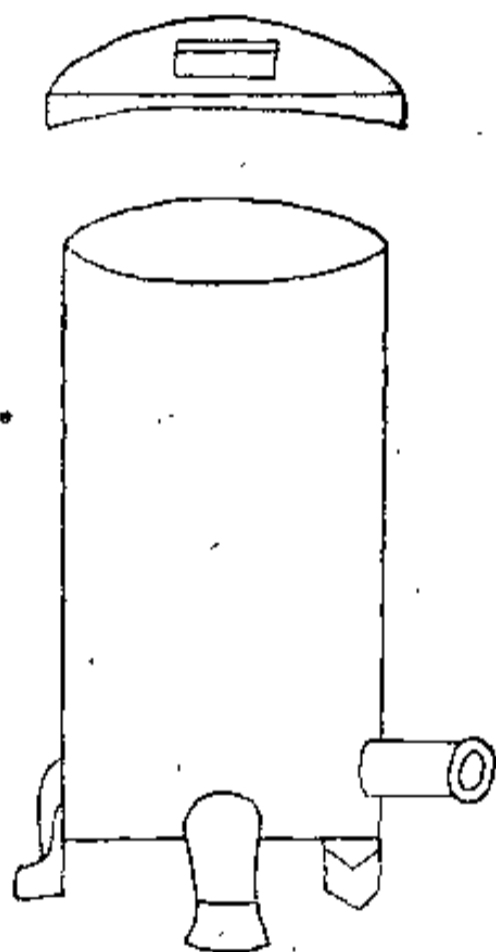


图 9-16 丞相府漏壶 采自《古今图书集成·历法典》第九十九卷。原图系明《三才图会》所载。

查宋代薛尚功的《历代钟鼎彝器款识法帖》中收有一个漏壶，题为丞相府漏壶，附有图和说明。从图上看，它和满城、兴平的二壶完全一样，只是壶盖部分薛尚功画的缺了一个口，从实物看，这是一个完整的圆盖。盖正中有一个长方形的小孔。原来挈壶上的提梁，现在成为一个立在盖上的榫子。榫的横梁上也开有一长方形小孔，同圆盖上的同大，位置也正相对。显然，这是为了使箭杆插入后保持正直以减少误差。漏壶呈圆柱形，最下边伸出一小管，是为出水口。底部有三足鼎立。

从漏壶的结构可以知道，它使用沉箭法。即把水注满后，箭杆升得最高；水从底部出水口慢慢滴出后，刻箭也随之下落。由于箭和箭舟大概都是竹木质的，因此漏壶出土时都

没能发现这两种东西。所以我们还无法判定刻箭的读数是从盖面处看或从立框面处看。不过,这并不是本质问题。

这三个漏壶中,兴平漏壶曾由陕西博物馆和上海天文台等单位的同志一起做过试验。据说,一壶水,如果任其自流的话,只要二分钟就可以漏完。照这个比例推算,最大的内蒙漏壶也只能运行十分钟左右。这样短的运行时间,看来是不适应一般的生活需要的。显然,古人应该有某种措施来降低出水的速率。据陕西博物馆孙中提供,兴平漏壶内壁出水口处发现过云母片,而在出水管内发现过一缕丝状物。推测,古人曾采用将云母片遮小出水孔,而在管中又堵以丝制品的措施来降低出水速率。

### 3. 浮箭漏的发明和多级漏壶的发展

象西汉漏壶那样的圆柱体容器,它的出水速率与水面到出水口的距离(或简称水面高度)有关。假定其他条件都不变的话,那么,在水面高度最高时,出水口受到的水压最大,出水速率也就最快。因此,刻箭的下降速度也是最大。水面越降低,出水速率就越慢,刻箭也下降得越慢。这样,如果刻箭上的刻划均匀的话,实际反映的时刻就是不均匀的。要得到均匀的时刻就必须把箭上的刻划分成不均匀的。开始的部分间距大,然后逐渐缩小,到漏壶将近漏完时,间距就会很窄。

在实用上,人们当然希望时刻是均匀的,可是在古代的条件下,如果没有一个均匀的计时器作标准,人们就无法在刻箭上求得表示均匀时刻的不均匀刻划。

而要求得均匀的刻划则必须设法使漏壶的出水速率保持稳定。

既然水流速度的变化来源于水压的变化,人们就不难想到,如果能保持漏壶水面大致一定的高度,那就可以稳定水的流速。

沉箭漏同这种想法是不相容的,因为沉箭漏本身就是靠水面的降低来测知时刻的。要保持水面稳定,只有使刻箭同这个壶脱离开,这样就产生了用二把壶的办法。一把装水,水从这把壶里漏出来,这是漏壶。漏出来的水收集到另一个容器里,看漏进来水的多少不也可能反映时间的流逝吗?于是人们把箭舟放在这个容器里,这个容器就叫做箭壶。水涨船高,随着漏出来的水越积越高,箭舟托着刻箭往上升。给这个箭壶装个有孔的盖,箭从这个孔里穿过从孔边就可以读出箭杆上的刻度。由于这种漏壶是靠箭的升起来反映时刻的,因此叫做浮箭漏。很明显,浮箭漏和沉箭漏的刻箭正好是相反方向刻的。

将箭壶同漏壶分开后就有可能采取措施保持漏壶水面的稳定,最初的浮箭漏只有漏壶和箭壶各一把。漏壶里的水面由人工随时往里添加水的办法来保持大体的稳定。这种漏壶产生的年代也不太清楚,我们认为它大体上产生于西汉后期。最近陈美东同志提出,前述薛尚功画的壶盖缺了个口,这不是薛尚功画走了样,而是他发现的那把壶就是浮箭漏里的那把箭漏。盖上开缺口,正是为了接受从漏壶里流过来的水。看来,这种推测是有可能的。

这种最简单的浮箭漏一直到宋元时代还在使用。元代王祜著的《农书》里就记有这种漏壶,称为田漏。

人工往壶里添水总有相当大的间隙性,添加水的前后,水压总会有变化,如果在漏壶之上再加一把漏壶,下面那把壶里流出去的水可以随时得到上面那把壶里流来的水的补充,这样下面那把壶就可以不用人工不停地加水而自然地比较能保持水面稳定。这样就产

生了二级漏壶。

二级漏壶的出现不晚于东汉初年。在张衡的漏水转浑天仪里,用的漏壶就是两级的。《初学记》卷二十五中记道:

“以铜为器,再迭差置,实以清水。下各开孔,以玉虬吐漏水入两壶。左为夜,右为昼。盖上又铸金铜仙人,居左壶;为金胥徒,居右壶。皆以左手抱箭,(右)有指刻,以别天时蚤(早)晚”。

其中“再迭差置”就是指用两把漏壶,一把稍稍错开放在另一把之上。下面的两壶是指箭壶,因为白昼的箭上刻度同夜晚的不一样,所以干脆把它分开来也用两把壶,这里用玉做吐水的管子,是为了避免细铜管里生锈的缺点。

既然用了两把漏壶,人们当然可以想到如果再往上加一把壶,就可以使第二壶里的水位大体保持不变,从而使第二把壶的出水也保持相对稳定,这样最下面的第三把壶出水就更加稳定了。如果再往上加一把壶,同样的道理,还会使最下面漏壶的出水更加稳定。

晋代的记载中有三级漏壶①。

唐代的制度是用四级漏壶②。

北京中国历史博物馆保存有一套元朝廷祐三年(公元1316年)的四级漏壶。故宫博物院里有一套清代的四级漏壶。

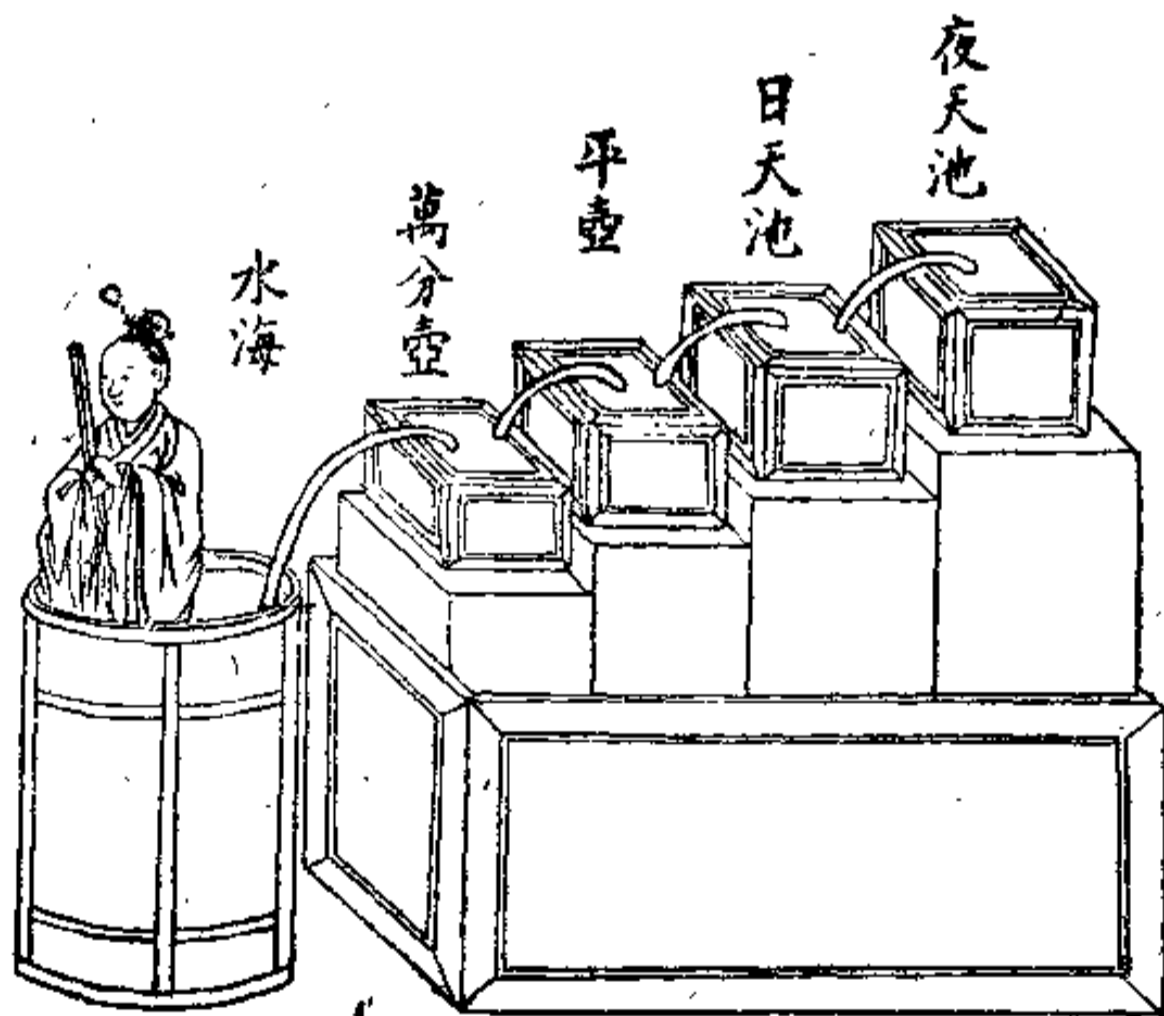


图 9-17 唐吕才漏刻图 采自《古今图书集成》,原图系宋《六经图》所载。

#### 4. 渴乌的应用和秤漏的发明

渴乌是东汉末年农民发明的一种灌溉工具。它就是现在所说的虹吸管。利用虹吸管可以把河水的水通过堤岸送到比河面低的地里。这个现象使天文学家受到了启发。以往

① 见《古今图书集成·历法典》第九十九卷引晋孙綽所作的漏刻铭(约作于公元 360 年):“累筒三阶,积水成渊”。筒指漏壶,渊指箭壶,唐代又称水海。

② 同上书第九十九卷引宋代杨甲《六经图》载唐吕才漏刻图。

的漏壶都要在底部开一个出水口,装上出水管。这根出水管在工艺制造上是比较困难的。如果使用虹吸管就不需要这种特制的漏壶,而可以用两个一般的容器,只要把他们放在不同的高度,就能使水从高的容器流到底的容器里去。这样就使漏刻有可能更普遍地推广。

最早使用渴乌的漏刻,据目前的资料看,是第五世纪北魏道士李兰所作的秤漏。

秤漏,从这名字就可以知道,它离不了秤。《初学记》里记有李兰的漏刻法:

“以铜为渴乌,状如钩曲。以引器中水于银龙口中,吐入权器。漏水一升秤重一斤,时经一刻。”

按这一段描述,大体可以用左图来表示。一个中国式秤杆,秤钩上吊着一个容器,李兰称它为权器,漏水用渴乌从上面的漏壶引入权器。秤杆尾部应该用框架套着,使秤杆不致抬得过高,或降得太低,不然的话,整个秤漏很快就会遭到破坏。《初学记》里没有提到这个框架,但据《玉海》卷十一所引宋代的秤漏,是有这个保护性的框架的。

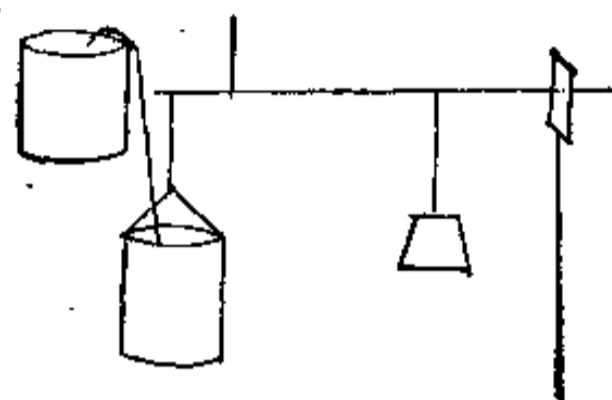


图 9-18 李兰秤漏示意图

李兰的秤漏比较简单,它不用刻箭。原来按照李兰的设计,漏水一升就是一斤,时间就是一刻。因此权器里进了多少水,移动秤砣,使秤杆平衡;从秤杆上算出的斤两马上就可以化成时刻。或者这杆秤上根本没有刻斤两,而直接刻成时刻,那就更方便了。

制造秤漏的目的之一,看来是为了获得比浮箭漏更细致的时间分划。比如说,浮箭漏的箭,它的刻度范围是一尺,一天为一百刻,则一刻的距离在箭上只有一分。如果要读一刻以下的时间,那就非常困难。甚至有的时候如果漏刻建造不密,或年久有损,刻箭位置容易偏倚,这时读错一、二刻是很容易的事。如果改用秤称水,那么秤杆上读出一两是完全不成问题的,再估计到两以下也不困难。一斤是一刻,一两就是 $\frac{1}{16}$ 刻(古代是一斤等于十六两),这比浮箭的灵敏度提高了十倍以上,至于箭杆的偏斜等误差,更是完全不用顾虑了。

由于秤漏的简易、灵敏,使它受到了后人的注意。在隋唐时代曾风行一时<sup>①</sup>。在北宋宫廷里有一种很大的秤漏,据说传自唐代,高约五丈,接漏水的权器和秤砣都很沉。发展到那样的程度,它就完全失去了原来的优点和意义。它只能成为宫廷里的一种礼器式的东西,实用价值是远不及以前的。

## 5. 平水壶的发明和沈括的《浮漏仪》

多级漏壶可以提高漏刻的稳定性,但漏壶总不能无限地增加,秤漏能提高漏刻的灵敏度,但稳定性是和各级浮箭漏差不多的。

怎样使各级漏壶的水面保持恒定的高度,这是漏壶发展史上的关键问题之一。

从宋代开始,人们开辟了另一个解决问题的方向,这就是分水壶的发明。第一个使用分水壶的是燕肃。他在天圣八年(公元1030年)制造的莲花漏中作出了这项发明。莲花漏的构造没有一种史籍记载是讲清楚的。能弄清楚它的结构的主要还是图。在《六经图》中

<sup>①</sup> 见《玉海》卷十一引夏竦《颍州莲花漏铭·序》:“于李兰始变古法,权器程水,以准时刻,唐之诸道,率循此制。”

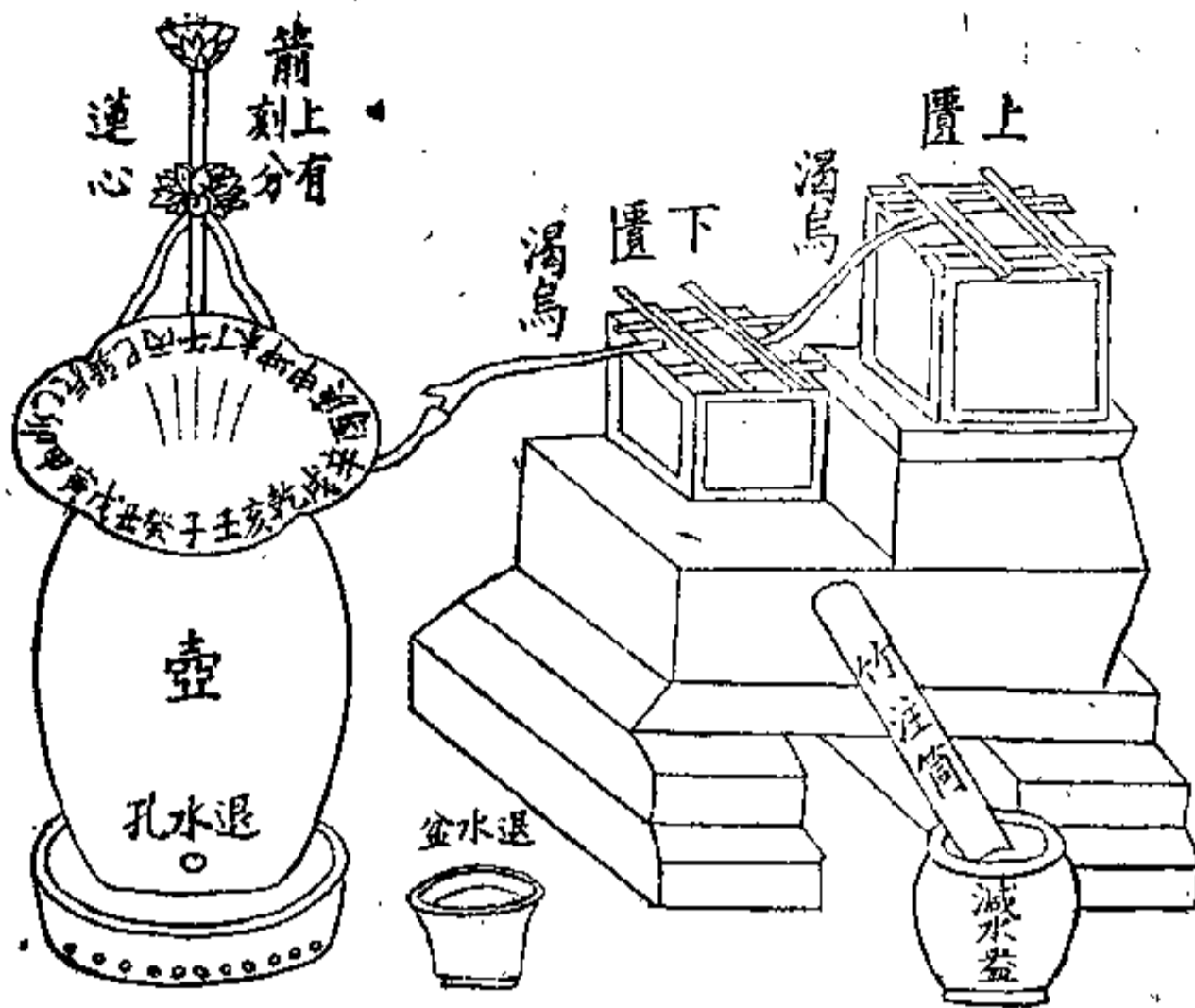


图 9-19 宋燕肃漏刻图。采自《古今图书集成·历法典》第九十九卷。图中竹注筒位置有误，上端应上接下匱，此图却绘于底座边上了。

画有一幅燕肃漏刻图。图有二个方壶，叫上匱、下匱。两匱都有渴鸟往下引水。刻箭头上作成莲蓬装饰，通过莲花心插入壶中。渴鸟把下匱的水引入壶中后，莲箭就往上。从而测知时刻。这个图重要的一点是边上有个竹注筒，通到一个减水盞里。这个竹注筒是一条分水管，它的作用就是把下匱中超过一定水面的水引到减水盞里。这样，只要从上匱注入下匱的水量稍大于下匱流出的水量，就可以使下匱的水面保持稳定，常在竹注筒所搁的分水口处。

燕肃的竹注筒、减水盞是一个重要的发明，但它从发明到得以承认却经过了六年时间。从天圣八年燕肃向宋政府呈上莲花漏之后，曾经多次测验，也得到了司天少监杨惟德的支持，认为“并合天道”，即符合天文实际。但司天监和宋政府中一些守旧官僚却因为莲花漏所用刻箭制度和当时行用的崇天历不同以及其他理由而加以反对，而在这样做的时候他们完全无视了减水盞的优越性。莲花漏的命运再一次证明了科学的发展往往要经过艰难曲折的斗争<sup>①</sup>。

进步的事物终究会取得胜利。景祐三年(公元1036年)章得象等奉宋政府命令校验司天监制造的刻漏。章得象鉴于“水行有迟疾”，建议采用平水壶来加以调节。这平水壶就是燕肃莲花漏里的有分水孔的下匱。这样，莲花漏的发明才得以承认，此后不久就显示了它的优越性，莲花漏风行于全国。到皇祐初(约公元1050年)舒易简、于渊、周琮等又增加一级平水壶，从而使稳定性更加有了提高。

大科学家沈括对漏壶也做过很深刻的研究，就在他主持司天监工作的岁月里，他还亲自从事着细致有恒的漏壶、晷影的观测工作，著成《熙宁晷漏》四卷。熙宁七年(公元1074年)他对漏壶提出了改革，为此向宋政府上了一篇《浮漏议》。这是一篇历史上难得的全

<sup>①</sup> 关于莲花漏得以承认的历史经过，可参见《玉海》卷十一“天圣莲花漏”和“景祐水秤”条。

面研究漏壶制造及误差的论文,在漏壶发展史上有很重要的地位<sup>①</sup>。

沈括的熙宁浮漏是把皇祐漏刻加以简化而成的。用的壶还是象燕肃一样,上、下两个壶,沈括称为求壶和复壶,这个复壶中间有个隔板,把壶分成两半,可以起两个壶的作用,所以叫复壶。隔板上有孔,沈括称之为“达”。复壶的两半都有支渠(即是分水管)把各自高出于一定水面的水排到废壶里去。复壶的水引入放箭的建壶。每个壶上都有盖,防止尘埃落入壶里。在出水的龙口里有一种叫玉权的装置,沈括描述它的功用是“权其盈虚”。这应该是一个控制水流的塞子。当水流过速或过缓时均可调节这个权,使水流速度适中。

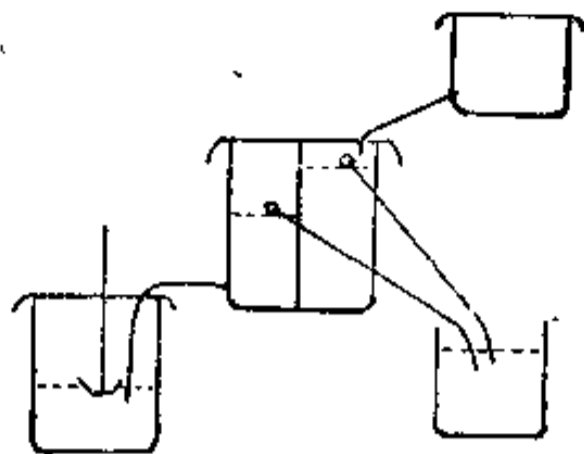


图 9-20 沈括熙宁浮漏示意图

沈括在《浮漏议》里还讨论了出水管所以用玉的理由;要用权的理由;要注意箭上刻度的均匀性;要打什么样的泉水,泉水怎样打法,等等问题。甚至还提到了箭舟的材料问题。宋代的箭舟是用铜制的。铜料如果含有杂质,那就要腐蚀。这就影响到箭舟的浮力变化。凡此种种,都证明了沈括考虑问题的细致和全面。

还值得提出的是,沈括从理论上研究了漏壶冬天水流慢,夏天水流快的问题。他提出,由于太阳周年运动的不均匀性,会使一年中各日的时间长度有变化。夏日比平均的百刻要短,冬日要长。这是一个很有意义的发现,它是一个相当于真太阳日和平太阳日之间的时差问题<sup>②</sup>。这是天文学上的一个基本概念;可惜,沈括的发现在封建制度之下被埋没了,没有能向更全面、更正确的概念发展。

## 6. 机械计时器

唐代梁令瓚等人发明的开元水运浑天事实上就是一种机械计时器,但它还是和其他天文仪器结合在一起的综合体。这种综合体发展到北宋已经达到一个高峰,水运仪象台是一个典型的代表。到了元代,郭守敬就把这个综合体中已充分成熟的计时器部分独立出来,制造了一个称为大明殿灯漏的纯粹的水力计时器。

灯漏是挂在架子上的,好象一个灯球,实际上是一个水力发动的机械报时钟。它能自动报时,还饰有能按时自动跳跃的动物模型。可以推断,它的凸轮结构已是相当复杂的了。

元顺帝至正十四年(公元1354年),元宫里制造了一架宫漏。它除了报时外,更向机械的“自动舞台”方向发展了。这样,它的机械结构肯定要复杂的多,然而,这种供帝王玩乐消遣的东西,对计时的实用要求来说却未必有多大的帮助。这架仪器后来被明太祖朱元璋认为是“淫巧”之类的东西而加以破坏了。并且在这以后明代的司天监再也没有造过类似的机械時計。

明朝初年,詹希元创造了“五轮沙漏”。他削去了种种没有实用价值的舞台装置,成为

<sup>①</sup> 这篇论文载《宋史·天文志》。

<sup>②</sup> 太阳连续两次上中天(即在正南方向)的时间叫一个真太阳日,它和日常钟表、漏壶的24小时(称为平太阳日)常常是不等的,不等的原因有两个:一个是太阳沿黄道运动,而钟表、漏壶反映的是地球的自转,是赤道运动,因此,即使太阳沿黄道均匀地移动,真太阳日和平太阳日也不会相等;第二个原因是太阳在黄道上的运动是不均匀的,冬天走得快,夏天走得慢,沈括从理论上发现的就是后面这个原因所引起的时差。



一种纯粹的计时器。五轮沙漏以流沙作动力,因为“水漏至严寒冰冻,辄不能行”,所以想出以沙代水的办法。它的结构据近人推测,如下:

流沙从漏斗形的沙池里,流到初轮边上的沙斗里,带动全部机械齿轮。每个大齿轮的另一头装一个小齿轮,以带动下一级的小齿轮。最后一个小齿轮则带动在一水平面上旋转的中轮,中轮轴上装有指针,在一测景盘(即现代钟表的钟面盘)上旋转,指出时刻。中轮上另有拨牙装置,以拨动二个击鼓鸣钲的木人,报告时刻。从这个沙漏的结构看,它与后来的西洋时钟结构相类似,其所少的只是测景盘上没有第二根旋转速度不同的分针而已<sup>①</sup>。

由于詹希元沙漏的漏孔太小,常常会发生流沙堵塞的现象,可是漏孔加大,那就走不到一天沙就流完。到十六世纪中叶,有个民间天文学家叫周述学,他把詹希元沙漏加以改良。先把孔稍开大些,使流沙不至在漏孔那儿堵塞住,再把齿轮的转速比降低,以保证仍旧是原来的运转速度。

沙漏不受温度影响,消除了水漏的一大难点。但由于沙粒本身很难均匀,因而肯定不如流水那样能均匀地流动,它的准确性比水漏要差些。

明末以后,欧洲钟表传入中国,西洋传教士开始也把它的技术垄断起来,皇宫里的钟表坏了要请他们去修。然而中国人民是勤劳智慧、有志气的,不但很快就掌握了西洋钟表的门道,打破了传教士的控制,而且建立起钟表制造业,广州、苏州就是当时的两个中心。在北京故宫博物院里还藏有许多清初以来的钟表,它们的精巧、复杂,充分反映了我国古代钟表工匠的智慧和才能。

十九世纪初,齐彦槐制造了一种天球星钟它的外形就是一个天球仪,运转机械全部在球内。它是张衡浑天仪的继续,即可以表演恒星的出没,但是作为一具钟,它还能反映时间,这个时间应该是恒星时,这是我国的第一具恒星时钟<sup>②</sup>。

## 7. 鞞弹漏刻

在南宋人的著作里有的提到,当时的晷漏有四种,称做:铜壶、香篆、圭表、鞞弹<sup>③</sup>。所谓铜壶,即漏壶;所谓香篆,即下文将介绍的更香;所谓圭表,即前已介绍过的日晷。可是所谓鞞弹是什么东西,过去一直没有人讲清楚过。近年来严敦杰同志在南宋学者薛季宣的文集《浪语集》中发现了关于鞞弹漏刻的资料。这段资料很有意思,值得把它介绍出来。

据薛季宣记述,鞞弹漏刻是唐代的一个僧人文诰发明的,它广泛使用于军队中。薛季宣就是从湖北的守将那儿得到的。这是个宽、高各二尺的屏风。用一根七尺五寸长的竹子,中间打通成为竹管,一截四段,贴在屏风背面象“之”字形一样斜着交接起来。竹管的顶上是一朵铜制的莲花;竹管的出口下面也是一朵铜荷花。有十个铜圆弹,每弹半两重。把一个铜弹投入莲花,它就从竹管里曲折而下,最后掉入铜荷花中,发出当的一声。于是,立即再投一弹。屏风上有二十个牌。十弹投完,就翻转一块牌,二十块都翻完了就在纸上记下数字,把全部二十块又翻正过来重复使用。一日一夜牌要翻正六十次,也就

① 见刘仙洲:中国在计时器方面的发明,《清华大学学报》三卷二期,1957年。

② 恒星日是地球相对于恒星来说自转一周的时间,它比一个太阳日的时间稍短,因为太阳在地球自转一周以后又向东移了一段距离,地球要再转一段时间才是一个太阳日,一个恒星日比一个平太阳日短3分56秒,把恒星日分成24小时,就是恒星时,同样它比一个平太阳时要短些,约短9.8秒。

③ 见王应麟:《小学绀珠》。

是说,一昼夜要翻一千二百块牌,投一万二千次铜弹。按一日分一百刻算则一刻要翻牌十二块,投弹一百二十次。如果计算昼夜漏刻、更次等均可按这比率推算。

铜弹从顶上滚下,当然是一种等加速运动。但是,只要弹子的大小重量是一样的,那么它们下降的时间也应是一样的。用现代通用的时间单位来表示,投弹一次的时间是7.2秒。这就是辘弹漏刻的读数精度。与漏壶相比,这个精度是不算低的了。

与其他几种计时器相比,漏壶受温度变化的影响较大,香篆则受空气湿度变化的影响较大;圭表又在阴雨黑夜不能使用,而辘弹漏刻则基本上可以避免这些缺点。尤其因为这种漏刻即使处于运动状态中,对辘弹的运行一般也影响不大,故而很适宜于在旅行和行军作战中使用。因此,这种计时工具在五代十国直到宋元之际曾经得到相当的流行。金张行简于章宗明昌年间(公元1190~1196年)造的星丸漏<sup>①</sup>,元世祖至元年间大都城用的碑漏<sup>②</sup>,大概都是辘弹漏刻的变型。

### 8. 其他类型的计时器

除了前面所介绍的主要计时器外,我国古代劳动人民还发明了许多简便实用的计时工具,其中使用较多的是孟漏和更香两种。

孟漏是唐代的一位僧人发明的,它实际上就是在底上穿了一个小孔的铜孟,把它放在水面上,水就涌入孟中。满到一定程度孟就沉下去了,取出来把水倒掉再重复使用。把孟的大小和重量造得正合适的话,就能使孟正好一个时辰沉浮一次,这样就可以知道时刻了。如果在孟内刻上刻度,那就还可以测得更细些。

更香的发明年代还不清楚。《岁时广记》里记有一种更烛:“烧烛知夜,刻烛验更。”在蜡烛上划上刻度,看蜡烛烧到什么刻划就知道是几更天了。烧蜡烛可以计时,点香也可以计时。

香点然后到熄灭有一段时间,如果空气流动稳定,香的制造也很均匀,那么每柱香的燃烧时间大约是相等的,这样点香当然也可以用作时间流逝的标志。如果在香上刻上刻度那就能计算时刻。这种特制的计时用的香就称为更香。为了能够不断地、均匀地燃烧常把更香制造得很长,把它盘旋成各种形状,有的甚至可以长到可以连烧几天到十几天,有的还在某时某刻的地方挂上一个小金属球,香烧到这个地方,金属球就掉到下面接着的金属盘里,发出清脆的响声,这就具有闹钟的作用了。

这两种工具在民间使用较广。尤其是更香,一直到清代还很流行。虽然它的精确度不很高,但对古代封建社会中的各种社会生活活动已经基本可以满足要求了。

## 四、古代的天文台

从很古的时候起,天文观测就需要在一定的场所进行。撇开原始的、神秘的宗教原因不谈,单就观测天文的科学要求而论,观测场所首先必须保证能一览无余地观看到地平以上的整个天空,而不受地面房屋、树林等的遮蔽。因此,古代的观测场所就是一座高出于周围房屋建筑的高台,这种高台正是现代天文台的始祖。

<sup>①</sup> 见《金史·张行简传》。

<sup>②</sup> 见《元史·齐履谦传》。

相传在夏代就有了天文台了,叫做清台。商代的天文台称为神台,而周代就改称为灵台。据说周文王时在都城丰邑的西郊筑了一座灵台。台高二丈,周四百二十步<sup>①</sup>。《诗·大雅》里有一篇诗《灵台》就是讲这件事的。

自从我国进入奴隶制社会以后,最高统治者就把根据天象变化来制定历法、占卜吉凶的大权控制在自己手里,用以表明自己是“受命于天”来统治人间的。因此,天文台只有中央都城才有。“诸侯卑,不得以观天文,无灵台”<sup>②</sup>。直到了天子权力衰弱的时候,各地的诸侯才有可能自己来建天文台。

例如,到了春秋时期,鲁国就有了自己的天文台,称为“观台”。《左传》记载,鲁僖公在僖公五年(公元前655年)正月辛亥朔日南至这一天,在告了朔以后就登上观台去观测天文气象,并让史官们作了记录。昭公二十年(公元前520年)二月己丑日南至,天文官梓慎代表鲁侯到观台上望氛。

早期的天文台大概还兼作祭祀和报告朔日到来的场所。后来随着天文工作的发展和祭祀活动的频繁,才把两者分开。进行祭祀活动、颁布月朔时令的地方叫明堂(另外还有一系列专门的社坛神庙);天文台则是集中进行观测的地方。

最早的天文台大概仅是一座高台。随着天文仪器的发展,台上才逐渐增添了仪器设备。而且一般来说,台上也有气象仪器,兼做气象观测。

西汉时,在长安城郊筑有天文台,初名清台,后改称灵台,又称候景之台。台高十五仞。上有浑仪,铜表及相风铜鸟等仪器。

东汉中元元年(公元56年),在都城洛阳的平昌门南直大道东西两边建筑了一座明堂和一座灵台。灵台属太史令管辖,有一个灵台丞主持全台工作。灵台专管测候日月星气,下有四十二名工作人员,其中有十四人候星,二人候日,三人候风,十二人候气,三人候晷影,七人候钟律,一人叫做“舍人”,大概是搞行政工作的。组织分工非常明确。有的史料说,这座台高三丈,有十二个门<sup>③</sup>。也有的说它高六丈,方二十丈<sup>④</sup>。总之,可以想见,这座天文台规模之庞大。著名的天文学家张衡就曾在这个台上工作过。1974年经考古工作者发掘,这座东汉灵台的遗址已被找到,在今偃师县境内。这是现在世界上较古老的天文台遗址之一。

东汉以后,我国形成长期分裂的局面。各割据政权在它相对稳定的时候,也常常要建立天文台,开展天文历法工作。前赵在长安,北魏在大同,刘宋在建康(今南京)均设立过天文台。由于农民起义和民族斗争,封建统治有一定削弱。甚至象张子信那样的私人也能在海岛上建立天文台,进行数十年的天文观测。

隋唐以后,加强了中央集权统治,不但在首都设立天文台,而且还在皇宫内院由宫女、宦官或大臣设立了宫内的天文台。

唐开元年间,一行、南宫说等进行了一次大规模的天文大地测量。他们在全国十来个地方建立了观测点,立表测景,并以覆矩图测定各地的北极出地高度。南宫说还在相传周公测景的地方——阳城(今河南省登封县)树立了纪念性石表。现在这块石表仍然还存在那里。

① 见《玉海》卷一六二。

② 见《玉海》卷一六二。

③ 见《后汉书·光武帝纪》中元元年十一月条下唐李贤注引《汉宫阁疏》。

④ 见《玉海》卷一六二。

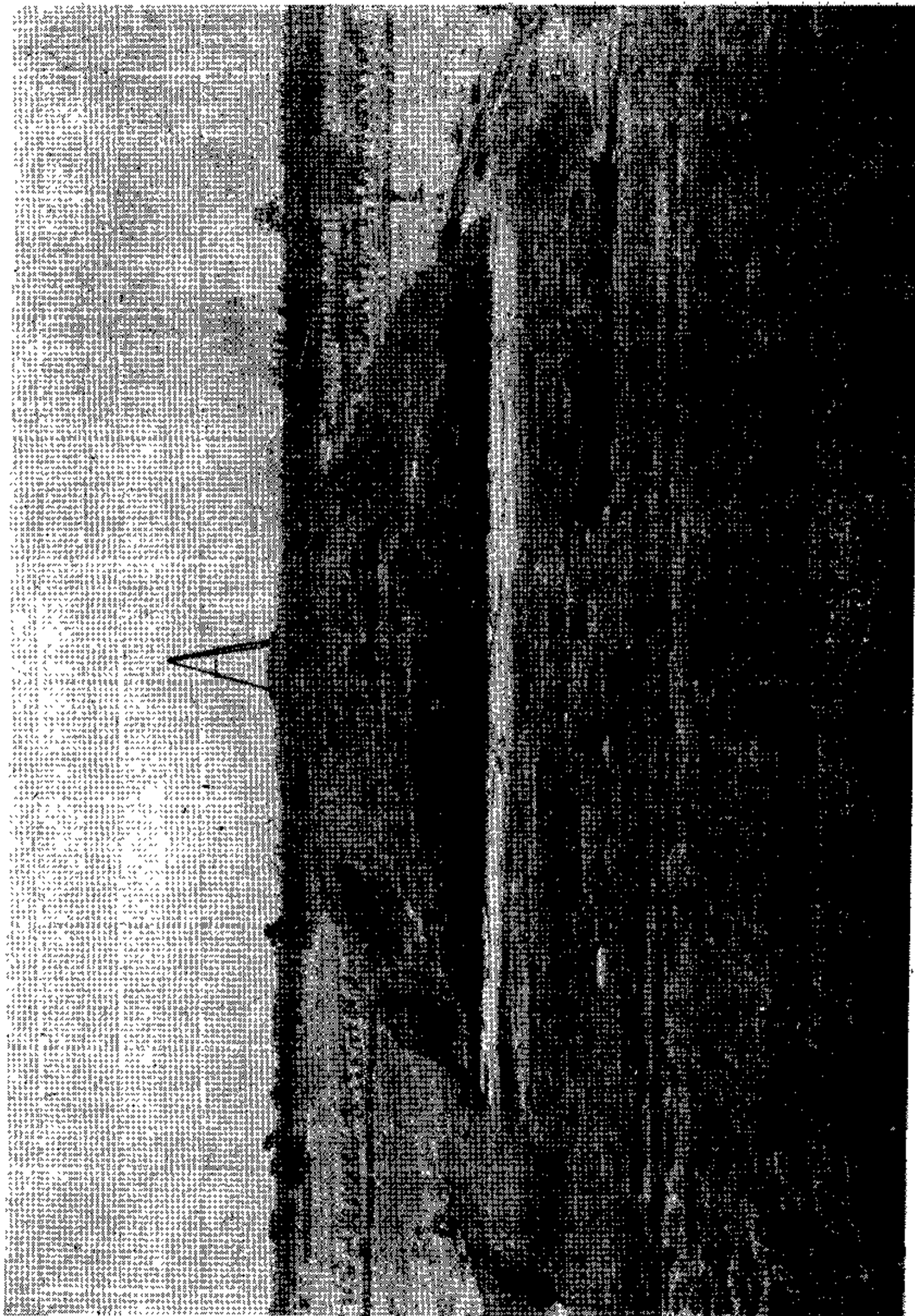


图 9-21 东汉夏台台基遗址(在今河南省偃师县)

宋代对于天文观测很重视,尤其是北宋。它在汴京(今河南开封)先后建立了四个天文台。主要的是司天监的岳台和禁城内翰林天文院的候台。两台的仪器设备是一样的,观测结果互相比较检查。此外还有一个浑仪漏刻测验所,专门校验浑仪、漏刻,也做天文观测。还有一个叫合台。四台各有一个大浑仪,每座都是精密、复杂的仪器,而且每座用铜约二万斤<sup>①</sup>。这反映出北宋科学技术的高度发展。

北京的观象台有史可考的是从金朝开始的。金兵占领北宋首都汴京后把那里的仪器、图书全部运到北京,在北京设立太史局,并建天文台。其中的浑仪由于汴京(今河南开封)和北京的地理纬度不同,不能使用。后由天文学家张行简把元祐年间造的那架浑仪加以改造,才能用于观测。

元朝初年(约在公元1233年)曾把金代的仪器又修理了一番。但终究因时间太久了,失去了精确度。于是,至元十三年(公元1276年)以后由郭守敬设计制造了许多新仪器,这些仪器后来大都安装在至元十六年(公元1279年)建成的元大都(即今北京)天文台上。这座天文台又是元王朝的天文机构——太史院的办公建筑。根据当时的学者杨桓所作的《太史院铭》可以复原出当时的建筑布置情况<sup>②</sup>。

太史院在大都城的东墙下,占地宽一百五十步,长二百步。主体建筑是一座灵台。台高七丈,共分三层。下层是办公用房,包括整个天文机构的负责人太史令等都在这里办公。下设三个局:推算局、测验局、漏刻局,合共七十人。另有太史令等的属员和管理器材出纳的库局人员等,也都在这里办公。中层是研究用房,按八方分成八个房间,分别放置图书、资料、盖天图、浑天象、水运浑天、壶漏等。上层放简仪和仰仪,简仪下还敷有正方案。灵台东面有一小台,上置玲珑浑仪。灵台西面立高表,表北就是石圭。灵台南方东西两角设印历工作局。这个天文台组织之完备,颇可以和近代的天文台相比。

元初,也曾象唐开元时代那样,到全国各地建立天文点,进行观测工作。点共二十七个,规模比唐更大。在阳城更筑了一座永久性的观象台。它就在唐南宫说所立石表的北面。台高四十多尺。它的本身就作为高表的一部分。台下从南往北有一条一百二十八尺的水平长圭。从台顶围墙到圭面高四十尺。到了明代,称这台为观星台,在台顶修了两间小屋。看来台顶曾有过其他观测仪器,这座台至今仍屹立在登封县。解放前它曾受到严重的破坏。一九四四年日本侵略军曾炮击这座极珍贵的历史古迹。加之年久失修,自然风化,草木丛生,台体受到了严重的威胁。解放后,党和政府加强了文物保护管理工作,这座台经国务院通过列为全国重点文物保护单位。登封观星台不仅是我国现存最早的天文台,而且是世界上古老的天文台遗址之一。这座古台现在经过全面整修,已向国内外观众开放;成为研究我国古代科学文化的一个胜地。

在大都和阳城天文台建立之前,元世祖至元八年(公元1271年)曾在当时的上都(在今内蒙古自治区多伦县东南境内)建造了回回司天台,以西域人扎马鲁丁为领导。扎马鲁丁进呈的七件仪象中有三件,即:测验周天星曜之器,春秋分晷影堂、冬夏至晷影堂,它们都需要专用的相当大的屋子或台。因此,回回司天台的规模是不会小的。

在回回司天台中除了有按阿拉伯天文学体系工作的西域天文家使用阿拉伯天文仪器之外,还收藏有阿拉伯文的天文书籍。其中有一部叫“麦者司的造司天仪式十五部”,可

① 见《玉海》卷四“绍兴浑天仪”条。

② 见《元文类》卷十七。

能即托勒密的《天文学大成》。该书为十五卷，阿拉伯文本书名译音 Almagest。因此，上都回回司天台可算是一处阿拉伯天文学的研究中心。至元十七年(公元1280年)又设立行政机构回回司天监，回回司天台和后来的回回司天监每年都编印万年历，供我国各信奉伊斯兰教的兄弟民族使用。

明朱元璋称帝之后，洪武元年(公元1368年)在南京设立司天监和回回司天监。洪武三年(公元1398年)将司天监改称钦天监，中设天文、漏刻、大统历、回回历四科。回回历科并不单独编印伊斯兰历本，而是将推算结果供大统历参用，回回司天监则改称回回钦天监，直到洪武三十一年(公元1398年)才撤销。

明军占领元大都和上都后，朱元璋把这二地的主要天文家先后征召到南京工作。但是大都的简仪、浑仪等大型仪器直到洪武十七年(公元1384年)才运到南京；而上都的仪器下落则史无明证。但据《明实录》记载，洪武十八年(公元1385年)在鸡鸣山上筑钦天监观星台，而在雨花台上设回回钦天监观星台。可能，元上都回回司天台的仪器也运到南京来了。

元郭守敬等所造简仪、浑仪只适应北京的地理纬度<sup>①</sup>，在南京无法使用。其后把浑仪进行了改造，以进行观测。

明成祖以后迁都北京，但南京的钦天监一套机构仍然保留，天文观测也继续进行。在北京又另组一套机构。开始时一无仪器，人们只好在齐化门(后改名朝阳门)附近的城墙上用肉眼进行观测。永乐二十二年(公元1424年)在紫金城内西面建立内观象台，一称灵台，其初似乎也没有大型仪器。直到英宗正统二年(公元1437年)才提出派人去南京复制仪器木模，然后回北京用铜铸造。大概从正统四年造到正统七年(公元1442年)完成了简仪、浑仪、浑象、八尺圭表等几件，陈列在观象台上。这座观象台设在元太史院向南，过长安街不远的地方。台体逼近城墙(相距只三、四尺)，高约五丈，高出城墙数尺。这座观象台历经明、清两朝，至今仍然屹立着。它是我国又一座驰名世界的科学古迹。

这座观象台为什么要建在贴城墙边上？最先会令人想到的是那儿原来就有一座高台建筑。有人曾经认为，明观象台就是元太史院的小台。但是，据历代北京地方史研究家的意见，都认为元大都城的南城墙就在今长安街上。因此，明观象台的地址在元大都城的南城墙外。所以，明观象台不大可能是元太史院小台遗址。因为杨桓的《太史院铭》中说得很清楚，太史院是在“东墉下”。也有人认为，明观象台是金的一个天文台的遗址<sup>②</sup>。但此说也未得公认。

我们认为，如果明观象台不是在金观象台遗址上修的，那么，它很可能是继承了元太史院的传统，不过并不是其中某个部分的遗址。据考古研究所徐莘芳等同志研究，太史院在明、清两代改为贡院，地点在今北京建国门内五号中国社会科学院内。如此则和明观象台相去不远。明成祖改建北京城，把城墙往南扩充，直到今前门、崇文门一线，后来的明观象台所在地泡子河一带包入了城内。既然太史院已改为贡院，院内观象台建筑当已拆毁。因此，永乐以后的明天文家既无仪器，又无高台，而元太史院又正好在城墙附近，因此，他们就跑到了城墙上进行观测。其所以在齐化门城墙上，则正是因为元太史院就在那儿

① 严格来说，郭守敬并未造过浑仪，他只是把金人从汴京运到今北京去的一架北宋浑仪加以改造，以适应北京的地理纬度。

② 见薄树人：北京古观象台介绍，《文物》，1962年3月号。

附近。元、明时代还没有开建国门,那一段城墙都属于齐化门。等到嗣后要建立观象台,当然也就在那附近考虑台址了。泡子河原在大都城墙外沿,土地空旷又正紧挨着元太史院,被选为观象台台址是完全有理由的。又,既然明天文家曾在城墙上观测,则他们把新台修在贴近城墙,以便连续工作,这也是很自然的。这样的解释也许是取代“起源于金”说的比较最合理的解释。

从史实推断,明观象台的建筑是逐渐修缮完备的。正统十一年(公元1446年)加高简仪地基;修造晷影堂,将圭表移入堂内;加高漏壶房屋顶,使给最上一层漏壶加水方便。嘉靖七年(公元1628年)又树立四丈高木表。据《明史·天文志》的意见:

“由是钦天监之立运仪、正方案、悬晷、偏晷、盘晷诸式具备于观象台,一以元法为断”。

用了将近九十年的功夫,才建成象元太史院那样规模的天文台,充分反映出封建社会末期官僚机构的腐朽,和明代天文学的停滞。

虽然如此,明观象台在其建台之初仍然是当时世界上最宏伟的天文台之一。第谷的天文堡要到十六世纪的后期才出现。在此之前能与郭守敬的简仪相匹敌的仪器还是不多的。明观象台在明代二百年内担负了主要的天文观测工作,为丰富、延续中国的天象记录作出了贡献。明观象台入清后更成为清代的观测中心。它在我国天文学发展史上的作用是无可否认的。明观象台是一项全面反映我国古代天文学工作状况的科学古迹,因而受到世界天文工作者的注意和兴趣。国际上不时发表有关它的文章。

党和政府历来重视我国古代文物的保护工作。解放初期曾把明观象台加以修缮,辟为古代天文仪器陈列馆。1966年以后,这座具有悠久历史的古天文台也受到了“四人帮”所煽起的种种反动思潮的冲击,台上所陈列的清初的天文仪器曾受到一定程度的损坏。只是由于广大人民和科学工作者的爱护,特别是由于敬爱的周总理的直接关怀,这座古天文台才没有遭到更重大的破坏。随着社会主义建设事业的发展,周总理曾专门下令,要保护该台。嗣后有关部门分别拨出专款,逐渐修复被损坏的仪器。现在人们正在对台体进行维修。它不久即将重新恢复它那雄伟而又严整的古老面貌。

## 第十章 从明末到鸦片战争的中国天文学

### 一、明末天文学研究的复兴

我们从第三章已经知道,中国天文学发展到明代进入了一个低潮时期。这个低潮之产生是由于明朝的统治者加强封建统治的缘故。

然而,历史总是向前发展的。社会的历史是这样,天文学的历史也是这样。大约到了明代后期的万历年间(公元1573~1620年),中国天文学开始局部地冲破封建制度的束缚,进入了一个新的发展时期。

自明初以来,社会生产力总的来说一直在稳步上升。到明中叶,农业和手工业的生产水平都超过了前代。农业上出现了双季稻,华北地区开垦了更多的水田,白薯、玉米等高产作物开始推广,棉花、烟草等经济作物有很大发展,为手工业提供了丰富的原料。

手工业方面在纺织业、冶金业、陶瓷业等方面有很大发展。单是江南松江一地就能日产万匹布,单是生铁的国家税收就达一万吨左右,铁矿的开采和冶炼遍及全国各地。

不但农业、手工业的产量有很大提高,而且出现了手工业脱离农业的明显趋势。一些手工业发达的地区出现了分工较细密的工场。生产工具也有很大改进。

随着生产力的提高和分工的加强,商品经济的发展也超过了以往任何一个时期。国内、外贸易活跃。特别东南沿海地区,新的工商业城镇不断出现和发展。商品经济的活跃反过来又促进着生产的发展。

由于农民的阶级斗争,使封建的人身依附关系和宗法关系有所削弱。适应生产和贸易发展的需要,在一些最发展的手工业部门出现了雇佣劳动。例如,苏州的纺织业中就有掌握织机和资本的机户及受雇于机户、仗工资度日的机工,等等。资本主义的生产关系开始在封建社会的母体内孕育。

资本主义萌芽的产生对明代中叶以后的科学技术发展有着两方面的影响。

资本主义萌芽的产生和发展,要求生产力有更大的、更快的发展。这就为科学技术的发展提供了强大的推动力。为了发展生产、发展科学技术,也为了给幼弱的资本主义萌芽开辟生长的道路,就产生了在一定程度上批判封建制度和封建理学的启蒙思潮。出现了李贽、王夫之等具有唯物主义倾向的思想家。他们反对“以孔子之是非为是非”的真理标准,揭露理学家“存天理,灭人欲”的虚伪说教,批判董仲舒的“正其谊(按:同“义”)不谋其利”谬论,公开宣扬注重功利。

明代生产力的发展、资本主义的萌芽,向科学技术的发展提出了要求;而对宋明理学的批判又为科学技术的发展扫除了一定的思想障碍。于是,明代后期再次出现了深求有用实学的风气,在许多知识部门里出现了总结经验、进行探索的努力;产生了一系列重要的科学著作,李时珍的《本草纲目》、宋应星的《天工开物》、徐霞客的《徐霞客游记》和徐光



启的《农政全书》等都完成于这个时代。这是我国科学技术史上新的高潮时期。

在这个科技发展新高潮,中天文学是很活跃的一门科学。和明中叶以前因受压抑而陷于停滞沉闷的局面相反,人们对天文学发生了很大的兴趣与热情。

天文学是研究天体的发生、发展、演化、运动的科学,它和人们的宇宙观有着极为密切的关系。人们从宋元理学的唯心主义桎梏下谋求解放的时候就必然要转向天文学,向它要求解答种种宇宙之谜的答案。万历十二年(公元1584年),兵部职方郎范守己制造了一架浑象。去参观的人多得连鞋都挤掉了;不断地有人要他讲解,弄得他真是口干唇焦。于是他就写了一本书,叫《天官举正》,以饗观者。很说明问题的是范守己在这部书的序言里公然为私习天文的事辩护。他说:

“或谓,国家有私习明禁,在位诸君子不得而轻扞文罔也。守己曰:是为负贩么么子云然尔。昭皇帝亲洒宸翰,颁天元玉历于群臣,岂与三尺法故自凿衲邪!且子长、晋、元诸史列在学官,言星野者章章在人耳目间也。博士于是焉教,弟子员于是焉(学),二百年于兹矣,法吏恶得而禁之。……”

这一大段辩词,把皇帝拉来作证,对法吏加以嘲弄,其肆无忌惮的口气,是晚明以前所难以见到的。这样为争取学习天文的权利而大声疾呼,乃是社会迫切需要天文学的反映。

天文学是一门极有实用意义的科学,在古代,其最重要的实用之一是编历法。自施行大统历以来的二百多年间发现过多次差错,但明王朝以各种理由拒绝了修改的建议。然而,大统历的误差积累已经比较显著,虽有禁止私习历法的禁令,“祖制不可变”的传统保守势力,乃至有因建议改历而下狱的险恶遭遇,都无法长期把改历的现实要求压抑下去。随着生产的发展和启蒙思潮的兴起,人们对历法的改革意见也日益高涨。万历二十年(公元1592年)五月甲戌夜月食钦天监推算差一日。万历三十八年(公元1610年)十一月壬寅朔,钦天监推算日食食分及时刻,又都发生错误。在这两次显著错误之后,都有人提出改历的意见。万历二十三年(公元1595年)有朱载堉、邢云路分别上书改历,并献出各自的历法。万历三十八年,因改历意见强烈,最后连礼部都赞同改历,奏疏荐邢云路、范守己“共理历事”,荐徐光启、李之藻“同译西法,俾云路等参订修改”。这两次改历建议虽然都未能实现,但是却给人们留下了深刻印象。尤其是万历三十八年的那一次,参加提建议的人之多,绵延时间之长(约延续到天启元年,即公元1621年)都是空前的,可以说是构成了一次改历运动。从此之后,历法必须改革的主张更加深入人心。这是构成推动人们对天文学进行研究的强烈的社会动力之一。

在人们的关切和重视下,天文学的著作也不断增加。其中主要的,如朱载堉的《圣寿万年历》、邢云路的《古今律历考》、《戊申立春考证》、范守己的《天官举正》等,都是在万历以后写成的。这与明代前期天文学著作的稀少相比,恰是一番新的局面。

由于是在长期停滞后才恢复起来的,因此,这些作品中还不可能有很多重大的、根本的创造。它们的基本内容还都是旧传统的重复,甚至还包含了许多错误的。但是,这些著作的总的倾向都是对旧传统进行总结,在某些地方是有所批判和前进的。例如,朱载堉指出了在月食计算中不应有时差的改正<sup>①</sup>;邢云路在《戊申立春考证》里提出了更精确的回

<sup>①</sup> 在第六章中我们已了解到日食计算中引进时差改正的根据是由于视差原因引起月亮视轨道和真轨道的不一致。但是月食时是月球进入地影,月面上所受太阳光线被地球挡去,地上各处都见到月面同样的亏损情况,视差在此不起作用。朱载堉说的就是这回事。

归年长度,它的数值是365.242190日,比用现代理论推算的当时数值仅小0.000027日,这个精确度在当时是属于世界先进水平的。特别可贵的是邢云路在《古今律历考》中提出了行星运动受太阳牵引的思想<sup>①</sup>。它和后来刻卜勒所提出的行星运动受太阳吸引力支配的思想有些相似。

这些新苗头虽然还不多,但都很可重视。它们的出现,说明中国天文学的发展已到了一个新的转折关头。如果没有任何其他外界因素,中国天文学也必将突破旧传统的框框,作出与时代要求相适应的发展。

## 二、耶稣会传教士的东来

正在明末天文学出现复兴之势的时候,欧洲的耶稣会传教士来到了中国。

十五世纪末以来,欧洲正经历着一场为资本主义生产方式奠定基础的变革。这场变革在上层建筑领域里的一个反应就是激烈的宗教改革运动。以罗马教皇为首的天主教会是欧洲封建制度最顽固的支柱。教会本身就是大封建主。因此,欧洲早期资产阶级革命的斗争锋芒必然要指向天主教会。而欧洲各地封建势力则也必然要起来反对宗教改革。耶稣会就是欧洲各封建保守势力为反对宗教改革而组织起来的一个半军事性的天主教组织。为了补偿在宗教改革中天主教会所失去的教务和经济地盘,天主教各个组织开始了一个向欧洲以外地区扩展的运动。耶稣会是其中最活跃的一个。他依靠欧洲各殖民帝国的支持,充当了他们的先遣队,乘着商船和军舰,来到拉丁美洲、非洲和亚洲。和别的宗教组织不同,除了正常的宗教手段之外,耶稣会还惯于采用枪、剑和政治谋略来求得发展。因此,他所到之处往往给当地人民带来了新的苦难。

耶稣会到了东方。在这儿他遇到了人口众多、社会已高度发展了的的中国。在当时的力量对比下,耶稣会以及欧洲各殖民帝国的武力还远不足以打开中国的大门。于是,耶稣会改变了策略。他的会士们学习中国的语言文字、风俗礼仪,穿着中国服装,研究儒家经典,广交社会名流,拢络权势人物,想尽一切办法适应中国的环境,以求在中国扎下根子。耶稣会观察到当时的中国由于社会发展的需要而对科学技术知识有极大的兴趣。因此,尽管他在欧洲反对以哥白尼学说为代表的在革命中的自然科学,却并不排斥自己利用一些不破坏其神学世界观的科技知识来中国作为诱人之饵。他派出了一批批经过训练的、有各种科技知识的耶稣会士来中国活动。1583年,意大利人利玛窦来华,首先传入了托勒密的九重天思想、地球概念、星盘的构造和使用等天文学知识以及欧几里得几何学等数学知识。此后,欧洲古典天文学和古典数学知识陆续传入。利玛窦和其他介绍欧洲科技知识的耶稣会士得到了中国学者的欢迎和重视。

耶稣会在中国的活动有其历史上的特殊性。由于十六—十八世纪的中国相对来说仍然是有力量的,完全能挫败耶稣会的政治图谋而使他们服从中国的政策法令。因此,耶稣会在日常活动中不得不采取大量的文化和宗教活动形式。这样一来,完全出乎耶稣会东来的本意之外,在中国和欧洲正处于互相隔绝的状态下,耶稣会士竟成了交流中西两大文明的中间人。作为一个欧洲封建势力代表的组织,耶稣会来华的扩张目的遭到了失败;作为交流中西文化的中间人,一些耶稣会士的工作却留下了相当的影响。在天文学方面,

<sup>①</sup> 见《古今律历考》卷七十二：“星、月之往来皆太阳一气之牵系也”。

无论对欧洲还是中国,这些影响都是具体的,而对中国来说,这个影响尤其是巨大的。

当然,事物发展的根本原因在于事物内部的矛盾性。一些耶稣会士之所以能对中国天文学的发展产生影响,根本原因在于明末清初天文学发展的具体矛盾:社会要求天文学有相应的发展,而在长期停滞之后,传统天文学的发展还不能马上适应新形势对它们所提出的要求。同时,传统天文学中的代数学方法发展到元代已是到了它的顶峰,再要往前发展,必须要求有新的重大突破。例如,在《授时历》中已经出现了和球面三角学相似的方法。三角学和几何学方法的引入已是天文学的进步所必不可少的。而这些却正是欧洲天文学的特长。在这种情况下,大量吸收欧洲的天文学知识就是历史的必然了。

正因为如此,耶稣会士来华以后所引起的反应是复杂的。

代表资本主义萌芽的发展要求的进步知识分子正在努力探索各种新的知识,因而他们对耶稣会士表示了欢迎,对耶稣会士传来的科技知识进行了认真的研究。只有经过中国学者自己的努力,才能把当时传入的欧洲科技知识吸收、融合到我国自己的科技发展中去。

这些知识分子中又有两种态度。一种,以李贽为代表。他们反理学的态度比较坚决,有一定的反封建的思想,因而他们对耶稣会士所传播的、标榜和儒家经典相通的宗教保持了距离。例如,李贽和耶稣会士利玛窦有多次交往,对利玛窦的学问很推崇,曾经向他赠过诗。但是李贽对利玛窦来华传教之举是否定的。他在一封答友人问利玛窦的信中说道:

利玛窦“是一极标致人也。中极玲珑,外极朴素。……但不知到此何为?我已经三度相会,毕竟不知到此何干也!意其欲以所学易吾周、孔之学?则又太愚。恐非是尔”!①

另一种,以徐光启、李之藻为代表。他们热切地追求科学技术知识,作了很多翻译、介绍欧洲科技知识的工作。但是,他们的行动只限于科技发展所直接要求的范围,而对封建制度本身他们还不想去触动。他们的口号是“补益王化”②。因而他们对天主教产生了幻想,认为这是使“国家致盛治、保太平之策”③。于是,他们信奉了天主教,并且对耶稣会士极为信任,视作依靠。

反对耶稣会最激烈的却是代表中国封建统治阶级利益的思想家——正统理学家。他们反对任何与中国的统治思想——儒家思想相独立的思想。尽管耶稣会士明白儒家思想在中国的地位,因而千方百计巧说天主教义如何符合儒家经典等等,但是终究,圣经是用另一个全能的上帝取代了尧舜孔孟,天主教义和儒家经典是两个理论体系。至高的神圣是人间主宰的象征,理论体系的分歧反映了阶级、集团利益的分歧。正统理学家的阶级本能使他们对天主教义很敏感,而天主教向民间传教之举则更增添了他们的忌疑。他们误认为天主教是白莲教那样组织农民起义的宗教。因此,理学家们和佛、道两教联合起来,一再从右的方面开展对天主教的批判,并且在明末和清初多次掀起了反天主教、耶稣会的运动。为了反对天主教,他们也顽固地反对引进欧洲的科学技术知识。清初的杨光先有句名言:“宁可使中夏无好历法,不可使中夏有西洋人”。这话最典型地表露了明末清初的

① 《续焚书》卷一。

② 《徐光启集》,中华书局1963年版,432页。

③ 同上书,436页。

正统理学家盲目排外的顽固态度。

明末的中国社会需要天文学,因此,代表资本主义萌芽的势力欢迎欧洲天文学知识的传入。在这个时期里,天文学发展中居于主要地位的矛盾斗争是坚持进步,反对顽固守旧、盲目排外的斗争。但是,明清之际的中国社会仍然是一个封建社会。一些主要的敢于吸收外国知识的知识分子,在政治上还深受着封建制度的束缚。因此,他们虽然能够克服理学家的盲目排外,却无力摆脱耶稣会对中西交流的垄断。这样,在反对盲目排外的斗争中又包含着盲目学习的另一种偏向。

### 三、《崇祯历书》的编纂

自从李之藻、徐光启等人和利玛窦等耶稣会士相认之后,即从他们研究欧洲天文学知识,介绍和翻译了一些有关欧洲天文学知识的书。《崇祯历书》的编纂是这个介绍过程中最重要的一环。它标志着欧洲天文学已被吸收和融合到我国天文学的发展中来。从此,我国的天文学计算体系发生了根本的变化,从传统的代数学体系转成为欧洲古典的几何学体系。

#### 1. 《崇祯历书》的编纂经过

崇祯二年五月乙酉朔(公元1629年6月21日)日食,钦天监预报又发生显著错误。于是,改历之议复起。当时徐光启正任礼部侍郎,而钦天监事务又正是属礼部管辖的。徐光启通过礼部提出了改历方案,得到明思宗朱由检的批准。绵延了多少年的改历运动至此瓜熟蒂落。七月,徐光启受命督领修历。九月,在北京宣武门内设立历局,开始修历工作。

这次改历决定以西法为基础。这是因为一则,西法与传统方法相比,确是有进步的地方;再则,能透彻了解传统方法的人绝少。如朱载堉、邢云路、范守己等人这时都已死去。督领修历的徐光启等人都是研究西法的。因此,虽然徐光启最初提出的改历方案是“参用西法”,但它的实践结果却不能不是以西法为主。

这样,历局的工作首先便是“翻译”,实际就是系统而全面地介绍欧洲天文学知识。为此,它先后聘请了龙华民、邓玉函、汤若望、罗雅谷等耶稣会士来局工作。历局工作的结果就是有137卷之多的《崇祯历书》。书从崇祯二年九月编起,直到七年十一月才全部完成。在这期间,徐光启于崇祯六年(公元1633年)死去,余下的工作由徐光启推荐的李天经督领完成。

按照徐光启的最初设想,改历工作应该先是翻译,“翻译既有端绪,然后令甄明大统,深知法意者参详考定,铨彼方之材质,入大统之型模”<sup>①</sup>但后来在编译的过程中,已考虑了一些中国历法形式上的传统特点。徐光启死后,就没有再进行更深入的“入大统之型模”的工作。

《崇祯历书》完成后,本应立即用它来编算每年的各种日历。然而又发生了曲折。徐光启在世时没有作声的守旧官僚们又出来了。他们利用了《崇祯历书》没有更深地“入大统之型模”的缺点,挑动西法和传统方法的派别斗争,支持墨守旧法的学者魏文魁等成立一

<sup>①</sup> 《徐光启集》, 374页。

个新的历局——称为东局,和李天经领导的西局争论。这时,明朝政府已十分腐朽,在尖锐的民族矛盾和阶级矛盾面前已日趋崩溃,它已经毫无能力来处理象历法问题上的这类矛盾斗争了。

这样,直到明王朝覆灭,《崇祯历书》始终未被正式颁行。

## 2. 《崇祯历书》内容简介

按照徐光启的规划,《崇祯历书》共分五个方面,叫做基本五目。这五目是:法原,即天文学理论;法数,即天文表;法算,即天文学计算中必备的数学知识,主要是三角学和几何学;法器,即天文仪器方面的知识;会通,即中西各种度量单位的换算表。

法原部分是《崇祯历书》的核心,全部约有四十余卷,占全书的三分之一左右。这表明了《崇祯历书》的编者在有意识地为自己的计算方法建立一个理论基础。这种努力是进步的。

《崇祯历书》有以下几个特点:

(1) 采用了丹麦天文学家第谷所创立的宇宙体系。这个体系是介于哥白尼的日心体系和托勒密的地心体系之间的折衷体系。它认为:地球是宇宙的中心,月亮、太阳和恒星在不同的层次绕着地球转,而五大行星则绕着太阳转。这个体系比更早以前的耶稣会士利玛窦、阳玛诺(见本章第五节)等所介绍的托勒密地心体系来讲要进步,但比耶稣会士所未传的哥白尼日心体系却是个退步。

(2) 采用本轮、均轮等一整套小轮系统来解释天体运动的速度变化<sup>①</sup>。这样,在计算上就必须采用几何学。这种小轮系统起源于古希腊。它包含了一种合理的科学思想,即力求解释日、月、五星的视运动中为什么会有顺、逆、留、合、迟、疾等等的天文现象。这种思想对于当时正在探索天体运动规律的中国天文学家来说是有吸引力的。

但是,这种小轮体系必竟是主观臆想的体系。随着天文观测的进步,一个设计很严密的小轮系统会很容易就露出破绽。要弥合这个破绽,就必须在小轮上再叠加小轮。结果,观测越精确,体系就越烦琐。自从十七世纪初德国天文学家刻卜勒发现了行星运动三定律后,小轮体系就彻底粉碎了。可是,刻卜勒定律是哥白尼体系的发展,因此,明末清初的耶稣会士虽然把有关的书都带到了中国,却始终隐瞒着没有介绍。

(3) 引入了明确的地球概念,引进了经、纬度及其有关的测定、计算方法。从而使得在日、月食计算和其他天文计算中较中国古代的传统方法前进了一大步。特别如周日视差(当时称为地

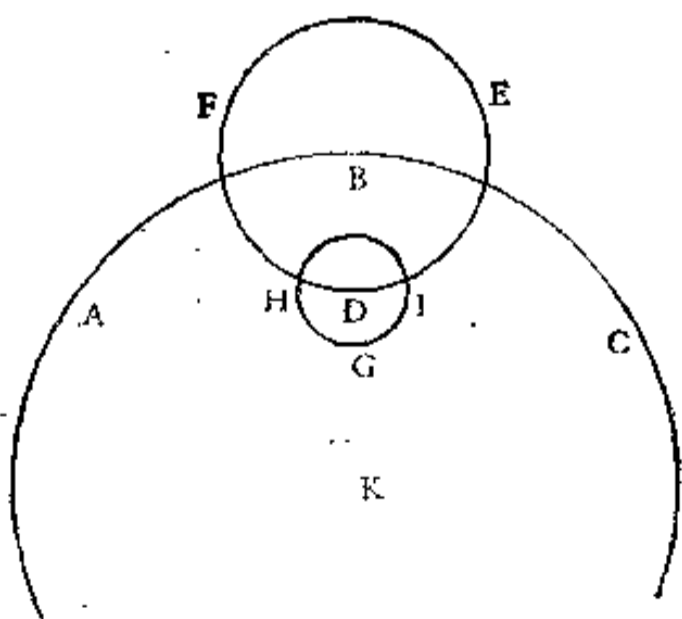


图 10-1 《崇祯历书》中关于太阳的小轮体系

<sup>①</sup> 以太阳运动为例,如 K 为地球, G 为太阳,太阳在 GHI 圆上匀速运动,这个圆叫均轮,均轮的圆心 D 在另一圆 DEF 上均匀地转动。这个圆叫本轮,本轮的圆心 B 又在另一个圆 ABC 上均匀转动。这个圆叫本天,本天的中心是地球。适当地选择各个圆的半径及 GDB 各点的运动速度,就可以在一定的精度上计算太阳的视运动,说明这种视运动的迟、疾变化。

半径差)的改正就比古代的经验近似算法要科学、准确。

(4) 引入了球面和平面三角学。这就大大地简化了计算手续,提供了准确的计算公式,并且扩充了解题的范围。这比元《授时历》的“弧矢割圆术”要进步。

(5) 引入了蒙气差的数值改正;区别开了冬至点和日行最速点(即近地点)的不同,并且指出日行最速点每年前进约45" (现在测定的值为每年61"8);引进了哥白尼、第谷等所测定的较精确的天文数据(例如,取岁差的数值为七十七年又七月西行一度;取回归年长度为365.242187日,等等)。

(6) 引进了欧洲天文学中的一些度量制度。如:分圆周为360°;分一日为96刻;采用60进位制。

在坐标系方面,引进了严格的黄道坐标系;采用从赤道起算的90°纬度制和十二次系统的经度制<sup>①</sup>。这种经度制比二十八宿系统的较为精确。

在历日制度上,彻底采用定朔、定气注历,并以无定中气之月为闰月。

《崇祯历书》也有许多错误和缺点。

它在宇宙体系上落后于哥白尼、刻卜勒的学说。尽管书中频繁地介绍了他们以及伽利略的测算工作,但却把他们的革命学说都作了歪曲。这当然都是耶稣会士对中国天文学家进行封锁和歪曲的结果。

《崇祯历书》否认天体的自转。月亮始终以同一面朝向地球,这本表明月亮在自转,不过其周期和月亮绕地球公转的周期相同罢了,但《崇祯历书》却以此作为月亮没有自转的根据。伽利略根据太阳黑子在日面上的运行,发现了太阳的自转。《崇祯历书》虽介绍了黑子在日面上运行,却只字不提太阳自转。这一切都是为了避免使人们想到地球也是在自转的。

《崇祯历书》把所有恒星都放在距离地球为一万四千倍地球半径的“恒星天上”。这个概念远较中国古代的“宣夜说”落后。《崇祯历书》进而解释岁差现象是这层恒星天球在绕黄极自西向东旋转,叫做恒星东行。这同样是为了避免破坏地静的说法<sup>②</sup>。事实上,这种全体恒星都参加的统一行动是根本不存在的。

《崇祯历书》所定的各种直线距离误差都很大。例如,它定日地距离为地球半径的1180倍,太阳半径为151倍,月近地点距地球22倍。而实际上相应的是:23000倍、109倍和57倍。

《崇祯历书》虽然顾及到了中国历法的传统形式,但是,对传统方法本身却并未深入研究。传统方法中有许多先进的成就,例如,内插法,这是在近代天文学中仍在大量使用的一种重要的计算方法,却完全没有被《崇祯历书》所继承。

《崇祯历书》中虽然也有批判传统迷信的地方,但这是极不彻底的。例如,它仍然承认日、月食是“无形之灾”,要人们“视为谴告”<sup>③</sup>。不但如此,它还杂有欧洲的迷信思想,如,它认为月亮与其它天体的会合相冲“各有顺逆承制之理,测候推算方法,医家藉此以工治疗,农家藉此以受稼……”<sup>④</sup>。有些地方,它还有神秘的不可知论色彩。例如,它在提到黄

① 把赤道圈从春分点开始等分成十二份,每份30°。计量赤经时从每个分点开始由西向东量度。

② 岁差的真实原因是地球自转轴在绕着黄极自东向西旋转,因而地球赤道面也在黄道面上绕着黄极轴旋转,赤道和黄道的交点——春分点就沿着黄道退行。

③ 《崇祯历书》:《交食历指叙》。

④ 同上书:《月离历指叙目》。

赤交角的变化时就说：“然古时既远，上古时当更远，不知远于何始？今时既近，后来者当更近，不知近于何终？远极或当先近，不知改于何年？近极或当辽远，不知转于何日？此则非理所能穷，非思路所能及！”结论是：“天事之终难究竟耶”<sup>①</sup>。

### 3. 对徐光启的评价

徐光启是明末天文工作中最重要的代表。他的工作中一个最大的特点是敢于冲破旧传统，热心追求新事物。在明代封建理学占绝对统治地位的时候，要学习欧洲的科学知识，是需要勇气的。徐光启就曾为此受到过理学家的政治压力，但他顶住了。在领导改历时，他巧妙地利用了明初朱元璋命人翻译回回历的先例作为自己搞翻译、吸取欧洲科学知识的根据。此后在工作中他还和一些固守旧传统的学者进行了学术争论。欧洲天文学知识之能够为中国天文界所吸收，徐光启的工作起了很重要的作用。

徐光启的另一个特点是力求弄清事物的本质。他力图把历法计算的方法建立在了解其所以然的基础上。他指出：“第今改历一事，因差故改，必须究其所以差之故而改正之。”<sup>②</sup>“今所求者，每遇一差，必寻其所以差之故；每用一法，必论其所以不差之故。”<sup>③</sup>他反对古代改历中那种只凑合改改数据，改改近似计算公式等所谓“写子换母”的方法。照那样做法，他说：“谓之改矣，实未究其所以然也。”<sup>④</sup>他主张，应当“从历法之大本大原阐发明晰，而后可以言改耳。”<sup>⑤</sup>为此，他在《崇禎历书》的法原部分下了很大功夫，企图为历法计算建立一套比较完整的理论基础。在这个问题上他也和一些守旧的钦天监官员进行过斗争。

仅从这两个特点就可以看出，徐光启的工作符合天文学发展的历史要求，因而是进步的。这是徐光启的主流。可以毫不夸张地说，徐光启的工作影响了有清一代天文学的发展。特别必须看到，哥白尼的日心体系和刻卜勒的天体运动三定律等等都只能在欧洲天文学的几何学天体运动体系中产生，而难以从中国传统的代数学体系中直接导出。如果考虑到这一点，那么我们更应当肯定，徐光启的天文工作是把我們引着向近代天文学的入口处迈进了一大步。

当然，一切事物无不具有二重性。徐光启的天文工作也有着它的另一个方面。

由于长期封建统治的压抑，明末的天文、数学工作者的一般水平的确较低。可是徐光启不推求明末天文、数学工作水平落后的真正原因，而是给我国古代天文、数学的成就抹黑。他把我国古代的数学名著《算经十书》比作“敝屣”<sup>⑥</sup>，说什么古代数学“所立诸法芜陋不堪读”<sup>⑦</sup>。徐光启又说什么中国古代历法不讲“故”，“而能言其所为故者，则断自西泰子之入中国始”，甚至自丧其志地认为，中国天文学与西洋相比：“何工拙可较论哉”<sup>⑧</sup>！相反，他对于欧洲天文学知识则予以极大的夸张，说什么：“西法至为详备，且又近今数十年

① 《崇禎历书》：《恒星历指叙目》。

② 《徐光启集》，344页。

③ 《徐光启集》，333页。

④ 《徐光启集》，344页。

⑤ 《徐光启集》，344页。

⑥ 《徐光启集》卷二，《刻同文算指序》，81页。

⑦ 《徐光启集》，《勾股义绪言》，85页。

⑧ 《徐光启集》，《简平仪说序》，73页。

间所定,其青于蓝、寒于水者,十倍前人。又皆随地异测,随时异用,故可为目前必验之法,又可为二百年不易之法,又可为二百年后测审差数因而更改之法”<sup>①</sup>。事实上传教士介绍的第谷体系在欧洲已经落后好几十年了,所谓“二百年不易之法”,完全是徐光启不了解欧洲情况下的主观想象。

徐光启对欧洲天文学知识的崇拜陷入了盲目性,又加之他对天主教抱有幻想,因而他对耶稣会士极为信赖,把他们作为他学术上的主要依靠,对他们介绍的知识则毫无分析地加以接受。尽管徐光启有可能理解到当时欧洲的科学知识发展很快<sup>②</sup>,他自己也的确感觉到耶稣会士对介绍欧洲科学知识是有其考虑的<sup>③</sup>,但是他终究没有,也不可能想到中国应该更积极主动地去学习。试想,如果中国当时能派人直接去欧洲学习,则对我国科学技术的发展必将有良好的影响。即或在当时的历史条件下这一点难以做到,那么至少可以组织本国学者学习欧洲语言文字,直接翻译阅读欧洲传来的科学原著,这样仍然有可能冲破耶稣会的垄断,了解到若干欧洲科学发展的真相,有利于我国科学的进步。但是,作为改历的负责人,其后又升为礼部尚书乃至内阁辅臣之一的徐光启,并没有这样去组织。这样一来,就只能一切倚仗于耶稣会士,他们介绍什么就是什么。结果,使明末对欧洲天文学知识的学习和吸收工作陷入了盲目性。《崇祯历书》中落后于当代欧洲天文学发展的缺点是与这个盲目性有关的。其后,中国天文学和欧洲天文学的差距越来越大,这是封建制度落后于资本主义制度的必然结果。而一直到清代都无力纠正这种学习上的盲目性,这正是表现出封建制度腐朽性的又一个侧面。

当然,明清之际的时代和鸦片战争之后的时代是不同的。明清之际的中国政府对于耶稣会来说掌握着完全的主权。耶稣会和中国人民的矛盾在当时还是一种次要矛盾。徐光启等人在学术上对传教士的依赖,并不是政治上的媚外。另外,尽管徐光启后来官职升得很高,但他终究还要受皇帝、其他内阁辅臣和社会保守舆论的牵掣。而且,中外交流的渠道既已控制在耶稣会手里,他们当然也不会轻易放手。因此,徐光启即令想采取某种主动行动,他的活动余地也是非常有限的。

徐光启在学习欧洲天文学知识上的盲目性,反映了明末资本主义萌芽势力软弱的一面。政治上他想依靠天主教来“补益王化”,由于中国人民的斗争,这条道路是走不通的。科学上他想依靠耶稣会士来搞会通超胜,由于耶稣会士的同床异梦,他的道路也不可能实现。归根结蒂,天文学的进步和社会的进步一样只有依靠中国人民自己的斗争。

#### 四、时宪历的颁行经过

崇祯十七(1644年)五月,清军进入北京。耶稣会士汤若望乘乱中把《崇祯历书》窃据为他的作品<sup>④</sup>,经过删改,压缩成一百零三卷,进呈给清政府。清政府决定采用,名之为

① 《徐光启集》卷八,《历书总目表》,374页。

② 徐光启最初从利玛窦那儿学到的是亚里斯多德-托勒密地心说,认为日、月、五星都绕着地球转。后来罗雅谷、汤若望等人介绍的是第谷的地心说。两者的不同应该使徐光启感觉到当时欧洲天文学在很快发展。

③ 徐光启在他写的《泰西水法序》中说道:“西方诸君子而犹世局中人。是者种种有用之学不乃其秘密家珍乎?亟请之,往往无吝色而有忤色,斯足以窥其人矣!”接着他推测说,这大概是传教士们“深恐此法盛传,天下后世见视以公输、墨翟,即非其数万里东来,捐顶踵、冒危难,膺世兼善之意耳。”可见他多少感觉到耶稣会士的讲学术是一种手段。

④ 汤若望在上历书时向清政府奏说:“臣创立新法,规制仪象,以测诸曜视行……。臣阅历集著,昼夜审视,著为新历百余卷”。这里,徐光启和历局全体人员乃至其他耶稣会士的工作都完全给抹煞了。



《西洋新法历书》，并据此编出的日用历书称之为《时宪历》。同年十一月，任汤若望为钦天监监正。

早在明朝末年，耶稣会就和维护封建正统利益的理学家发生过几次冲突。由于耶稣会善走上层路线，他们得到一些人的庇护，躲过了打击。以后他们参加了改历工作，又为明政府购置及铸造铳炮等等，取得了明政府的信任，这样，耶稣会和理学家的矛盾缓和下来了。

入清后，清政府对汤若望宠信日加。顺治十五年（公元1658年）甚至加一品封典。这种宠信大大地扩大了耶稣会的影响。随之，全国各地教徒也迅速增加到十万名左右。耶稣会自觉地位不同了。踌躇满志之下，他们不再小心地避免触犯儒家礼仪；在神学著作中也不再小心利用儒家学说。这样，理学家和耶稣会的矛盾又激化起来。

顺治十七年（公元1660年）年底，安徽歙县人杨光先向礼部上了一个《正国体呈》，控告《时宪历》上有“依西洋新法”五字，这是汤若望“窃正朔之权以予西洋”，及汤若望历法错谬两罪。但当时清政府正宠任汤若望，礼部未予接受。

康熙三年（公元1664年）七月杨光先再次到礼部上《请诛邪教状》控告汤若望传造妖书和谋反。其中说到耶稣会“布党京省要害之地”，“接渡海上往来”，“二十年来收徒百万，散在天下”等，这些是很容易引起清政府不安的。加之当时的辅政者鳌拜也和西洋人有矛盾。于是这次准了状子。八月，清政府会审汤若望及南怀仁等在京传教士。结果，以杨光先状中所附《摘谬论》、《选择议》两文中举的历法错谬、万年历只编了二百年、钦天监选择顺治幼子的葬期犯凶杀等几条荒唐的罪名，于康熙四年（公元1665年）判汤若望凌迟，宣布禁止天主教，在京教士充军，各省教士押到广州驱逐出境；钦天监中牵连官员七人凌迟，五人斩首。后因北京连日五次地震，迷信的清政府按照历代封建王朝的惯例，对罪犯减刑。因此，最后只杀了李祖白等五名钦天监官员，汤若望及在京教士仍监留在京，其他死刑者都改为充军。

此后，清政府即任杨光先为钦天监监正。杨光先因自己“但知推步之理，不知推步之数”，五次辞职。不准。杨不得已而就任。于是废《时宪历》，复用《大统历》。但《大统历》本已过时，钦天监中一些原大统科的人又有畏惧心理，不敢出力。杨光先就起用以前被汤若望裁汰出去的回回科历官吴明烜为监副，并且改用回历。

但是，回历也过时了。几年之中杨光先出了几次差错，清政府知道他的确学不胜任。康熙七年（公元1668年）十一月，南怀仁上疏攻击杨光先所颁历书不合天象。当时康熙已经亲政。康熙命诸大臣会同杨光先、南怀仁等共同测验。结果，回回历误差较大。于是杨光先被革职，任命南怀仁为“治理历法”，复用《时宪历》。

康熙八年，鳌拜被捕伏诛。南怀仁趁机又一次控告杨光先“依附鳌拜，捏词毁人，致李祖白等各官正法”；“诬告汤若望谋叛”；“推历候气茫然不知”等等罪名，这次一翻前案，对卒于康熙五年的汤若望及被斩五人赐卹，革职流外者仍旧起用，而杨光先则拟斩。最后，康熙因杨光先年老，赦归。

在这一场斗争中，杨光先是从维护封建正统利益的盲目排外者立场出发的。他的所谓告汤若望谋反，不过是对耶稣会的误会，害怕天主教会发动农民起义而已。鲁迅先生曾经狠狠地讽刺过这个“宁可使中夏无好历法，不可使中夏有西洋人”的信条的提出者<sup>①</sup>。

<sup>①</sup> 见：《坟·看镜有感》；《且介亭杂文·随便翻翻》。

因为杨光先不过是个盲目排外的封建卫道者,因此,他不可能有真正可依靠的力量。即以历法而论,当时在民间已经有不少学贯中西的天文学家,例如黄宗羲、王锡阐等。特别王锡阐,他在知道杨光先告倒了汤若望,废止了《时宪历》的事之后,是作出了积极反应的<sup>①</sup>。但是,杨光先并不能依靠他们。他所依靠的只是象吴明烜那样的腐朽官僚。这样,他的失败就是必然无疑的了。

杨光先的斗争是失败了。但是,它却有影响。

清初的统治者原本对耶稣会毫无认识,以为他们会绝对效忠清朝,因而对汤若望相当宠信。杨光先的控告虽然失败了,却引起了清政府对耶稣会的警惕。虽然后来任用了耶稣会士在钦天监工作,并且从此成了惯例,但其后对它们的宗教活动却始终加以限制<sup>②</sup>。就是在钦天监中也不再象顺治时期那样,把大权完全交给耶稣会士,而是一定要任命一个满族的人做监正,其地位在所谓的“西洋监正”之前。

但这种控制只是政治上的,而在科学技术上,清政府却从此更加依赖传教士。一个传教士走了或死了,就一定要补上另一个。在这里,清政府和徐光启相仿,缺乏积极主动地学习外国的认识。而相比起来,清政府的责任更为重大,因为清政府掌握着国家的最高权力,它完全可以作出种种主动学习外国的决定。可是,它终究没有采取任何新的主动学习的措施。在鸦片战争前的清王朝最高统治集团都怀着盲目自大的心理,他们根本拒绝任何向外国学习的思想。他们任用传教士,是认为这是利用传教士的技艺为自己服务。但和他们的主观想法相反,实际上他们却使钦天监的工作依赖于传教士。而这种依赖的结果,使中国天文学家对当时欧洲正在突飞猛进的发展毫无所知。一切取决于传教士为维护自己地位需要所作出的判断。当他们觉得为了加强自己的地位有必要介绍一点欧洲天文学知识的时候,才拿一些零碎、片断而且始终是落后于时代的东西来炫耀一番。一部清朝天文学的历史深刻地证明了一个道理:学习外国是一场斗争。既要反对盲目排外、闭关自大的顽固思想;也要采取积极主动的精神,打破外国少数人的控制和垄断,才能批判地吸收外国科学知识的精华,促进我国天文学的发展。

## 五、明清之际我国学者对欧洲古典天文知识的介绍和研究

早在《崇禎历书》编成之前,我国学者在和耶稣会士的来往中就已经接触到了欧洲古典天文学知识,并且立即开始了介绍的工作。到《崇禎历书》编成之后,更为研究西法提供了有力的工具。明末清初的学者,除了最守旧的以外,一般都钻研过欧洲天文学知识。通过许多学者的努力,到清初顺治、康熙年间,传教士所传进来的欧洲古典天文学中有益的东西都已逐步为我国学者所吸取。

### 1. 中国学者最早的翻译作品

早期的介绍中多数是与耶稣会士们合作的。这是由于语言文字和材料来源的关系。

<sup>①</sup> 王锡阐《晓菴遗书之四·杂著·历策》:“执事以新法既非,旧法未必无误,而博注于草泽也。此正愚所乐得而缕陈者也。……”

<sup>②</sup> 见《大清律例·禁邪教》。

这些著作中主要的有：《浑盖通宪图说》(1607)、《简平仪说》(1611)、《表度说》(1614)、《天问略》(1615)等等。

《浑盖通宪图说》是李之藻的作品。李之藻从利玛窦那儿见到了一个星盘，并从他学到了星盘的构造、原理和使用方法。李之藻就用图说的方式写了这本书。书共二卷，卷首另加一篇关于浑象的介绍。上卷是讲星盘面上各种坐标网的绘制法，其中包括赤道坐标、黄道坐标和地平坐标三种系统在平面上的投影。下卷介绍在星盘上标画恒星的方法，然后讲使用星盘的方法。

这本书里使用的是欧洲的量度制度。本书第一次介绍了黄道坐标系；介绍了晨昏蒙影的严格定义，但却错误地把产生蒙影的原因说成是太阳比地球大；介绍了日、月、五星的大小、远近，当然，所给的数据误差是很大的；介绍了星等概念，但却与中国三国时代徐整的说法差不多，把星等的大小和恒星的直径大小直接联系起来；介绍了测月蚀来定经度的原理，等等。

《简平仪说》是徐光启的译作。简平仪是耶稣会士熊三拔制作的，专用来测太阳。结构远较星盘简单，但原理是相仿的。书也比较简单，介绍了测太阳赤经、赤纬，定时刻，定纬度等等的方法，其中简论了大地是个球体这一新概念。

《表度说》，熊三拔作，周子愚、卓尔康笔记，是部讲日晷的著作。

《天问略》，是部问答体的作品，耶稣会士阳玛诺条答，周希令、孔贞时、于应熊等同阅。此书介绍了托勒密系统的十二重天说，全书宗教气味较重。书中介绍了太阳的黄道运动和节气、昼夜长短等问题，解释了月亮圆缺和交食深浅等等的原因。其中突出的是介绍了伽利略用望远镜观测到的一些结果，如木星有四个卫星，银河可分解为许多星星，金星也有圆缺之类。

《远镜说》，题名是耶稣会士汤若望译的，但据已故李俨先生的研究<sup>①</sup>，是李祖白和他合作的。这是本介绍望远镜的专书。其中介绍了伽利略式望远镜的构造，并且比《天问略》更详细地介绍了伽利略的观测成果。例如，《天问略》仅说：“持以观月，则千倍大于常”。《远镜说》则说：“用以观太阳，则见本体有凸而明者，有凹而暗者。盖如山之高处，先得日光而明也”，等等。

## 2. 明末中国学者的独立介绍和研究

如果说以上主要是译作，那么，接着不久也就出现了中国学者自己的著述。下面几种是比较有意义的：

《历体略》，王英明撰，传本共三卷。前两卷出版于万历四十年(公元1612年)。主要介绍中国传统的天文学知识。但其中已介绍了地球和经纬度的概念，并且还整理了中国古籍中的材料，以证明我国古代已有地圆说了。书中批判了明代的顽固学者还在唠叨的天圆地方说，批判了唯心、荒诞的星占术，这些都是进步的。第三卷成书年代不详，主要介绍西洋知识，内容大都来自《浑盖通宪图说》和《天问略》等书。但《历体略》介绍的宇宙观是九重天说，省去了耶稣会士们未详的两重岁差天及所谓上帝居住的第十二重天<sup>②</sup>。显然，王英明对西洋的宗教迷信也是反对的。

《日月星器式》，这是部专讲日晷及星晷等的制作原理的书。大约写成于天启年间(公

<sup>①</sup> 见李俨：《明清之际西算输入中国年表》，载《中算史论丛》第三集。

元1621~1627年),作者陆仲玉。本书主要解决天球赤道坐标网在各种平面上的投影问题。从这个意义上讲,本书也是最早介绍欧几里得几何作图法的著作之一。书中介绍的日晷形式丰富多变,许多是为了有各种倾斜方向的墙面设计的。所设计的日晷除了测定地方时以外,尚用来定节气,甚至可以估计日期。

稍后,还应该提到在编纂《崇祯历书》期间历局与专习旧法的学者冷守忠、魏文魁等进行学术辩论的四篇论文。它们后来汇集成《学历小辩》一书,收刻于《崇祯历书》中,这四篇论文对指出旧法的缺点和阐明西法的理论等方面是有帮助的。该文集主要说明了冬至点和太阳视运动最快的点(即太阳的近地点,实际是地球近日点的相对位置)是不同的;说明了要从“地球”的概念来计算交食,要用正确的球面三角公式等等。辩论中提到了平回归年和定回归年也如同平朔和定朔一样是有区别的。这个意思是和南宋杨忠辅所提出的岁实消长说一样的,但是《学历小辩》中没有提出数据。

方以智的《物理小识》(1643)是本百科全书式的著作,其中也有许多天文学知识,而且有些是有独立见解的。例如,利玛窦等人认为,太阳半径为地球半径的160多倍,而太阳距地球又只有1600多万里。《物理小识》指出,这是有问题的,因为据此计算(定地球圆周的长为9万里),太阳直径就将近有日地距离的三分之一,这显然是错误的。于是,方以智提出一种看法,人目所见的太阳圆面比实际的发光体要大,这就是所谓“光肥影瘦”的理论。方以智提出的理论后来被《历象考成》所接受,《历象考成》用“光分”的名称对太阳半径作了经验性的修正。

明末清初,熊明遇所著的《格致草》曾企图将整个天空现象(包括天文和气象)作一科学的探讨。但由于熊明遇是一位反清的学者,因此他的这部博采中西的著作未能广泛流传。比较影响大的,倒是他的学生游艺所撰的《天经或问》。这部书是用问答体写的,可说是我国第一部通俗性的天文学著作。它对天文知识的传播起了一定的作用。它后来传到了日本,在日本也曾多次翻印。

### 3. 薛凤祚和王锡阐的工作

清初,出现了两位有名的天文学家:薛凤祚和王锡阐。

薛凤祚最初是从魏文魁那儿学习天文历法的。但他并不墨守师法。后来他遇到了耶稣会士穆尼阁,他又从穆尼阁那儿研究了西法。他认识到西法是有缺点的,但也有长处。他坚决反对一些人盲目自大、拒绝一切西洋学说的保守思想。他说:

“中土文明礼乐之乡,何拒遂逊外洋?然非可强词饰说也。要必先自立于无过地,而后吾道始尊。此会通(按:即中西法的融会贯通)之不可缓也。”<sup>①</sup>

经过三十多年的努力,他写成了《历学会通》一书。

《历学会通》一书已不是象早期著作那样只介绍些理论、原则,而是系统、详尽地介绍了欧洲的天体运动计算方法。他介绍的方法有一个特点,那就是运用对数。为了适应中国的计算习惯,他把欧洲的六十进位制改为十进位制。为此,他又重新计算了三角函数等计算用表。

薛凤祚介绍西法,特别介绍了对数方法,这是有贡献的。但是,真正在吸收西法的基础上做出创造性贡献的是王锡阐。

<sup>①</sup> 《历学会通·序》。

王锡阐是清初一位伟大的天文学家。他反对过去许多书生不肯亲自参加实践的恶劣风气,亲自进行各种天文观测,有时甚至整夜不眠。由于他深入地研究了中西学说,又有着自己的观测经验,这样他就有可能作出许多创造性的贡献。

王锡阐反对当时流行的崇洋思想,同时也反对守旧思想。

首先,他批判了以《西洋新法历书》为代表的西法,揭穿了有些耶稣会士狂妄自大而实际上对中国的传统知识不懂装懂的丑恶面目。例如:(1)汤若望等攻击《大统历》有两春分、两秋分。实际上他们不懂得《大统历》用的是平气,与西洋惯用的定春分、定秋分自然不同。不同而又要自作聪明地硬凑在一起,自然就出了两个春分、两个秋分了。(2)汤若望等攻击古法分周天为三百六十五又四分之一度的分法是错误的。其实分度全属人为,根本无所谓错不错的问题。<sup>①</sup>(3)按小轮体系计算月亮运动时,除了定朔、定望外,其他时刻都应有改正数。但是汤若望等在推日、月食时不用这些改正数,好象日、月食一定发生在定朔、定望。然而,事实上只有月食食甚才是在定望。(4)《西洋新法历书》以为月在近地点时视半径大,因而月食食分就相对地要小。然而,月近地时月球本身大小是不变的,可是地球影锥的截面却肯定要大,因此,食分不会反而减少;<sup>②</sup>等等。王锡阐的这些批评揭露了西法的缺陷,从学术上打击了耶稣会的狂妄气焰,对当时天文界的崇洋思想也是一个有力的批评。

在批判崇洋思想的同时,王锡阐也反对守旧。他对《授时历》、《大统历》的缺点也作了研究。正是在对中、西方法都作了透彻研究的基础上,他所撰的《晓菴新法》才能吸取两者优点,并有所创造。在《晓菴新法》中,王锡阐提出了正确计算日、月食时初亏、复圆的方位角的方法;他独立地发明了计算金星、水星凌日的方法;他还提出了细致地计算月掩行星和五星凌犯的初、终时刻的方法,等等。这些都是比过去的中、西法有所前进的。

## 六、清钦天监的天文、历法工作

明末的农民大起义和清初的群众性抗清战争,打击了当时的封建统治,从而推动了清初社会生产力的发展。康熙以来,中国的经济得到逐步的恢复和繁荣。与此相应,文化方面也呈现了活跃的景象。

清王朝是由原来发展水平比较低的少数民族进行统治的。为了巩固自己的统治地位,清王朝很注意文化方面的工作。康熙以来一再发起了编纂各种大型的类书、丛书和各种专业的专著。这样做,一方面是清统治者要分化知识分子中反清复明思潮的一种策略;另一方面,清统治者也期望能由此而提高他的威望,并达到吸引广大汉族知识分子的目的。在这些文化活动中,天文学也是一个重要方面。

### 1. 清初的天文仪器制造

由于清代在天文、历法中已经采用了欧洲各国通行的 $360^\circ$ 制和六十进位制,因此,过去用的传统仪器就不合用了。徐光启时造的新仪器只是为临时用的,多系木结构,不能永久。于是,清政府于康熙八年(公元1669年)命南怀仁督造新仪。这次共造了六件,即:赤

<sup>①</sup> 这两条均见《晓菴新法·自序》。

<sup>②</sup> 这两条均见《晓菴遗书之四·杂著·历说》。

道经纬仪、黄道经纬仪、地平经仪、地平纬仪、纪限仪。到康熙十二年(公元1673年)造成。南怀仁主编,写了一部《灵台仪象志》,介绍这些仪器的制作原理和使用方法,书后附了一份全天星表<sup>①</sup>。

这一套办法完全是从《崇祯历书》或《西洋新法历书》星表继承来的。《西洋新法历书》星表共1352颗星。把《灵台仪象志》星表所载位置和《西洋新法历书》星表相比较就可得知,两者的黄纬数值完全一样,只是黄经数值前者比后者增加了37'。这是因为《西洋新法历书》星表历元为崇祯元年(公元1628年),而《灵台仪象志》星表历元为康熙十一年(公元1672年),相距44年,以岁差51"计,44年黄经增加为37'24"。只取到分的单位,即增加37'。因此,《灵台仪象志》星表不是新测的,而是按《西洋新法历书》星表归算编成的。至于星数多了14颗,那大概是《西洋新法历书》刊刻时漏了。统计《古今图书集成》上所刊的《西洋新法历书》星表就有1364星。

南怀仁督造的这些仪器还都是属于古典仪器的类型。虽然当时欧洲的望远镜制造已经突飞猛进,而且固定支架的望远镜也早已到了中国,可是在制造这几架测星仪器时却仍然没有给它们架上望远镜。和我国传统的仪器相比较,南怀仁等修造的仪器主要的只是(1)在制造和安装方面比较精细;(2)刻度盘上使用了游标,从而提高了读数精度。(3)黄道经纬仪上装设了黄极轴和黄经圈等。另外,纪限仪是过去传统仪器中没有的<sup>②</sup>。除此之外,这些仪器和过去的仪器相比没有什么重要的差别。奇怪的是南怀仁把地平经仪和地平纬仪分成两架仪器,这样,要测一个天体的地平坐标就得用两架仪器,进行两次观测,这就限制了使用范围,增加了使用上的不便。于是,不得不又提出再造一架地平经纬仪的任务。

这架仪器是耶稣会士纪理安于康熙五十四年(公元1715年)设计制造的,纪理安为了炫耀自己,给这架仪器设计了一个大而笨重的支架,以在上面添铸许多浮华的图案花纹。至于仪器本身却仍然是用的落后的目视装置。不但如此,纪理安借口制造这架仪器,把观象台所留的宝贵文物,元代王恂、郭守敬等设计制造的简仪、仰仪等作为废铜加以销毁了<sup>③</sup>。耶稣会破坏我国科学文物的罪行是极为令人愤慨的。

乾隆九年(公元1744年),乾隆皇帝上观象台视察。他看到台上的仪器都是西洋的构造、制度。于是,他下令按照传统的浑仪制度再制造一架新仪器。这架仪器后来被题名为玑衡抚辰仪。由于清政府的学术大权始终受传教士控制,因此,无法得知世界天文仪器发展的现状。这样,这架仪器就只能成为是复古主义的作品。它与唐、宋浑仪的主要差别仅是减少了黄道和地平两个环,量度制度是采用360°和96刻制的而已。当然,它比较精致,分度刻划也远较古代精确。这些都反映了清代工艺水平的提高。我国劳动人民是勤劳、智慧的。只是由于封建制度的束缚,耶稣会的垄断,从而压制了我国劳动人民聪明才智的发挥。

① 《灵台仪象志》星表共1366颗星。内容包括星的黄道坐标、赤道坐标和星等。星名则采用中国传统的名字,并加编号,凡不属中国传统星官范围内的,则以附近的传统星官为主,标出相对的方位,再加编号,例如,传统星官中有明堂三星。《灵台仪象志》星表就称为明堂一、明堂二、明堂三,明堂南面还有一颗星在传统星官中没有命名,《灵台仪象志》星表就名之为明堂南四,等等。

② 纪限仪是一种测量天球上任意两点之间角距离的仪器。关于这些仪器的详细介绍,可参看常福元著《天文仪器志略》。

③ 清代梅毂成对此有详细介绍,见《梅氏丛书辑要》卷六十二。

## 2. 《历象考成》和《历象考成后编》

耶稣会士的来华目的本来就不是为了介绍西方科学知识,他们只不过是把学术当作一种博取人们信任的工具。因此,他们在介绍时往往采取留一手和故神其技的手法,以保持他们在学术上的垄断地位。正因为这样,在依靠耶稣会士编译而又经汤若望删改的《西洋新法历书》中就有“图与表不合,而解多隐晦难晓”的严重缺点。于是,康熙五十三年(公元1714年)清政府决心命令钦天监组织大批监内外人员,重新修订《西洋新法历书》。康熙六十一年(公元1722年)完成了这项工作,它的结果就是《历象考成》一书。

由于当时的中国天文工作者无法了解欧洲天文学正在蓬勃发展的现状,因此他们仍然只能采用耶稣会士所介绍的第谷体系,所使用的天文数据也大都仍然是第谷定的。

不过,无论从理论阐述上或是全书逻辑结构上来看,《历象考成》比《西洋新法历书》总还是个进步。它消灭了《西洋新法历书》中图与表不合等的缺点、错误,并且把欧洲古典体系的全部理论整理得较为清晰、系统。

《历象考成》有几项主要的具体改进:(1)它根据实测修改了一些数据,如黄赤交角<sup>①</sup>。(2)在《西洋新法历书》中计算平太阳时和真太阳时的时差时,是把太阳不在赤道上运动的影响和太阳视运动不均匀性的影响这两个因素合在一起立表的。《历象考成》中则考虑到太阳近地点每年有移动,因此,把这两个因素分别立表。(3)《西洋新法历书》在计算日食三差时是以黄道为根本的,但三差生于月亮,因此应该以白道为根本。(4)在计算月食方位时,《历象考成》为了避免把黄道上的方位被人误解成地平方位,因此,它采用了月面方位的办法,即说明在月面的上下左右等那个方向。这一点是把王锡阐的发明(即把月面圆周分成360°来计算月面方位)加以简化而成的。

《历象考成》的理论是落后的。其中的历表很多仍还是《西洋新法历书》中的原载,年代太久,误差越来越显著。雍正八年(1730)六月初一日的日食,预推与结果不符。于是,当时的钦天监监正明图奏请由监中的耶稣会士戴进贤、徐懋德两人负责修订。这两人根据法国天文学家卡西尼的计算方法和数据,推算了一份历表,包括日躔、月离等内容。他们就把这份表直接附在《历象考成》后面,既不说明编表所依据的天文理论,也不说明使用方法。结果,整个钦天监中只有一个蒙古族的天文学家明安图能用这份表。这种情况当然是不可容忍的。于是,清政府应吏部尚书顾琮的奏请,组织监内外的天文学家来增修表解图说。参加这项工作的除戴、徐二人外,还有明安图等和监外天文学家梅毂成、何国宗等数十人。清政府的有力措施在一定程度上打开了戴、徐二人的垄断。

增修工作于乾隆七年(1742)完成,共成书十卷。清政府命令与《历象考成》合成一帙。这十卷书就称之为《历象考成后编》。《历象考成后编》彻底抛弃了已过时的小轮体系,改用地心系的椭圆运动定律和面积定律。这是一种颠倒了刻卜勒行星运动第一定律和第二定律<sup>②</sup>。这种特殊的地心椭圆运动体系的出现表明了耶稣会士在科学进步面前被迫后退,但却仍然尽力掩盖哥白尼、刻卜勒的革命学说的传入。

<sup>①</sup> 《西洋新法历书》定的是 $23^{\circ} 31' 32''$ ,《历象考成》测定的为 $23^{\circ} 29' 30''$ 。

<sup>②</sup> 刻卜勒行星运动第一定律是说,行星的轨道是个椭圆,太阳就在它的一个焦点上。第二定律是说,这种椭圆轨道的向径——太阳到行星的连线——在相等的时间内扫过的面积也是相等的。《历象考成后编》的理论则是把地球取代了太阳的位置,摆在太阳椭圆轨道的一个焦点上。

《历象考成后编》在其他方面还有一些成就。例如：增补了关于视差、蒙气差等的较详细的理论；把太阳的地平视差由3'改为10''；不同的高度的蒙气差值也有很多的修改，一般来说，除了极靠地平附近的值以外，其他高度上所定的值的确是要精确很多，还在月食计算中考虑了地球大气对地球半径增大的影响等。

### 3. 《仪象考成》和《仪象考成续编》

乾隆九年正好是甲子年。当时钦天监因为观测到黄赤交角比《灵台仪象志》出版时已有较显著的变化。同时又发觉《灵台仪象志》中所载的恒星位置有许多不准确的地方，因此奏请清政府重新测算星表。乾隆十七年(1752)编成了《仪象考成》32卷。该书的首两卷介绍玑衡抚辰仪的性能和用法，后30卷是星表。

《仪象考成》星表以乾隆九年(公元1744年)为历元。它所载录的恒星共三百官，三千零八十三星。其中使用传统星官名称的共二百七十七官，一千三百十九星。凡传统星官中没有的，则除了象《西洋新法历书》星表等那样，标出方向和编号外，还在两者之间加一“增”字，如，大角西增二等①。

据伊世同同志的研究，《仪象考成》星表是以1725年美国修订再版的佛兰斯梯德(J. Flamsteed, 1646~1719)星表为底本，经实测编的。有的星是经过验证之后就采用了佛氏星表的数据，加上岁差等项的修正；有的则是用自己测定的数据。至于南天的150颗星，北京看不到，《仪象考成》就特别声明了是“依西测之旧”。

《仪象考成》星表一直使用了好几十年。由于岁差和黄赤交角的变动，《仪象考成》星表的位置值必然误差逐渐增大。到道光年间又进行了全天星表的测定，编成32卷的《仪象考成续编》。它以道光二十四年(公元1844年)为历元。所刊星数比《仪象考成》新增了163颗，但又减去了在这次测量中没观测到的6颗②，因此，一共是3240颗星。

道光六年(公元1826年)，在钦天监中任职的最后一个传教士葡萄牙人高守谦告病回国。此后，清政府就不再聘用西洋人。钦天监的工作摆脱了传教士的影响。《仪象考成续编》的工作完全是由我国学者自己负担的。就在这部书里提出了一些新的见解。

前面提到过，明末以来传教士对恒星星等有错误的概念，即认为它是恒星本身直径大小的直接反映，并且由此推求出了恒星线半径和地球半径的比例。《仪象考成续编》的编者们对这种荒谬的观点提出了批判。《仪象考成续编》正确地认识到，恒星去地极远，因而没有周日视差，根本不可能直接求出对地球的比例来。传教士们却是用土星去地的距离，再自己任意地加上一个距离，来作为恒星去地球的距离，这种做法是完全没有根据的③。

《仪象考成续编》编者观测到了有些恒星的星等和《仪象考成》相比有所不同。他们提出这可能有两个原因。或者是恒星本身星等有变化，或者是恒星在靠近或远离地球的结果④。他们所观测到的星等变化是否完全正确，这是另一回事。但是他们能提出这样

① 《西洋新法历书》星表中也有“增”字，但这是作为小注写在星名之下的。

② 当时没观测到的有七颗，因为其中一星不是增星，因此仍然保留。

③ 《仪象考成续编》卷一《恒星高卑考》：“若西法论星体之大小，皆定为地球半径之比例，亦悬拟而不确。盖诸曜体径皆由地半径差与各视径之比例而知。……恒星则去地极远，既无地半径差，即无由而比例体径。乃西法依土星去地虽加其远，遂设为比例之率，已概见其无据”。

④ 《仪象考成续编》卷一《恒星高卑考》：“如左旗第三星，《仪象考成》原注三等，今测竟为六等。……计八星，皆由大而致小，或自卑而行高者也”。



两个概念,那确实都是有意思的。尤其是恒星有远近变化这一点,它不仅打破了耶稣会士所传来的恒星天那重硬壳,而且意味着认为恒星是有视向运动的。而视向运动的概念在欧洲也是1868年起才开始有的。

《仪象考成续编》的编者观测到了各个恒星的黄经变化并不一样。他们因而肯定了恒星有自行;并且提出,恒星也有和行星轨道运动类似的运动<sup>①</sup>,这是一幅恒星运动的图景。从恒星有运动这一点来说,它不但在天文学上有意义,而且进一步打击了“天不变,道亦不变”的形而上学思想,在哲学上也有很大意义。

这一切都是在传教士退出钦天监之后,我国天文工作者独立自主地对传教士们所讲的天文学理论进行了批判的基础上取得的。这是中国人民勇敢、智慧的又一个有力证据。

## 七、清钦天监以外的天文学工作

### 1. 康熙以后我国学者在理论天文学方面的工作

由于清政府,特别是康熙本人对天文学的重视和提倡,从而吸引了广大学者的注意力。康熙以来,天文学方面的工作更加活跃。钻研天文学的人,其数量之多超过了任何一代。

这些人大多是从清朝政府颁行、印发的天文学著作受到启蒙,并且在此基础上开展工作的。他们不可能获得较多的精密观测的机会和经验,因此,他们之中的大多数只能是从事理论计算方面的工作。

这种工作首先集中在对小轮体系的研究上。可是由于小轮体系本身早在传入中国的时候,就已经是落后的了,这样,尽管清代学者的工作十分勤奋,著作也很丰富,可是陷在小轮圈子里绕来绕去,即使能把《西洋新法历书》中的混乱绕清楚,那也不过是欧洲十六世纪的水平罢了。

小轮体系之后是地心椭圆运动体系。由于这个体系本身是本末倒置的,因此,对它的研究也不可能有多少重大的发现。比较可以一提的就是提出了几种关于解刻卜勒方程的近似解法。

《历象考成后编》出版后,作为同是“钦定”的《历象考成》,清政府仍然保留了它的地位。这就在群众中造成了思想混乱,好象小轮、椭圆都是一种为计算而设的假想。因此,人们在研究椭圆运动的同时,仍然对这个在中国也已落后了的小轮体系进行研究。多少天文工作者的智慧和精力就这样白白被浪费了。

清代学者的落后并不是由于他们没有能力。例如,梅文鼎、刘湘燧、江永等人在研究五星运动的过程中逐渐萌发了太阳引力的思想。特别江永说得最清楚。他说:“五星皆以日为心,如磁石之引针”<sup>②</sup>。又如,李善兰提出了一种用级数展开来求解刻卜勒方程的方法,等等。在清代学者中这类智慧的火花还是不时有所迸发的。造成清代理论天文学研究水平落后的原因是耶稣会的垄断和清封建统治的束缚。

① 《仪象考成续编》卷一《恒星行度考》:“若夫黄道经度,其差自古均齐。由今考之,各星亦有微异,……考之近年实测,各星迟速微差,然则盈缩之说恒星亦宜为有,第由星行高卑而致”。

② 《翼梅》卷五。

## 2. 康熙以后我国学者在测时方面的工作

十八世纪以后,中国的社会经济有了进一步的发展。随着工商业的发达,社会上的活动更加频繁、复杂了。这就使人们感到有更精确地知道每天时刻的需要。于是,随着西洋钟表和日晷等计时器的传入,很快地,在中国也建立起了相应的工业部门。从乾隆时代起,广州、苏州的钟表业和安徽的日晷制造业就都有了一定规模。与此同时,对于利用天文观测来决定时刻的要求也就更为增加了。在这种社会要求下,清代学者作了一些编制测时用星表和日晷介绍等方面的工作。这些工作的理论创造同样不多。但是,他们是为实际需要服务的。

### (1) 测时用星表的编制

清代的测时大都是用测中星法或测中天附近恒星的时角法,因此,测时用星表主要为中星表及中星更录两种。

较早的一部测时星表是康熙八年(公元1669年)胡璠所作的《中星谱》。它给出了二十四个节气日内恒星上中天的北京真太阳时。用的星共45颗。除二十八宿距星外,并补充了17颗黄赤道附近的大星。这种选择后来被钦天监和其他学者所采纳,作为观测中星的主要对象。《中星谱》数据均准确到时分和角分<sup>①</sup>。

此后的一百多年中没有出现什么作品。当时钦天监每年颁布《中星更录》,而一般学者又都被吸引在理论计算的研究上,所以这方面的工作就比较少些。直到嘉庆元年(公元1796年)才有新的表出现。那就是徐朝俊所著《星月测时》一文中的中星表,这份表是根据汤若望的恒星出没表归算的。汤若望表是一百年前的东西了。徐朝俊表的误差不可能不大。据推算,其误差有达十多分钟的。只是由于当时缺乏这种表,因此徐朝俊中星表仍能很快流行。

道光三年(公元1823年),张作楠根据《仪象考成》编了两种测时用表——中星表和更漏中星表。这两份表较前有很大改进。中星表对每个中星一年给出72次上中天时刻,比以前的表增加了二倍次数。表后还附有:各星赤道经度及岁差表,中星时刻日差表,太阳黄赤升度表等。这就可以使观测者每天都进行观测、归算,并且对当时日用要求来讲,这份表的使用年限也可以大大延长。本表的数据精确到1角秒和1时秒(单位和现今的一样)。更漏中星表和钦天监编的中星更录同例。它给出某一地点在昏、旦、一更、二更……等各时刻在上中天附近的星的时角。由于纬度不同,各地昏、旦及各更的地方时刻是不同的。张作楠给出了京师(北纬 $40^{\circ}$ )、江南( $32^{\circ}$ )、浙江( $30^{\circ}$ )和金华( $29^{\circ}10'$ )等四处的表。

咸丰元年(公元1851年)冯桂芬等人又据《仪象考成续编》编制《咸丰元年中星表》。它的特点是增加观测星数为100个,但观测日期又只有24个节气日。这是这类旧式测时星表中的最后一份。

### (2) 日晷

清代介绍西洋日晷最早的是梅文鼎的《日晷备考》等书。但这些书未曾刊印。流传较广的作品都在嘉庆年间,这时安徽的日晷制造业已很发达了。其中较早的是嘉庆十三年(公元1808年)徐朝俊著的《日晷图法》。此文旨在介绍晷面时刻线的几何画法。嘉庆二十一年(公元1816年)刘衡作《尺算日晷新仪》,在每种作法后面常附有问答式的原理介绍。

<sup>①</sup> 它的 $1^{\circ}$ 分作100'。

嘉庆二十五年(公元1820年)张作楠作《揣篷小录》除了介绍日晷作法外还附有一些附表如：“北极经纬度分全表”、“各时刻正切线表”、“各节气距纬正切线表”等，以方便不同地点制作和使用日晷的需要。

这些著作都是介绍、普及性的作品。由于当时对日晷的使用是有误解的，不知道日晷和纬度的关系，一个日晷，随处通用。因此，介绍日晷的著作是有其实际意义的。

为了适应日晷流动的需要，齐彦槐于嘉庆二十四年(公元1819年)创造了一种面东西活晷，它可以随不同地点进行调节。

### 3. 清代的女天文学家

历代封建统治者总是力图把天文学控制在自己手里。禁止私习天文的法令、诏书，唐、宋以来没有断过。天文学在封建社会里只能是极少数人的事业。至于被“男尊女卑”枷锁所桎梏着的广大妇女，更是完全被排斥在天文学领域之外了。在漫长的几千年封建社会中接触天文学的真可说是屈指可数。

然而这种局面到了明末清初之后就有了较显著的改变。不断可以找到有妇女在钻研天文学的历史记载。例如，明末海宁葛雍庵第三女葛宜“书画奕算无不精妙。兼通西法，能以仪器测星”<sup>①</sup>。又如，清初王锡阐的妹妹王锡蕙“得兄指授，通历算勾股法”<sup>②</sup>等等。出现这种现象，是封建社会已将近崩溃，人民群众，包括广大妇女的反封建斗争日益发展的反映。

当然，清代的妇女仍然处在四条绳索的束缚之下，受到深重的封建歧视和压迫。她们搞天文工作的条件始终是极艰难的，她们得以提高自己研究水平的机会也是极难得的，至于她们的作品要传世，更要遇到形形色色的阻力。因此，我们今天所见到一些女天文工作者的资料绝大部分是很简单的。其中稍有作品传世的是乾隆时的王贞仪和咸丰年间的江蕙。

王贞仪，江宁(今南京市)人。她敢于批判古代“圣贤”；批判风水、占卜等迷信。她坚决反对“男尊女卑”思想，自豪地宣言“尝拟雄心胜丈夫”。正是这种勇敢的战斗精神，使她能破除重重障碍，投身科学领域。

她在气象、数学、医学等方面都有一定的造诣，天文学方面也做过大量的工作。在她短暂的一生中著述过很丰富的天文学作品<sup>③</sup>。但是绝大部分都已湮没无可考。留下的大都是些科学普及作品，诸如《地圆论》，宣传地圆思想；《月食解》，解释月食的原因，等等。这些作品既宣传了科学知识，也是对当时还残存着的地平思想等等的很好批判。

江蕙，四川江津人。年幼时就学习《步天歌》，爱好观测星星。在长期的观测中发现前人所作的中星图有许多谬误。于是，她决心进行修订，最后编制了一本《二十四气中星图考》。这本以图为主，宣传天文知识的作品，受到当时人们的称赞。而那时她才十七岁。

### 4. 哥白尼学说在中国的传播

早在明末耶稣会士参加编译的《崇祯历书》中就曾大量地引用过哥白尼《天体运行论》

① 《畴人传三编》卷第七，原作为“以能仪器测星”，不可通，酌改。

② 《震泽镇志》。

③ 王贞仪生于1768年，卒于1797年，总共只活了29岁。

中的材料,并且承认哥白尼是欧洲四大天文学家之一。但是,当时的耶稣会士并未把哥白尼的日心地动说介绍出来。

最先把哥白尼学说介绍到中国来的是波兰耶稣会士穆尼阁。在他听到中国学者向他介绍了中国古代的地动说之后,他的民族感情一定程度上冲破了耶稣会的纪律,把他伟大同乡的革命学说透露给了中国学者。

但是,这终究是一种违背耶稣会纪律的私下透露,显然不可能向中国学者来进行详细论证或把哥白尼本人富有说服力的论据介绍给中国学者。而且这种透露的范围是极其有限的。例如,曾跟从穆尼阁研究欧洲天文学多年的薛凤祚就一点也没提到关于哥白尼学说的信息。因此,穆尼阁的透露只不过在少数中国学者中间留下一种海外异说的感觉罢了。当时《西洋新法历书》已经得清政府的批准,没有有力的论证,谁会去相信和第谷体系不同的体系呢?

穆尼阁的不彻底使哥白尼学说的传入推迟了将近百年。

可是,在欧洲,自从1687年牛顿发现万有引力定律以来,哥白尼日心学说更加深入人心。十八世纪初,在英国就出现了表演哥白尼太阳系的仪器。后来,有两个这样的仪器到了中国。一个叫浑天合七政仪,一个叫七政仪。七政仪还配有钟表机械,可以自动表演地球和行星绕太阳的运动。

本来,如前所述,《历象考成后编》中已经使用了颠倒的刻卜勒定律,这种反常现象表明了地心说已难维持下去;现在又来了表演日心说的仪器,这就更使耶稣会士们处于被动的地位。于是,耶稣会士们不得不出来更正他们的前辈所歪曲了的东西。1760年法国人蒋友仁借着向乾隆皇帝献《坤輿全图》的机会,在地图的四隅布置了天文学内容的插图和文字说明。在这些图、文中明确宣布哥白尼学说是唯一正确的,介绍了正确的刻卜勒三定律,甚至还介绍了一些欧洲天文学的最新发展,如地球为椭圆形等等。但是,牛顿的万有引力定律和布拉德雷关于光行差的发现这两件意义重大的事仍没有介绍。

《坤輿全图》和两个太阳系仪都被锁进了皇宫内院,并未与广大群众见面。又过了三、四十年之后,才由当时奉乾隆之命参加过润色《坤輿全图》说明文字的钱大昕,把那分润色稿定名为《地球图说》加以出版。可是由于钱大昕本人对哥白尼学说持的是实用主义态度<sup>①</sup>。而他请来为《地球图说》作序的阮元又是顽固反对日心地动说的。阮元在序里抓住地球的球字,大谈“地为球形,居天之中”的谬论,制造了不少混乱,最后还劝读者对于哥白尼学说“不必喜其新而宗之”。其作用是很坏的。至于他在自己主编的《畴人传》里更是对哥白尼学说大肆攻击,说

“其为说至于上下易位、动静倒置,则离经畔道,不可为训,固未有若是甚焉者也。”<sup>②</sup>

因此,《地球图说》付印了,哥白尼学说却仍然没有传播开来。清统治者和阮元等封建势力对哥白尼学说的传播又是阻挠了将近一百年。一直到1859年李善兰译《谈天》之后,地球绕太阳运动的真理才在中国得到了广泛的传播。

<sup>①</sup> 钱大昕在《与戴东原书》中说道:“本轮、均轮本是假象,今已置之不用,而别创一椭圆之率,但使缠高交食推算与测验相准,则言大小轮可,言椭圆也可。”见《潜研堂文集》卷三十三。

<sup>②</sup> 《畴人传》,卷四十六,“蒋友仁传论”。

## 八、清代对我国古代天文学资料的整理

对于我国古代天文学资料的整理来讲,清代是一个高潮,在这方面投入了很多力量。造成这种情况的原因比较复杂。下面作个概略的介绍。

### 1. 清初对《授时历》和《大统历》的研究

早在清朝初年,就有黄宗羲、王锡阐等人研究《授时历》和《大统历》。一时出现了很多这方面的著作,最后到梅文鼎作成《明史·历志》后才告一段落。《大统历》是明代的历法。清初有这么多人研究明历,这也反映了当时汉族知识分子中存在的反清复明思想。当然,这种反映是很曲折隐晦的。但是,我们看到,在后来清政府编的巨大的四库全书中,除了梅文鼎的《大统历志》外,其他这类书一本也没有收入。可见清政府是意识到这类作品所包含的政治含义的。

从学术上讲,这些工作主要是解释《授时历》、《大统历》本文中所不载的计算原理,校补一些计算用表等。他们的功绩主要在于方便后人阅读原历本文。例如,平立定三差法(这是《授时历》、《大统历》计算天体运动的主要方法之一,相当于三次差内插法)及弧矢割圆术(这是与球面三角法相似的一种计算方法)等,就是由于梅文鼎等人的阐发才使后人得明真谛的。

### 2. 对盖天说和《周髀算经》的研究

自清政府重用耶稣会士,特别在杨光先斗争失败之后,那些耶稣会士趾高气扬,常常嘲笑、污蔑我国传统天文知识的“简陋”。有些中国学者也丧失了民族自尊心,自叹不如。在这种气氛下,一些爱国的学者力图有所反击。王锡阐对西法的批判就是一个突出的例子。

但是,康熙以后清政府加强了文化方面的控制。而西法又是清封建统治者批准采用的,因此,学者们不大可能对西法再直接开展批判<sup>①</sup>。于是,从梅文鼎开始又走上了另一个方向。

梅文鼎承接了明代李之藻《浑盖通宪图说》中的说法,在他的《历学疑问》等著作中加以发挥。梅文鼎认为中国古代两大天文学派——盖天说和浑天说是同出一理的。盖天说产生在唐虞之前,并断言西洋天文学源出于中国之盖天说。这就是所谓的西学东源说。梅文鼎的说法被许多人接受,人们就纷纷钻研起盖天说来。

这种研究方法当然是非常牵强附会的,例如,梅文鼎认为西洋的“地球有寒、暖五带说”和《周髀算经》的“七衡六间图”相吻合,并认为《周髀算经》中已经有地圆之理。乾隆时的沈大成说过:“西法何自昉乎?曰:周髀。何以知其然也?曰:周髀者,盖天也。盖天之学始立勾股。勾股者西法所谓三角也”<sup>②</sup>。

<sup>①</sup> 但是,也决不是没有人敢批判耶稣会士的了。例如,康熙时代有位平民出身的科学家戴梓就曾当面和南怀仁进行过辩论。南怀仁不胜,就诬告戴梓暗通东洋,结果把戴梓送到黑龙江去充军。参见黄钟俊:《畴人传四编》,卷七。

<sup>②</sup> 转引自《畴人传三编》,卷一。

他们的动机是出于民族自尊心,这是应该肯定的。但是,他们的方法是错误的,所以,他们对盖天说和《周髀算经》的研究都成就不大。比较有成就的,还是十九世纪中期的邹伯奇和顾观光二人。邹伯奇研究了《周髀算经》中的几个主要的数字,如冬、夏至日影长;冬夏至太阳离北极的距离等等的观测年代,断定它们并非是一时期的观测成果。顾观光对《周髀算经》文字作了一些重要的校勘。他认为《周髀算经》中的许多周径里数如:内衡、中衡、外衡等的大小数据,都是为了在平面上绘图而假设的,它们并非实测的数据。还指出“北极璿玑”也是为画图所需的“借象”,并非实在的一颗星。他们的研究对后人理解《周髀算经》中一堆矛盾的数字是有帮助的。

### 3. 乾嘉学派的工作

清朝前期为了巩固清政府的统治,一方面对怀有反清思想的人实行高压恐怖政策,屡兴文字狱,摧残具有进步思想的学者;另一方面,又实行笼络政策,举办众多的文化工作,以吸引广大的汉族学者。自康熙晚年以后大力提倡复古学风,并且编纂了许多种庞大的类书、丛书来引导。这一来,在清代的学术界造成了一股钻故纸堆的风气,这股风气到乾隆、嘉庆时代盛极一时,形成了乾嘉考据学派。

考据首先从经书开始。以后为了通经必须博史,所以也考史书。经书中有些天文知识,史书中天文、历法的内容更丰富。这样,乾嘉以后对中国古代天文资料的整理进入了一个新的高潮。

清代的古代天文学资料整理工作大致有这么几项:(一)关于春秋历法;(二)其他经书中的天文内容的解释;(三)汉代三统历、四分历及以后历代历法的整理。

清代的古天文整理工作,特别乾嘉学派的工作,由于受到治学方法的限制,大量的是一些训诂、校勘、辨伪、辑佚等考据资料工作。对问题的研究大都只限于一些个别的问题,很少有人作全面的整体的研究。因此,他们的最大成就只是在于把古代资料诠释清楚。而往往由于只见树木,不见森林的形而上学思维方法,不少人连诠释工作也未见做得好。

相比起来,清代的整理工作中较有成就的还是在历法方面。这方面可以以李锐为代表。他的主要活动正是在乾嘉时代。

早在康熙时代,梅文鼎研究授时历时就发现了,授时历中许多内容都是历代历法的继续。梅文鼎曾发愿要把历代历法作一系统的研究,可惜始终没成功。李锐受到梅文鼎的影响,也曾经有过这个愿望,把从古六历到明大统历作一系统全面的研究。但是,这当然是不可能的。他到死一共才完成了三统、四分、乾象三历的注解和奉元、占天两历的部分注释。这些注释对后人的研究是有参考价值的。他不但解释了难解的文字,并且对各历中由传抄、翻刻所产生的错字讹文一一作了补订。例如,四分术中的“求昏旦中星”、“求漏刻法”,乾象术中的“月行三道术”等各段,他都为之补脱简、订差误,并且不厌其详地反复解释。李锐还根据何承天调日法研究了历代历法的日法,朔余作成《日法朔余强弱考》一文,对于研究历代历法的计算系统也是有所启发的。

此外还可以提到的是汪日祜的《历代长术辑要》。汪日祜以三十多年的功夫,对自西周共和年起到清初共二千五百余年的时间,各用当时通行的历法,计算出朔闰时刻编成《历代长术辑要》十卷。这部书是以后各家搞历史年代学的重要参考。当然,由于汉初以前的历法当时掌握得还很不够,《历代长术辑要》在这段时间上还有不少问题。但是,汪日

祯的创始之功是应该肯定的。

#### 4. 《畴人传》的编写

《畴人传》这部书用传记的体裁,辑录了关于历代天文学家和数学家的生平事迹及其科学成就的资料。大部分传后还给予评论。

这部著作前后共有四编,还有一编附记。最早的一编是在阮元主持下于嘉庆四年(公元1799年)编成的。主要工作人员有李锐和周治平等人。第二编是在道光二十年(公元1840年)由罗士琳在阮元赞助下编成的。<sup>①</sup>

阮元作这书的原因,据他自己的序文说是,鉴于“世风递降,末学支离。九九之术俗儒鄙不之讲。而履观台、领司天者,皆株守旧闻,罔知法意。……步算之道由是日衰。台官之选,因而愈轻。六艺道湮,良可嗟叹!”因此他立意把“凡为此学者,人为立传。俾后来彦俊,知古今名公大儒从事于此者不少,庶几起其向慕之心”。

其实,现在看来不尽如此。在康、雍、乾三代,中国的天文学界颇为活跃,并非如阮元所说的“六艺道湮”。只是,当时搞的都是西洋体系。在一些守旧、复古的人看来,这就算不得是孔子的“六艺”了。

自雍正、乾隆以来,清朝统治者逐渐执行闭关自守的政策,在文化上也是趋向于孤立和复古。阮元是个地位颇高的封建官僚,他的基本立场是与统治者一致的。《畴人传》的编辑,正是这种复古主义路线的反映。

这一点从《畴人传》对西洋人的评论来看,特别清楚。在这些评论里,除了力主西学东源说外,并且尽可能对西学采取了怀疑和攻击的态度。例如,《畴人传》怀疑伊巴谷为“子虚乌有之人”;认为“西洋新法袭回回术,其云测定,乃欺人耳”;甚至认为行星的椭圆轨道只是一种计算方法上的假借,“若以为在天之实象,则为其所愚也!”特别是对蒋友仁的一段评论,最能反映出《畴人传》作者的守旧、复古思想。评论中先攻击了哥白尼的日心说,接着又发挥说:

“第谷至今才百余年,而其法屡变如此。自是而后,必更有于此数端之外,逞其私知,翫为悠谬之论者,吾不知其伊于何底也!夫如是而曰西士之言天能明其所以然,则何如曰盈缩,曰迟疾,曰顺留伏逆,但言其当然,而不言其所以然者之终古无弊哉!”

不过,对《畴人传》同样也应一分为二。它还是有可取的一面,那就是反对崇洋,提倡中国学者自己钻研天文学。例如,在《利玛窦》论里说:“但可云明之算家不如泰西,不得云古人皆不如泰西也。”在《汤若望》论里更是明确地号召说:

“西术之密,亦密于今耳,必不能将来永用无复差忒。小轮之法,旋改椭圆,可见也。世有郭守敬其人,诚能徧通古今推步之法,亲验七政运行之故,精益求精,期于至当,则其造诣当必有出西人之上者。使必曰:‘西学非中土所能及’,则我大清亿万年颁朔之法必当问之于欧罗巴乎?此必不然也!精算之士当知所自立矣!”

《畴人传》的资料大都是各种原始资料的辑录。因此对于天文学史的研究来说这是一部很好的资料集。

<sup>①</sup> 《畴人传三编》光緒十二年(公元1886年)诸可宝所编,体例和阮、罗所撰一样,三编附记是光緒十年(公元1884年)华世芳所记,四编是光緒廿四年(公元1898年)黄钟俊编,此节中的引文皆引自《畴人传》。

## 第十一章 近代的天文事业

自鸦片战争开始,中国的封建社会发生了重大的变化,一步一步地变成了一个半殖民地半封建的社会。

鸦片战争前夕,统治中国达两千年之久的封建制度已经完全腐朽,处于总崩溃的前夜。连绵不断的各地农民,城市市民和少数民族起义,动摇了清王朝的封建统治;日益增长的商品经济,使得封建主义的自然经济逐渐解体,资本主义的萌芽缓慢地生长着。“如果没有外国资本主义的影响,中国也将缓慢地发展到资本主义社会”<sup>①</sup>。

从1840年的鸦片战争开始,帝国主义列强侵入中国,一方面促使中国封建社会解体,促使中国发生了资本主义因素,把一个封建社会变成了一个半封建的社会;另一方面,帝国主义列强又和中国的地主阶级以及后来的大资产阶级相勾结,残酷地统治了中国,把一个独立的中国变成了一个半殖民地的中国。

在帝国主义、封建主义和官僚资本主义的三重压迫下,中国的广大人民过着更加贫困、黑暗的生活。帝国主义和中华民族的矛盾,封建主义以及后来又加上官僚资本主义和人民大众的矛盾,这些就是近代中国社会的主要矛盾。而帝国主义和中华民族的矛盾乃是各种矛盾中的最主要的矛盾。近代中国的一切革命斗争都是在这些主要矛盾的基础上发生和发展起来的。这些矛盾斗争在科学技术领域内同样得到了充分的表现。天文学也不例外。

### 一、清王朝天文工作的没落

作为封建官僚机构的一个组成部分的钦天监,和整个中国封建社会一样,到了晚清已经进入了完全没落的阶段。

十九世纪以来,西方在资本主义大工业生产的刺激和装备下,光学望远镜不断改进,光谱技术、照相技术等新技术手段陆续发明和使用,使天文学获得了十分巨大的进步。天体测量学和经典天体力学得到了高度的发展,使得对天体运动的观测和计算的精度越来越高。恒星天文学和天体物理学这样的新兴分支学科诞生了,人们对天体系统的探讨已超出了运动学和力学的范畴,而深入到了它的物理本质。

可是清王朝的钦天监却完全没有卷入到这个发展的行列中来。这是因为,作为一个封建机构,它的主要天文任务只是推算历书和监视所谓的“异常”天象。由于没有大工业的刺激和装备,人们就没有动力和条件去不断提高观测和推算的精度。而在不是十分显著的误差情况下,人们也不可能去追究皇家天文机构的责任。天文官们是按照钦定的《历象考成》推算的,谁敢去找麻烦!至于“异常”天象的观测也不过是作个记录上报,并没有探索宇宙的科学目的;而且没有近代的技术手段,即使想探索,也不会得到任何有重大意义的科学结果。因此,一直到清末,钦天监的工作始终只停留在十七世纪欧洲古典天文学末

<sup>①</sup>毛泽东:《中国革命和中国共产党》。



期的水平上,和世界的差距越来越大。

当然,这丝毫不是因为中国的天文工作者无能。上一章里已经介绍过,就在鸦片战争之后不久编成的《仪象考成续编》里中国的天文工作者猜测到一些近代天文学的思想。如果中国天文学家能有机会接触当时正在蓬勃发展的欧洲近代天文学,能有近代技术装备来进行观测,他们是有可能赶上当代的发展水平,做出相应的成就的。钦天监的没落是封建制度所造成的。封建制度的没落规定了钦天监必然没落的历史命运。

在帝国主义的侵略战争中屡战屡败,又受到国内农民起义的沉重打击,清朝政府的统治摇摇欲坠。为了维持垂危的封建政权,有一部分封建官僚,主张采取对外妥协投降,依靠帝国主义的力量对内进行残酷镇压的政策。他们提出了“中学为体,西学为用”的口号,也就是说要求采用一些资本主义的新技术来维护封建主义的旧统治。洋务运动由此兴起。洋务派官僚用高价购买外国枪炮、军舰、聘请外国教官,训练中国军队。其后又自己设立采用近代技术的军事和民用工业。为了推行洋务事业的需要,开办了培养翻译人员的同文馆和培养海陆军军官的水师学堂和陆师学堂。

1866年,洋务派的头面人物恭亲王奕訢提出,

“洋人制造机器,火器等件,以及行船、行军,无一不自天文算学中来”<sup>①</sup>。

为此,他奏请在京师同文馆内增设天文算学馆,招收三十岁以下的秀才、举人、进士、翰林,以及科举出身的五品以下官吏入学,厚给薪水,住馆学习。天文算学馆和同文馆中其他学馆一样,由海关总税务司英国人赫德代为聘西洋人为教习。但是为了应付顽固派的“奉夷为师”(大学士倭仁语)的攻击,也提出聘请当时著名的两位天文、数学家李善兰、邹伯奇当教习(后来邹伯奇托病未去)。

同文馆招那些八股出身的冬烘先生去学习近代科学无异水中捞月,白费劲而已。1867年天文算学馆第一次招考,应考的七十二人中取了三十名,过了半年就有二十名淘汰下来。而那剩下的十名以后也未见有什么重要的天文工作。

洋务派搞天文、算学教育,不过是为了培养办洋务的干部,这就决定了他们所需要的不过是一些为航海、测量等所需要的实用天文学知识,以及必要的基础天文知识而已。至于其他水师、陆师学堂的天文教学也不出于此。

既无近代天文机构的设置,又无近代天文仪器的装备,洋务派的天文教学事业只是纸上谈兵<sup>②</sup>,根本不可能做出什么成绩。从1867年天文算学馆开办,到1894年甲午之战洋务派彻底破产为止,这二十多年内,各洋务机构在天文学方面唯一的工作只是翻译了几本天文学著作。这些译作中大部分是《航海通书》、《中西合历》之类,其他除了个别实用天文学著作之外,只是些比较简单的普及读物而已。

由于洋务运动的目的是为了维持行将崩溃的封建制度,因此,不管它如何利用资本主义国家的新技术,其本身必然是束缚生产力的。洋务运动所办的各项企业、事业,在封建制度的束缚和销蚀下都失败了。它们的天文教学工作,本来就没有发展近代天文事业的目标,随着洋务运动的失败,这些天文教育工作也就烟消云散。所唯一剩下的,只有那

<sup>①</sup> 见中国近代史资料丛刊:《洋务运动》第二册,22页。

<sup>②</sup> 据《京师同文馆规》的记载,北京同文馆里设立过一处教学用的观星台,具有一个圆顶观测室,但仅说装的是仪器。看来,这大概不是什么重要的近代仪器,不然的话,同文馆将以此为荣,不会不加渲染,夸耀的。它所做的工作也仅限于教学观摩,谈不上什么研究工作。

几本翻译的书，“作为那时的遗物，间或躺在旧书铺子里。”<sup>①</sup>

## 二、帝国主义文化侵略中的天文事业

文化侵略是帝国主义侵略政策的一个重要组成部分。

自从鸦片战争之后，作为帝国主义的重要侵略工具——教会，在中国土地上的活动进一步扩大，它们纷纷在中国内地传教，办学校，办医院，办“慈善事业”等等，其目的就在欺骗和麻醉广大中国人民，造就服从于帝国主义的御用文人，以及进行种种特务情报活动。

有些教会学校开设了天文课程。例如，1845年美国圣公会在上海创立的圣约翰书院，其中就设有天文科。1864年美国长老会在山东登州创立文会馆，内设数理、中文和天文三科。这所学校后来和其他一些学校合并，1917年迁到济南，成为齐鲁大学。齐鲁大学内设天算系。这些教会学校大部分都用外语教学，教学制度和教材等全部搬用欧美各国。他们开设天文课的目的，不过是为了使他们培养出来的御用文人掌握一点天文知识以后，能更好地替帝国主义服务。然而和他们的愿望相反，学生堕落为御用文人的极少，绝大多数都是爱国的。其中有些人后来还为中国的现代天文事业做出了贡献。

帝国主义还在中国建立了一些天文台。1877年，法国天主教会在上海徐家汇建立天文台。1894年，日本在台北建立了测候所。1898年，德国在青岛建立海岸信号局，此后二年又在其中设立气象天测所。1900年，法国天主教会又在邻近上海的松江县建立佘山天文台。这一系列天文台的建立当然也不是为了发展中国的天文事业，而是直接为了侵略行动的需要。

徐家汇天文台是在法帝国主义积极准备侵华战争的过程中建立的。它的任务首先是收集中国沿海的气象情报，直接为往来于长江口和上海港的各国军舰和商船服务。其后为了这些舰船航行的需要又增添了授时服务的工作，为此又增加了天文测时仪器和观测工作。徐家汇天文台建成之后七年，1884年，法帝国主义的侵华战争就爆发了。在战争中和战争前后，徐家汇天文台给了法国海军以极大的好处，由此引起了法国教士建立佘山天文台的兴趣。这个台主要进行天文工作，也进行地磁和地震方面的观测工作。

台湾省自古以来是中国的神圣领土。日本帝国主义在台北私建测候所，正是在甲午中日战争爆发的那一年。由于清政府执行对外妥协投降的政策，以致北洋海军全军覆没。次年，即签订了马关条约，清政府把台湾割给了日本帝国主义。直到1945年日本帝国主义向包括中国人民在内的世界反法西斯联盟无条件投降时，才由当时的中国政府正式收回台湾。由此可见，台北测候所的建立完全是日本帝国主义侵略台湾的一个步骤。这个测候所最初的工作就是为日本侵略军收集台湾及附近海域、包括南中国海一带的气象资料。1911年，又应日本海军当局的要求，增设了天文观测工作。

青岛海岸信号局是德帝国主义于强占我国胶州湾之后的次年设立的。它的主要工作最初是收集我国华北沿海一带的气象资料。1900年，它扩充为包含有气象、天文、地磁、地震等设备的气象天测所。辛亥革命前夕，在青岛附近海域活动的德国军舰，需要得到无线电时号，于是，气象天测所又增添天文测时和授时设备，正式成立青岛观象台。

以上事实清楚地告诉我们，帝国主义在中国建立的这些天文台实际上都是为其侵略

<sup>①</sup> 鲁迅：《在现代中国的孔夫子》，见《且介亭杂文二集》。

目的服务的特殊机构。这些天文台给中国人民带来的是帝国主义更进一步的军事和文化侵略。

帝国主义对我国天文事业的摧残和压迫,是其文化侵略的又一个方面。

1900年,八国联军攻占了北京,这些帝国主义军队在北京城内大肆烧杀抢掠。钦天监观象台上的我国古典天文仪器也成了侵略者掠夺的对象。德国侵略军劫走了玑衡抚辰仪、浑仪、天体仪、地平经仪和纪限仪;法国侵略军劫走了赤道经纬仪、地平经纬仪、黄道经纬仪、象限仪和简仪。法军劫走的仪器运到东交民巷的法国使馆内。其后在我国人民的强烈抗议下,于第三年交还给我国。德军劫走的仪器则被运回德国,陈列于波茨坦德皇离宫中。直到第一次世界大战结束后,才根据凡尔赛和约,于1921年运还我国。经过这场洗劫之后,清政府的天文机构更成了名存实亡了。

帝国主义还在学术上对我国天文机构的工作进行攻击,以图保持它们的垄断地位。1916年,徐家汇天文台为了反对当时北洋政府所建立的中央观象台,在它所编的历书中插入了一段话说:

“去年(中国历书)有九、十月建之参差。明年又有除夕、元旦之出入,中国政府似未之注意。本书将用彩色印刷,以唤起人民之迷误。”<sup>①</sup>

其实所谓“参差”、“出入,”都是徐家汇的传教士故意歪曲。中央观象台曾据理给予严词驳斥。但这种歪曲却充分暴露了徐家汇天文台企图破坏中央观象台的声誉,打击中国颁布自己的历法这个很微不足道的独立主权的险恶用心。

### 三、太平天国的历法改革

1851年,洪秀全领导的太平天国农民革命开展了轰轰烈烈的武装斗争,建立了农民革命政权。

为了斗争的需要,1851年,太平天国在占领永安后颁布了自己的历书——天历。天历的颁行打破了清封建王朝颁行的正朔,显示了太平天国革命者和封建统治者坚决斗争到底的英雄气概。

天历在历法本身上也显示了强烈的革新精神,它抛弃了沿用已数千年之久的阴阳合历,而果断地采用了阳历的原则。天历定一年十二个月,单月三十一天,双月三十天;一年共三百六十六天,基本上取一个回归年的整数天。由此,天历更规定月初为立春等节气,月中为雨水等中气,至于月亮的盈亏则完全不受约束,也不设闰月。整个历法力求整齐简明,便于广大群众记忆和使用。

当然,天历是在起义初期,戎马匆匆中诞生的,它的开始并不十分完善。不知为什么,天历颁行之初还规定,每四十年一加,加年每月为三十三天,这年共有三百九十六日,<sup>②</sup>这一来,使得天历的平均年长度成为366.75日。直到太平天国九年(1859年)洪仁玕到天京以后,才对天历作了改动。把四十年一加改为四十年一斡,斡年每月二十八日(这

<sup>①</sup> 原文见该台所编之 *Calendrier Annuaire Pour 1916*。译文见中央观象台主编的《观象丛报》第一卷第六册中《商印历书宜遵官历日时说》一文所引。

<sup>②</sup> 据太平天国九年的改历诏书所说,这是“取真福无边,有加无已之意”。但天历一年本已较回归年要大,照理,第四十年就应该减去三十日,才能使平均年长度和一回归年相近。后来洪仁玕改历就是这样做的,而早年的“有加无已”之说看来是出于某种误解。

年每个节气都是十四日)这样就使平均年长度成为365.25日。虽然这和四分历或儒略历的年长度相当,因而是比较落后的。但是天历特别注意整齐简明,这却是个优点。实际上,在相当长的年限内,以365.25日作为一年的阳历,对于农业生产的需要来说是足够的了。假若按照天历的精神,规定第八百年那年减去六日,即这年每月都是三十天,那么它的年长度就可以和格里高利历完全一致了。

天历是农民的历书,是为农业生产服务的。洪秀全在太平天国九年的改历诏书中明确指出:

“特命史官作月令,欲将天历记分明。

每年节气通记录,草木萌芽在何辰。

每四十年一核对,裁定耕种便于民。”<sup>①</sup>

此后,天历历书上就记有上年各季节草木萌芽、气象变化,农事活动及典型的农谚等,以供农民耕作的参考。

天历和封建王朝颁行的历书完全不同。千百年来,封建统治者为了欺骗和毒害人民,在历书的各日下都注上了吉凶宜忌、祸福休咎的迷信说教。天历则与之针锋相对,斥责“从前历书,一切邪说歪例,皆是妖魔诡计”,并将它们“尽行删除”。天历宣布:

“年年是吉是良,月月是吉是良,日日时时也总是吉是良,何有好歹?何用拣择?……随时行事,皆大吉大昌也。”<sup>②</sup>

这些都充分表现了太平天国革命者敢于和旧封建迷信斗争的一面。天历也有新的宗教迷信内容。但在当时历史条件下,破除旧皇历中的迷信,其意义更为重大。

天历随着太平军的足迹传播到全国广大地区。人民拥护这支革命军队,因而也拥护天历。1853年太平军攻下武昌后不久,正值天历元旦,人民热烈庆祝这个革命的元旦。武昌城内炮竹如雷,“诵赞美声震天地”。太平天国把干支中的“丑”改为“好”,“卯”改为“荣”,“亥”改为“开”,这个改革直到太平天国失败后还在群众中流传。有人写诗记述说:“不觉草茅忘忌讳,亥开丑好未全艾”<sup>③</sup>。这说明了“草茅”中的群众对天历的怀念心情。

天历颁行后引起了敌人的强烈反对。在太平天国辖区内有些地主阶级顽固分子恪守清朝正朔,私庆旧历新年。太平军及时查获,给予惩处。清统治者对天历更是恨之入骨,到广西围剿太平军的钦差大臣赛尚阿攻击太平军“妄改正朔,实属罪大恶极”<sup>④</sup>。张德坚等人在曾国藩指使下编纂的《贼情汇纂》一书中咒骂太平天国:“蠢而狂寇,竟至更张时宪”,“是贼之悖,为亘古所无”。敌人这样的切齿痛骂,既是因为天历推翻了清王朝的正朔,而且也因为反动军队屡屡吃了天历的大亏。张德坚又说:

“测其初心,亦不过欲乱日月,以惑我军。如探知该逆传令,何日围攻何处,予为防堵。其实彼中日期不同,或先或后,即此可以误我耳。”<sup>⑤</sup>

例如,咸丰三年(1853年)张汝南作的《金陵省难记略》就载有一段故事:天京城中有个士人张继庚曾密谋通清军,作内应。后因江南大营误解所约的日期而失败。由此可见,天历的确是一件很有效的斗争武器。

① 见中国近代史资料丛刊:《太平天国》第一册,208~209页。

② 见中国近代史资料丛刊:《太平天国》第一册,171~172页。

③ 丁葆和《归里杂诗》。

④ 《剿平粤匪方略》,卷十。

⑤ 见中国近代史资料丛刊《太平天国》第三册,168页。

天历是我国人民在广大地区使用阳历的第一次实践。它在我国历法史上应据有它自己的地位。

#### 四、哥白尼学说在中国的胜利

自从1840年鸦片战争失败那时起,先进的中国人经过千辛万苦,向西方国家寻求真理。他们学习西方资产阶级民主主义的文化,即所谓新学,包括那时的社会学说和自然科学。人们运用新学来同中国的封建思想作斗争,进行旧时期的资产阶级民主革命。近代天文学的知识正是在这个学习新学的过程中被介绍到中国来了。而因为近代天文学是在哥白尼学说的基础上发展起来的,所以要学习近代天文学,就必须批判阻挠哥白尼学说传播的种种谬说,让这个学说在中国得到胜利。

早在鸦片战争时期,主张坚决抵抗英国侵略者的魏源,就提出了“师夷长技以制夷”的思想,他在当时一般封建士大夫对世界情况漫无所知的情况下尽其所能搜集了各种关于外国的知识材料,编成《海国图志》一书。书中对西方各国的政治、经济、军事、科学技术作了尽可能的介绍。就在这本书中,魏源译载了好几篇有关哥白尼学说的文章,并附有地球沿椭圆形轨道绕日运行图。这是第一批公开肯定哥白尼学说的中文文字。

《谈天》一书的翻译是近代天文学传入中国的一个重大事件,《谈天》是英国天文学家约翰·赫歇耳的一部深入浅出的优秀著作,原名《天文学纲要》。(Outlines of Astronomy)。书中全面地、通俗地介绍了当时西方比较先进的天文学知识。1859年,由中国学者李善兰和英国传教士伟烈亚力合作进行翻译。译出后受到中国读者的欢迎。1874年,有一位学者徐建寅又把直到1871年的新成果补充了进去。

近代天文学是建立在哥白尼、刻卜勒、牛顿等人的学说的基础上的,而在中国,正如本书上一章所介绍的,直到十九世纪初年还受到封建学者的反对。因此,要学习近代天文学知识,就必须对种种阻碍哥白尼等学说传播的谬论进行批判。李善兰为《谈天》所写的序言就是执行这项历史任务的。

李善兰的批判矛头正是指向了两个乾嘉学派的泰斗:阮元和钱大昕。虽然并没有点名,却特别指出了阮元对哥白尼学说的攻击(“动静倒置,违经畔道,不可信也”)和钱大昕对刻卜勒椭圆运动定律的实用主义观点(“此假象也。以本轮、均轮推之而合,则其象为本轮、均轮。以椭圆面积推之而合,则设其象为椭圆、面积。其实不过假以推步,非真有此象也”),直截了当地批评他们说:

“窃谓议者未尝精心考察,而拘牵经义,妄生议论,甚无谓也”。

这一句话就点出了阮、钱二人的根本弱点。接着用从实践到理论的发展观点简述了哥白尼、刻卜勒到牛顿的天文学理论的发展,又用力学原理和科学事实(如天体的光行差、地道半径视差——即周年视差等等)证明地动和椭圆运动这两点已是“定论如山,不可移矣。”最后,李善兰在这篇序言的结尾强调:

“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”。

这篇只七百多字的短序,的确是宣传科学的精悍佳作。

绝妙的是,那位伟烈君也写了一篇序言。这篇一千三百多字(比李善兰序言长了一

倍)的文章中伟烈亚力竟八次赞美造物主的伟大,三次感以宇宙的不可思议,甚至宣传造物主“令爱子降生,舍身代赎”,要人们对造物主“感激图报”,最后,他宣布:

“余与李君同译是书,欲令人知造物主之大能;尤欲令人远察天空,因之近察己躬,谨谨焉修身事天,无失秉彝,以上答宏恩,则善矣。”

学习天文学是为了让人感悟,因而修身事天,循规蹈矩,报答上帝的宏恩,也即俯首听命于帝国主义、封建主义的剥削与压榨。洋教士的谋划可谓“高明”矣!

这两篇并列的序言,思想倾向泾渭分明,十分清楚地显示出,在传播哥白尼学说的过程中,唯物主义和唯心主义两种世界观的斗争是多么的尖锐、激烈。

伟烈亚力的宗教迷雾掩盖不了赫歇耳所阐述的科学真理。《谈天》一书的出版使哥白尼学说在中国站稳了脚跟,近代天文学开始在中国传播。

封建、顽固的思想家对这一点是很抵触的。1878年,有一个叫吕吴调阳的人写了一本书叫《谈天正义》,书里他死抱住古老的儒家经典不放,居然要求天文学仍然要“本之大《易》”。但是,他也感觉到近代天文学思想的传播是无法抗拒的了,因此,他发出了悲叹:

“呜呼!天道之不明,圣教将绝矣!”

封建的统治思想将要灭绝了,这是没落阶级发出的哀鸣。

不论封建势力如何顽抗,科学的真理必将扫除一切障碍而前进。继李善兰之后,另一位学者王韬继续对阮元、钱大昕、吕吴调阳等人的观点进行批判。王韬于1889年写了《西学图说》一书,书中用最新的成果说明了哥白尼学说是颠扑不破的真理。他还翻译了一本《西国天学源流》,从历史发展的观点批判了阮元的形而上学观点和钱大昕的实用主义态度。王韬认为,历史是不断前进的,后人总要超越前人。行星循椭圆轨道运动,乃是万有引力的作用,决非假象。

经过长达一、二百年的斗争,哥白尼学说终于在中国取得了胜利。1897年,有人编出了歌谣:

“万球回转,对地曰天。日体发光,  
遥摄大千。地与行星,绕日而旋。  
地体扁圆,亦一行星。绕日轨道,  
椭圆之形。同绕日者,侧有八星。”<sup>①</sup>

哥白尼学说得到了这样通俗的宣传,说明这个学说已是多么深入人心。就在这个胜利的基础上,近代天文学知识在我国得到了传播。

## 五、近代天文学知识与旧民主革命

由于中国近代工业基础的落后,封建和半封建制度的腐朽,使得直到五四运动之前的整个旧民主革命时期内,中国都始终没有可能自己建立起象样的近代天文学机构来。

自辛亥革命以后,北洋政府教育部接管了清王朝的钦天监。主管人士曾企图建立一个近代规模的中央观象台。这个机构的组织到也还说过得去,包括了天文、历算、气象、地磁和地震四个科目。但是,一味只知收刮人民血汗的历届北洋政府哪有什么心思来搞科学!中央观象台缺乏起码的经费,购置不起一具较大型的近代天文望远镜。因此,根本不

<sup>①</sup> 叶澜:《天文歌略》。

可能做什么近代的研究工作。它的天文方面的主要工作只有三项。一项是编算民用历谱；一项是根据欧美国家的航海通书之类编译出版《观象岁书》，以供测量和航海部门之用；第三项就是编辑《观象丛报》。但这份刊物的内容还包括了气象、地磁和地震等学科，而且内容多数是比较浅近的介绍性的。由于基础的贫乏，人们也不可能要求这份刊物对推进近代天文学的研究上有多大作为。

虽然近代的天文研究工作未能开展，但是近代天文知识却仍然在传播，这里一个重要的原因是因为资产阶级在进行旧民主革命时需要它们作为斗争的武器。无论是维新派的主要人物康有为、严复、谭嗣同，还是革命派的领袖孙中山，他们都在不同程度上吸收和运用过近代天文知识。

康有为早年是资产阶级改良派的代表，热心向西方寻求真理。在他二十八岁的那一年，1885年，写了一本书：《诸天讲》，介绍西方的近代天文知识。

康有为极为崇拜哥白尼和牛顿。他说：

“吾之于哥白尼也，尸祝而馨香之，鼓歌而侑享之。后有伽呼釐路（即伽利略）修正哥白尼说，益发明焉。至康熙时，西1686年英人奈端（即牛顿）发明重力相引，游星公转互引皆由吸拒力。自是天文益易明而有所入焉。奈端之功以配享哥白尼可也。故吾最敬哥、奈二子。”<sup>①</sup>

这种崇拜是维新派人物对西方文明崇拜的一个反映。

与李善兰译的《谈天》相比，《诸天讲》又增了许多新的内容，例如，恒星光谱型，太阳上有核反应（称为放射性。但康有为尚不知道是分裂还是聚合反应。当时人猜测是分裂，他猜测可以有聚合反应）。太阳的化学元素组成，等等。新东西可以说是不少的，其中有些显然不是十九世纪的观点，例如太阳上有核反应的想法，那只能是二十世纪初年近代原子理论发展以后才会有的。它们应该是康有为在晚年整理旧稿时所增添，这说明康有为对吸收天文学上的最新知识仍比较注意。

康有为对天体演化的学说给以了很大的注意。《诸天讲》中首次介绍了康德、拉普拉斯的星云假说。以后还加进了二十世纪初年张伯伦和摩尔顿提出的太阳系形成的半碰撞假说，以及乔治·达尔文的关于月亮起源于因地球迅速自转而从地球分离出来的假说。这种强烈的兴趣既有传统上的原因（我国历来对天体演化的论述是很多的），也是康有为的资产阶级进化观所激起的一个反应。

《诸天讲》一书是在康有为死后于1930年出版的，根据康有为的自序，他在1926年左右于上海讲学时曾对此书加以修改，这种修改除增补若干二十世纪的新知识外，也印上了他晚年唯心主义世界观的印记。

众所周知，康有为早年虽然起过进步作用，但他后来却成了保皇党，反对资产阶级民主革命。搞保皇复辟失败后他退居上海一带，当了寓公。晚年，他的宗教思想非常严重，翻开《诸天讲》正文第一卷，在那里他严正地批判了占验、分野等等封建迷信的荒谬，显示出他早年的进步思想倾向。然而，翻到后面，迷信和宗教的说法赫然而出。第十卷“诸天二百四十二天”，满篇都是佛教经典的名词术语。在银河系（他称为银河天），总星系（他称为霞云天）之上一层层有二百四十二层天，二百四十二层天之外还有无量数不可思议的天。每一层大都包括一个很大数目的下一层天。康有为承认宇宙是无限的，这当然应肯

<sup>①</sup> 康有为：《诸天讲》卷二：“发明地绕日为哥白尼，发明吸拒力为奈端，宜祝享。”

定。但是这一层层天的名目和梵语的数量名词,却几乎使人会认为这是一部佛经。实际上这些层天和每层天所包含的下层天的数目都纯属胡诌。例如,说霞云天里包括十六万个银河天,一百万个霞云天构成宗动天,二百万个宗动天构成钧天,如此等等。这类情况连他的得意门生梁启超都觉得难为情。康有为死后梁启超曲为师讳,说这部遗稿是《庄子·逍遥游》之类的书,他担心照这样刊行出来,读者

“或不以逍遥游视之,而议先师科学之言为未完也。”<sup>①</sup>

其实这根本不是什么“未完”的问题,而是康有为晚年从科学向宗教蜕化的结果。

卷十一题目就叫上帝篇,其中不但引述了欧洲宗教史上论证上帝存在的证据,而且他自己又作了一篇“上帝之必有”的文字,这篇文字中竟一反前几卷的主调,大肆宣扬“吾国看相,算命,占筮多有奇验者”,“各国预言家亦多见验”,甚至不惜侮辱他早年所肯定的拉普拉斯,乃至侮辱他极为崇拜的牛顿,说是:

“以奈端,拉伯拉室,达尔文之知多少,而欲尽知天乎? ! 而可决无上帝乎? ! 多见其不知量也!”

学术上的康有为和政治上的康有为是多么的一致。康有为是一个典型,他表明一个人的政治立场和世界观可以何等紧密地支配着他的学术观点。

比康有为早生几年的严复是一个著名的启蒙思想家。他一生系统地翻译、介绍了许多西方资产阶级哲学、社会政治思想的名著,自从甲午战败后,他发表文章要求变法维新。就在这时候他翻译了赫胥黎的《天演论》一书,介绍了达尔文的生物进化论,宣传维新、自强,给中国的思想界以强烈的震动。

他在《天演论》中把“天”看成是一个物质性东西,他提出了“天运”——即物质的运行——是世界的最高主宰的说法,这种说法就意味着认为世界事物的变化都是物质本身运动的结果。这样,他就自然否定了封建意识形态中的“天”的最高主宰地位。

在严复看来,

“大字之内,质力相推,非质无以见力,非力无以呈质”<sup>②</sup>。

这就是说,宇宙之间,物质和力是互相依赖而存的。没有物质就表现不出力,没有力也显示不出物质的存在。他接受了哥白尼的太阳中心说和牛顿的力学理论。他认为物质世界的运动是由“质力”推进的。他也引进了西方自然科学的假说,把“以太”作为物质的本原,并把我国古代哲学家所说的“一清之气”比附“以太”,而且认为宇宙间的以太总量是不增不减的。严复的这些科学思想和科学概念是他宣传达尔文进化论鼓吹维新自强思想的一个自然科学的基础。

谭嗣同是清末维新派中比较激进的分子,他不但自己注意学习新学,而且积极推进,组织学习西方知识的团体。他曾发起成立湖南郴州算学会和其他一些学校、团体。他多次在湖南的南学会上演讲,大声疾呼,鼓吹自危自振。在这些演讲中他运用天文学知识,说明地球本是变动不停的,所以“凡泥不变之说者为逆天矣”。说明地球只是天空中一个不大的天体,我们不应该夜郎自大。其矛头所向,正是那些坚持主张“祖制不可变”又盲目地以“天朝”自大的顽固不化的顽固派。<sup>③</sup>

① 康有为:《诸天讲·伍庄序》。

② 严复《译〈天演论〉自序》,见《严复诗文集》,第94页。

③ 参见《谭嗣同全集》第126~133,289,295,301~302页,1954年。



谭嗣同和他的维新派的师友们一样,希望为他的哲学思想寻找一个自然科学的基础。他的基础是西方的“以太”假说。以太是十九世纪西方物理学界流行的一个概念,指的是一种充满整个宇宙的极微小的质点,这种质点没有质量,但却是一种有完全弹性的刚体。它是光的传播媒介。谭嗣同从西方自然科学中借取了 this 想象的物质概念,作为一切事物所由形成的根源。他说:

“任剖某质点一小分,以至于无,察其为何物所凝结?曰:惟以太”<sup>①</sup>。

大至于宇宙,小至于微生物,复杂至于人体,乃至于:

“由一身而有夫妇,有父子,有兄弟,有君臣朋友;由一身而有家有国有天下,而相维系不散去者,曰:惟以太”<sup>②</sup>。

万事万物都由于有了以太而存在,所谓:

“法界由是生,虚空由是立,众生由是出”<sup>③</sup>。

种种神奇的描述反映了谭嗣同企图通过以太来确立世界的物质统一性,它就好象中国古代唯物主义哲学家所说的气一样。

谭嗣同和康有为一样,承认宇宙是无限的,这种无限都是通过无限层次的宇宙模型来达到的。他也象康有为一样,借用了几句佛经上的名词,但却没有象康有为那么说得荒唐。谭嗣同说:

“合八行星与所绕之月与小行星与彗星,绕日而疾旋,互相吸引不散去,是为一世界。此一世界之日统行星与月绕昴星而疾旋;凡得恒河沙数,成天河之星团,互相吸引不散去,是为一大千世界。此一大千世界之昴星统日与行星与月以至于天河之星团,又别有所绕而疾旋;凡得恒河沙数各星团、星林、星云、星气,互相吸引不散去,是为一世界海。恒河沙数世界海为一世界性。恒河沙数世界性为一世界种。恒河沙数世界种为一华藏世界。华藏世界以上,始足为一元。而元之数则算所不能稽,而终无有已时”<sup>④</sup>。

所谓的“世界”,就是太阳系;所谓的“大千世界”,就是银河系;所谓的“世界海”,可以说就是今天所说的总星系。今天的科学探测能力尚未触及到总星系的边缘。总星系以上还有什么层次,那只能是纯属思维的领域。不过,欧洲的康德和朗白尔既然能提出无限阶梯式宇宙模型,那么,向西方学习的谭嗣同当然也可以驰骋他的科学想象力。

谭嗣同主张物质不生不灭,但是有聚散,有成毁。例如,地球是个物体,所以它终有消亡——陨散的时候,但是地球陨散之后,其他星又将用地球的质点来构成新的星<sup>⑤</sup>。虽然每个物体都有成毁,但是作为各个物体的总和——宇宙却又是无始无终的。他说:

“人有年,天无年。天何以无年?天无始,天无终”<sup>⑥</sup>。

这里的“天”实即宇宙,这些思想大体上都是正确的。

应当指出,谭嗣同虽然比较激进,但在政治上思想上仍然都体现出资产阶级软弱、动摇的本质。维新派都瞧不起人民群众,因而在与封建主义的斗争中他们就找不到现实的依靠力量。于是谭嗣同只好去靠封建统治阶级的“仁”,靠他们维新派这些“英雄”、“豪杰”个

① 《以太说》,《谭嗣同全集》第10页,1954年。

② 《谭嗣同全集》,第9页,1954年。

③ 《谭嗣同全集》,第68页,1954年。

④ 《谭嗣同全集》,第10页,1954年。

⑤ 参见《谭嗣同全集》,第23页,1954年。

⑥ 参见《谭嗣同全集》,第139页,1954年。

人的“心”，这些“仁”和“心”就被他移入了他的哲学学说之中。他矛盾地认为“仁为天地万物之源”，又把“以太”也作为“仁”，又把“以太”说成是“仁”的体，而“仁”是“以太”的用，等等。他的唯物主义思想和唯心主义思想错综交织，形成了混乱。

和在思想上的混乱相一致，谭嗣同在科学上也有许多混乱，他正确地认为地球会陨散，即消灭，却把地球这一类行星与新星之类的恒星相混同起来。他生吞活剥地引进了“以太”概念，却分不清日月之光和空气的本质不同，把两者都说成是气。如此等等的错误固然有他所受近代科学教育不足的原因，但是毫无疑问，他自己的思想混乱也助长了这种科学知识上的混乱。

在封建主义和帝国主义的强大压迫下，害怕革命的改良主义运动很快就失败。但这个失败却进一步促进了人民的觉醒，于是资产阶级革命派的力量发展起来。

1899年，资产阶级革命派的理论家章炳麟写了一部《诹书》，鼓吹革命。在这部书中专门有一篇《天论》，探讨宇宙万物形成的问题。他也指出，象过去传统所说的有意志的“天”未尝有过。他认为，天不过是聚积起来的气体，气体来源于地球，地球又是从太阳那儿生的，又指出宇宙中的恒星都是一个个太阳，这些恒星都有象地球一样的行星环绕。人和地上的万物是从太阳产生的，但太阳没有意志，所以人间的祸福不是受太阳支配的，章炳麟很明白传统所说的“天”对人们思想禁锢、压抑的作用。因此他要求“革天”，主张“人定代天”，这是用暴力革命根本推翻封建制度的资产阶级革命派主张在思想领域里的反映。

伟大的革命先行者孙中山也引述过以太和星云假说。孙中山也主张进化论。他把世界（指地球上的世界）的发生发展划分成三个时期，即物质进化时期，物种进化时期，人类进化时期，他说：

“元始之时，太极（此用以译西名以太也，这是孙中山原注）动而生电子，电子凝而成元素，元素合而成物质，物质聚而成地球，此世界进化之第一时期也。今太空诸天体尚多在此期进化之中，而物质之进化，以成地球为目的；吾人之地球，其进化几何年代而始成，不可得而知也”。（见《孙中山选集》上卷，141页）

几年之后，他又进一步说：

“照进化哲学的道理讲，地球本来是气体，和太阳本是一体的。始初太阳和气体都是在空中，成一团星云，到太阳收缩的时候，分开许多气体，日久凝结成液体，再由液体固结成石头”（见《孙中山选集》下卷，662页）。

孙中山认为以太是万物的本源，它远远存在于有精神意识的人类生产之前，这比谭嗣同的以太观要进步得多。而他的天体演化观点则是接受了星云说的。孙中山引述这些西方的近代自然科学知识，是为了宣传他的革命主张。由于中国革命的敌人十分强大，而中国资产阶级则极为软弱，因此，资产阶级不可能领导中国革命取得胜利，包括辛亥革命那样全国规模的运动都失败了。中国人民仍然处于半殖民地半封建社会的黑暗生活中，从鸦片战争到辛亥革命的几十年里，进步的知识分子先后学习了那么多的西方自然科学知识和资产阶级民主革命学说，既没能拯救中国，更不能使中国的科学事业得到发展。

“十月革命一声炮响，给我们送来了马克思列宁主义”。无产阶级登上了中国革命的历史舞台，中国共产党成立了，在中国共产党的领导下中国人民终于推翻了三座大山，获得了彻底的解放。中国的天文事业只有在社会主义制度下才能获得迅速的发展。

只有社会主义能够救中国，历史的结论就是如此。

# 附 表

## 一、人物生卒年表

孔子	前 561~前 479	王 朴	915~959	薛凤祚	1600~1680
屈原	前 340~前 278	韩显符	940~1013	王锡阐	1628~1682
刘 安	前 179~前 122	邵 雍	1011~1077	梅文鼎	1633~1721
刘 向	前 77~前 6	张 载	1020~1077	江 永	1681~1762
刘 歆	?~23	苏 颢	1020~1101	梅穀成	1681~1763
王 充	27~100	沈 括	1031~1096	顾 琮	1685~1764
贾 逵	30~101	黄 裳	1043~1129	明安图	?~1763
黄 香	?~122	曾敏行	1117~1175	钱大昕	1728~1804
张 衡	78~139	程大昌	1122~1195	阮 元	1764~1849
蔡 邕	133~192	朱 熹	1130~1200	王贞仪	1768~1797
陆 绩	187~219	耶律履	1131~1191	李 锐	1768~1817
王 蕃	219~257	张行简	1146~1215	齐彦槐	1774~1841
杜 预	222~284	耶律楚材	1190~1243	罗士琳	1789~1853
虞 喜	281~356	刘秉忠	1216~1274	魏 源	1794~1856
葛 洪	284~363	张文谦	1216~1283	顾观光	1799~1862
徐 广	352~425	李 谦	1223~1302	冯桂芬	1809~1874
何承天	370~447	郭守敬	1231~1316	李善兰	1811~1882
戴法兴	414~465	王 恂	1235~1281	汪日慎	1813~1882
祖冲之	429~500	邓 牧	1247~1306	洪秀全	1814~1864
陶宏景	452~536	刘 基	1310~1374	邹伯奇	1819~1869
李业兴	483~549	贝 琳	?~1490	洪仁玕	1827~1864
庾季才	515~603	李 诩	1505~1592	王 韬	1828~1897
袁 充	543~617	朱载堉	1536~1610	诸可宝	1845~1903
刘 焯	542~608	徐光启	1562~1633	华世芳	1854~1905
宇文愷	555~612	李之藻	1565~1630	严 复	1853~1921
耿 询	?~617	李天经	1579~1659	康有为	1858~1927
李淳风	602~670	李祖白	?~1665	谭嗣同	1865~1898
一 行	683~727	杨光先	1597~1669	孙中山	1866~1925
柳宗元	773~819	黄宗羲	1610~1695	章炳麟	1869~1936
王处讷	900~967	方以智	1611~1671		

### 说明

1. 本表收入本书中提到的有生或卒年可考的、与中国天文学史直接有关的人物。
2. 所谓与中国天文学史直接有关的人物是指从事过天文工作,有过与天文学有关的著作或论述,以及,给后世留下过重要天文学史资料的。
3. 凡生、卒年均无考的;凡本书中未提到的;或虽提到,却与中国天文学史没有直接关系的人物均不列入本表。
4. 生、卒年均按公元纪年排列。

## 二、秦以来颁行及部分未颁行历法表

次序	历名	撰修者	修成年代 (公元年份)	行用年代 (公元年份)	回归年 365日	朔望月 29日
1	颛顼历	(秦)(无考)	前 246?	(秦)前221? ~前207, (西汉)前206~前105	2500	53085
2	历术甲子篇	(西汉)司马迁	前 104	未颁行	2500	53085
3	太初历	(西汉)邓平等	前 104	(西汉)前104~(东汉)84	2502	53085
4	三统历	(西汉)刘歆			2502	53085
5	(后汉)四分历	(东汉)编泝等	85	(东汉)85~220, (魏)220~236, (蜀)221~263	2500	53085
6	七曜术	(东汉)刘洪	174	未颁行	无	传
7	乾象历	(东汉)刘洪	179/184 闰	(吴)223~280。此前,东汉时曾参用	2462	53054
8	黄初历	(魏)韩翊	220	未颁行	2468	53059
9	太和历	(魏)太史	227/233 闰	未颁行	2469	53060
10	景初历	(魏)杨伟	237	(魏)237~265, (晋)265~420, (宋)420~444, (北魏)388~451	2469	53060
11	正始历	(晋)刘智	274	未颁行	2467	53058
12	乾度历	(晋)李修、卜显	275/280 闰	未颁行	无	传
13	通历	(晋)王朔之	352	未颁行	2468	53061
14	三纪甲子元历	(后秦)姜岌	384	(后秦)384~417	2468	53060
15	元始历	(北凉)赵鸢	412	(北凉)412~439, (北魏)452~522	2443	53060
16	五寅元历	(北魏)崔浩	440	未颁行	无	传
17	元嘉历	(宋)何承天	443	(宋)445~479, (齐)479~502, (梁)502~509	2467	53059
18	大明历	(宋)祖冲之	463	(梁)510~557, (陈)557~589	2428	53059
19	景明历	(北魏)公孙崇	508	未颁行	无	传
20	正光历	(北魏)张龙祥等	520	(北魏)523~534, (东魏)534~539, (西魏)535~567, (北周)557~558	2437	53059
21	兴和历	(北魏)李业兴等	540	(东魏)540~550, (北齐)550	2442	53060
22	九宫行碁历	(北魏)李业兴	547	未颁行	2443	53060
23	大同历	(梁)虞门	544	未颁行	2444	53060
24	七曜律历	(梁)庾偃倩			无	传
25	天保历	(北齐)宋景业	550	(北齐)551~577	2446	53060
26	(北周)历	(北周)明克让等	559	(北周)559~578	无	传
27	天和历	(北周)甄鸾	566	(北周)566~578参用推步	2443	53061
28	甲寅元历	(北齐)董峻等	576	未颁行	2446	53060
29	(刘孝孙)历	(北齐)刘孝孙	576	未颁行	2443	53059
30	(张孟宾)历	(北齐)张孟宾	576	未颁行	2443	53059
31	大象历	(北周)马显等	579	(北周)579~581, (隋)581~583	2438	53063
32	开皇历	(隋)张宾等	584	(隋)584~596	2443	53061
33	七曜新术	(隋)刘焯	594	未颁行	无	传
34	(张胃玄)历	(隋)张胃玄	597	(隋)597~608	无	传

续表

次序	历名	撰修者	修成年代 (公元年份)	行用年代 (公元年份)	回归年 365日	朔望月 29日
35	皇极历	(隋)刘焯	600	未颁行	2445	53060
36	大业历	(隋)张胃玄	608	(隋)609~618(唐)618	2430	53059
37	戊寅元历	(唐)傅仁均	618	(唐)619~664	2446	53060
38	麟德历	(唐)李淳风	664	(唐)665~728	2448	53060
39	经纬历	(唐)瞿昙罗	不明	(唐)与麟德历参行	无	传
40	光宅历	(唐)瞿昙罗	698	未颁行	无	传
41	神龙历	(唐)南宫说	707/710间	未颁行	2448	53060
42	九执历	(唐)瞿昙悉达	718		2469	53058
43	大衍历	(唐)一行	727	(唐)729~757	2444	53059
44	至德历	(唐)韩颖	757	(唐)758~762	无	传
45	五纪历	(唐)郭献之	762	(唐)763~783	2448	53060
46	符天历	(唐)曹士芳	780/783间	行于民间	无	传
47	正元历	(唐)徐承嗣	783	(唐)784~806	2447	53059
48	观象历	(唐)徐昂	806	(唐)807~821	无	传
49	宣明历	(唐)日官	821	(唐)822~892	2446	53060
50	崇玄历	(唐)边冈	892	(唐)893~907.(后梁)907~923.(后唐) 923~936.(后晋)936~939(后晋)945 ~947.(后汉)947~950.(后周)951~ 956	2445	53059
51	调元历	(后晋)马重绩	939	(后晋)940~944.(辽)	无	传
52	永昌历	(蜀)无考	无考	起迄年不明	无	传
53	正象历	(蜀)无考	无考	起迄年不明	无	传
54	齐政历	(南唐)无考	无考	起迄年不明	无	传
55	明玄历	(后周)王处讷	955/956间	未颁行	无	传
56	钦天历	(后周)王朴	956	(后周)957~960.(宋)960~963	2445	53059
57	应天历	(宋)王处讷	963	(宋)964~981	2445	53059
58	钦天新术	(宋)王朴	981	未颁行	无	传
59	乾元历	(宋)吴昭素	981	(宋)982~1001	2449	53061
60	(辽)大明历	(辽)贾俊	994	(辽)994~1125	无	传
61	仪天历	(宋)史序	1001	(宋)1002~1023	2445	53059
62	(乾兴)历	(宋)张奎	1022	未颁行	2446	53059
63	崇天历	(宋)楚衍等	1023	(宋)1024~1064.1068~1074	2446	53060
64	明天历	(宋)周琮等	1064	(宋)1065~1067	2436	53059
65	奉元历	(宋)卫朴	1075	(宋)1075~1093	2436	53059
66	十二气历	(宋)沈括		未颁行		
67	观天历	(宋)黄居卿等	1091	(宋)1094~1102.1104~1106	2436	53059
68	占天历	(宋)姚舜辅	1103	(宋)1103	2436	53059
69	纪元历	(宋)姚舜辅	1106	(宋)1107~1127.(南宋)1133~1135	2436	53060

续表

次序	历名	撰修者	修成年代 (公元年份)	行用年代 (公元年份)	回归年	朔望月
					365日	29日
70	(金)大明历	(金)杨级	1127	(金)1137~1181	2436	53059
71	统元历	(南宋)陈得一等	1136	(南宋)1136~1168	2436	53059
72	乾道历	(南宋)刘孝荣	1167	(南宋)1169~1176	2436	53059
73	淳熙历	(南宋)刘孝荣	1176	(南宋)1177~1190	2436	53060
74	重修大明历	(金)赵知微	1181	(金)1182~1234.(元)1206~1280	2436	53059
75	乙未历	(金)耶律履	1181	未颁行	2431	53059
76	五星再聚历	(南宋)石万	1187	未颁行	2446	53059
77	会元历	(南宋)刘孝荣	1191	(南宋)1191~1198	2437	53059
78	统天历	(南宋)杨忠辅	1199	(南宋)1199~1207	2425	53059
79	开禧历	(南宋)鲍澥之	1207	(南宋)1208~1261	2431	53059
80	西征庚午元历	(元)耶律楚材	1220	未颁行	2436	53059
81	淳祐历	(南宋)李德卿	1250	(南宋)1252	2428	53059
82	会天历	(南宋)谭玉	1252	(南宋)1253~1270	2429	53060
83	万年历	(元)扎马鲁丁	1267	(元)1267~1368以回回历名称在伊斯兰教民族中颁行	无	传
84	成天历	(南宋)陈鼎	1270	(南宋)1271~1276	2427	53059
85	本天历	(南宋)邓光荐	1277	(南宋)1277~1279	无	传
86	授时历	(元)王恂等 郭守敬	1280	(元)1281~1368.(明)1368~1384.(改名大统历)	2425	53059
87	回回历	(明)吴伯宗等译	1383	(明)1383~1644.与大统历参用.(清)1665~1669以时宪历名义颁行.	2422	53059
88	大统历	(明)元统	1384	(明)1385~1644	2425	53059
89	圣寿万年历	(明)朱载堉	1554	未颁行	2420	53059
90	黄钟历	(明)朱载堉	1581	未颁行	2420	53059
91	时宪历	(清)汤若望等	1644	(清)1645~1665.1670~1730	2422	53059
92	晓菴新法	(清)王锡阐	1663	未颁行	2422	53059
93	时宪(癸卯元)	(清)戴进贤等	1730	1731~1911	2423	53059
94	天历	(太平天国)洪秀全等	1852	(太平天国)1851~1868	2425	无传

## 三、增订古新星新表

号数	原文	资料来源	时间	星座	$\alpha$	$\delta$	$l$	$b$	$L$	山	何	附注
1	七日己巳夕出新大星并火辛未殷新星	殷墟甲骨文 殷墟甲骨文	约B.C14世纪	天蝎座 $\alpha$ 星附近	16h30m	-25°32'	+13°				1	李约瑟认为二者是纪录同一新星
2	周景王十三年春有星出婺女	竹书纪年	B.C532	宝瓶座 3.5, $M_c$ 星							6	

表中符号说明：第一栏中阿拉伯数字加方括号者，表示西方也有记录，加\*号者表示“古新星新表”中无。第十栏  $L$  表 Landmark 表中的号数。第十一栏“山”表山本一清表中的号数。第十二栏“何”表何丙郁文中的号数。第三栏凡朝鲜、日本资料初次引用时在书名后加注(朝)或(日)。

续表

号数	原文	资料来源	时间	星、座	$\alpha$	$\delta$	$l$	$b$	$L$	山	何	附注
3	汉高帝三年七月有星孛于大角,旬余乃入	汉书、文献通考	B.C 204	牧夫座 $\alpha$ 星附近	$14^h 15^m$	+20	346	+66				23 可能是牧夫座 A B 新星的爆发
(4)	汉元光元年六月客星见于房	汉书	B.C 134	天蝎座 $\beta, \delta, \pi, \rho$ 星					(1)	1		40 依巴谷也观测到
5*	汉元封中星孛于河戌	汉书	B.C 108~107	双子座								45
6	汉元凤四年九月客星在紫宫中斗枢极间	汉书	B.C 77	大熊座 $\alpha$ 星和北极之间	11 45	+72	98	+50	(2)	2		50
7	汉初元元年四月客星大如瓜,色青白,在南斗第二星东,可四尺	汉书	B.C 48	人马座 $\epsilon$ 星之东	18 20	-25	335	-7	(4)	3		57 据神田茂考证,南斗第二星为人马座 $\epsilon$ 星
8	汉哀帝建平二年二月彗星出牵牛七十余日	汉书	B.C 6	摩羯座 $\alpha, \beta, \epsilon, \rho, \pi, \sigma$ 星								63
9*	新罗始祖五十四年春二月己酉星孛于河鼓,汉建平三年有星孛于河鼓	三国史记(朝) 汉书	B.C 4	天鹰座 $\alpha, \beta, \gamma$ 星	19 50	+10	17	-10				64 可能是天鹰座新星 V 500 的爆发
10	后汉建武五年客星犯帝座	后汉书严光传	A.D 29	武仙座 $\alpha$ 星附近	17 20	+15	6	+24				67 可能是“再发新星”
11*	百济己亥王九年四月乙巳客星入紫微,新罗婆娑王六年四月客星入紫微,后汉元和二年四月乙巳客星入紫微	三国史记 后汉书章帝本纪	85, 6, 1	恒显圈								86
12	后汉永初元年秋八月戊申客星在东井弧星西南	通志灾祥略, 东汉会要	107, 9, 13	大犬座 $\epsilon$ 船座 $\pi$ 等星西南	7	-35	214	-12	(9)	6		90
13	后汉延光四年冬十一月客星见天市	通志, 文献通考, 后汉书, 东汉会要	125, 12, 13~126, 1, 11	蛇夫, 武仙, 巨蛇, 天鹰等座	15 35 ~19	-15 ~+30				7		94
14*	高句丽次大王十三年春二月星孛于北斗	三国史记, 增补文献备考(朝)	158, 3	大熊座	11 ~14	50~60						104
15	后汉中平二年十月癸亥客星出南门中,大如半筵,五色喜怒,稍小,至后年六月消	后汉书, 文献通考	185, 12, 7 至 187, 7, 28~8, 21	半人马座 $\alpha, \beta$ 星之间	14 20	-60	282	0	(12)	8		109 超新星 射电源
16*	后汉建安五年十月辛亥有星孛于大梁	后汉书, 通鉴纲目, 文献通考, 东汉会要	200, 11, 6		3~5							115
17*	后汉建安十二年十月辛卯, 有星孛于鹑尾	同上	207, 11, 10		10.5~13							119
18*	后汉建安十七年十二月有星孛于五诸侯	同上	213, 1, 10~2, 7	双子座 $\theta, \tau, \iota, \nu, \rho$ 星附近	7	30	165	+18				120

续表

号数	原文	资料来源	时间	星座	$\alpha$	$\delta$	$l$	$b$	$Z$	山	何	附注
19*	晋太始五年九月有星孛于紫宫	晋书、宋书、文献通考、通鉴纲目	269. 10. 13~11. 10	恒显圈								145
20*	晋太始十年十二月有星孛于轸	晋书、宋书、文献通考	275. 1. 14~2. 12	乌鸦座 $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ 星								146
21	晋太熙元年夏四月客星在紫宫	通志、文献通考	290. 4. 27~5. 25	恒显圈					(14)			155
22	晋永兴元年夏五月客星守毕	晋书、通志、文献通考、宋书	304. 6. 19~7. 18	金牛座 $\lambda, \gamma, \delta, \theta, \alpha$ 等星					(16)	10		163
23*	晋成帝咸和四年七月有星孛于西北, 犯斗, 二十三日灭	晋书、宋书、文献通考	329. 8. 11~9. 9	大熊座	11~14 <sup>b</sup>	50°~60°						167
24	晋太和四年春二月客星见紫宫西垣, 至七月乃灭	晋书、通志、文献通考	369. 3. 24~4. 22至8. 19~9. 17	天龙座 $\alpha, \kappa, \lambda$ , 大熊座24, 鹿豹座43, $\alpha$ 星附近	3 <sup>b</sup> 10 <sup>m</sup> ~14	+65 ~+70			(17)	11		174
25	晋太元十一年春三月客星在南斗, 至六月乃灭	晋书、通志、宋书、文献通考	386. 4. 15~5. 14至7. 13~8. 10	人马座 $\mu, \lambda, \phi, \tau, \sigma, \zeta$ 星附近					(18)	12		177
I*	罗马 Cuspianus 观察到河鼓二附近出现新星, 大于金星, 三周后消失		389	天鹰座 $\alpha$ 星附近	19 50	+10	14	-4	(19)	13		超新星
26	晋太元十八年春二月客星在尾中, 至九月乃灭	晋书、通志、文献通考	393. 2. 27~3. 28至10. 22~11. 19	天蝎座 $\epsilon, \mu, \nu, \theta, \lambda, \kappa, \rho, \lambda$ 星之间	17 20	-40	316	-4	(20)	14		179
27	魏皇始元年有大黄星出于昴毕之分五十五余日, 十一月黄星又见, 天下莫敌	魏书	396	金牛座 $\gamma, \lambda, \tau$ 等星间	4	+20	141	-22				182
28*	魏神瑞元年六月乙巳有星孛于昴南	魏书	414. 7. 20	金牛座 $\gamma$ 等星南	3 40	+20	137	-25				187
29*	晋元熙元年正月戊戌, 有星孛于太微西藩 百济腆支五十五年春正月戊戌星孛于太微	晋书、文献通考 三国史记	419. 2. 17	狮子座 $\delta, \theta, \lambda, \sigma, \beta$ 星附近	11 10 0~11 50	+20						192
30	魏泰常五年十二月客星见于翼	魏书	421. 1. 20~2. 17	巨爵座 长蛇座								194
31	魏太延二年五月壬申有星孛于房	魏书	436. 6. 21	天蝎座 $\beta, \delta, \kappa, \rho$ 星								199
32	魏太延三年正月壬午有星孛前星见于东北, 在井左右, 色黄赤, 大如橘	魏书、宋书	437. 2. 26	双子座 $\mu, \lambda, \epsilon, \zeta$ 等星	6 40	+20	162	+9				200 超新星 射电源
33	魏元象四年(西魏大统七年)正月客星出于紫宫	魏书、西魏书	541. 2. 11~3. 12	恒显圈								222



续表

号数	原文	资料来源	时间	星座	$\alpha$	$\delta$	$l$	$b$	$Z$	山何	附注
34	周保定元年九月乙巳 客星见于翼	隋书、通志	561. 9. 26	[1] 爵座、长 蛇座					[21] 15	224	
35	陈太建七年四月丙戌 有星孛于大角	隋书、通志	575. 4. 27	牧夫座 $\alpha$ 星 附近	14 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup>	+20	346	+66		231	可能是牧夫 座 A B 新 星的爆发
36	隋开皇八年十月甲子 有星孛于牵牛	隋书、通志、 文献通考	588. 11. 22	摩羯座 $\alpha$ 、 $\beta$ $\pi$ $\rho$ 星 附近						235	
37	唐总章元年四月慧星 见五车……星虽孛 而光芒小……二 十二日星灭。 唐乾封三年四月丙 辰，有慧星于东方， 在五车、毕、昴间。 乙亥不见。 新罗文武王八年四月 慧守天船。 高句丽宝藏王二十 年夏四月慧见于昴 毕之间。	旧唐书、唐 会要 新唐书、文 献通考 三国史记、 增补文献 备考	668. 5. 18~6. 6	英仙座	4 30	+45	127	0		251	超新星 射 电源
38	唐永淳二年三月丙午 有慧星于五车北二 十五日，至四月辛 未不见。 新罗神文王三年十月 慧星出五车	旧唐书、新 唐书、文 献通考 三国史记	683. 4. 20~5. 15 683. 10. 25~ 11. 23	御夫座 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\theta$ / 金牛 座 $\beta$ 星附 近	5 20	+50	128	+4	[23]	257	超新星 射 电源
39*	唐景龙二年七月七日 星孛胃昴之间	旧唐书、新 唐书、文 献通考、 唐会要	708. 7. 28	白羊座 35、 39、41 星 和金牛座 $\gamma$ 等星之 间	8 10	+25°	127°	-25°		262	
40*	唐景龙三年八月八日 有星孛于紫微垣	旧唐书、新 唐书、唐 会要、文 献通考	709. 9. 16	恒显圈						263	
41	日本养老六年七月三 日壬申有客星见 道边凡五日	日本天文史 料(日)、 大日本史 (日)、一 代要纪(口)、 续日本纪 (日)	722. 8. 19	仙后座 $\gamma$ 、 $\delta$ 、 $\theta$ $\nu$ 星 附近	1 40	+60	97	-1		266	
42	日本神龟二年正月二 十四日己卯有星孛 于华盖	日本天文史 料、大日 本史、续 日本记	725. 2. 11	仙后座 38 星 附近	1 30	+70	94	+8		267	
43*	唐开元十八年六月甲 子有慧星于五车， 癸酉有星孛于毕 昴	新唐书	730. 6. 30~7. 10	金牛座、英 仙座、御 夫座之间	4 20	+30	136	-12		268	
44	日本天平十六年十二 月二日庚寅，有星 孛于将军	日本天文史 料、续日 本纪、日 本略(日)	745. 1. 8	仙女座 $\gamma$ 、 $\delta$ 、 $\nu$ 等星三 角座 $\beta$ 、 $\gamma$ 等星	1 30 ~2 10	+33 ~+51				271	
I	阿拉伯诗人 Haly 和 巴比伦的天文学家 Albumazar 观测到 天蝎座尾部出现的 新星，亮如半月， 四个月后消失		827	天蝎座 $\alpha$ 、 $\mu$ 、 $\zeta$ $\theta$ $\iota$ 、 $\kappa$ 、 $\nu$ 星间	16 50 ~17 40	-43 ~-33			[24] 17		超新星

续表

号数	原文	资料来源	时间	星座	$\alpha$	$\delta$	$l$	$b$	$L$	山	何	附注
45*	唐开成二年三月甲申客星出于东井下,四月丙午东井下客星没	新唐书、文献通考	837.4.29至5.21	双子座 $\mu, \epsilon, \lambda$ 等星附近	$4^h 40^m$	+10	156	-21				291 超新星 射电源
46*	唐开成二年三月戊子客星别出端门内近屏星,五月癸酉端门内客星没	新唐书、文献通考	837.5.3至6.17	室女座 $\epsilon, \nu, \pi, \theta$ 星附近	12	+5	245	+65				291
47	日本贞观十九年(元庆元年)正月二十五日戌时,客星在壁,见西方	大日本史、明月记(日)日本天文史料	877.2.11	仙女座 $\alpha$ 星和飞马座星之间								307
48*	唐中和元年有异星出于舆鬼	新唐书	881	巨蟹座 $\gamma, \delta, \theta, \nu$ 星								
49	日本宽平三年三月二十九日乙卯亥时,客星在东咸星东方相去一寸许	明月记、日本纪略、日本天文史料	891.5.11	蛇夫座 $\phi, \chi, \psi, \omega$ 之东	16 40	-20	327	+15				313
50	唐天复二年正月客星如桃,在紫宫、华盖星下。丁卯...客星不动,己巳客星在杠守之,明年犹不去	新唐书、文献通考	902~903	鹿豹座 $\gamma$ 星仙后座 48, 49, 50 等诸星间	1 30	+65	95	+3				320 超新星 射电源
51	梁乾化元年五月客星犯帝座	五代史、文献通考、续唐书	911.5.31~6.28	武仙座 $\alpha$ 星附近	17 20	+15	5	+24	(30)			324 可能是 A. D. 29 年新星的再发
III*	945 年仙后座新星	Leoviticus	945	仙后座					(31)	21		
52*	高丽景宗五年夏,有星犯帝座	增补文献备考	980.5~8	武仙座 $\alpha$ 星附近	17 20	+15	5	+24				可能是 A. D. 29 年新星的再发
(53)	宋景德三年三月乙巳客星出东南方 宋景德三年四月戊寅周伯星出氏南骑官西一度,状如半月,有芒角,煌煌然可鉴物。坊岸楼东,八月随天轮入浊,十一月复见在氏,自是常以十一月晨见东南方,八月西南入浊。 宋景德三年司天监言,先四月二日夜初更见大星,色黄,出库楼东,骑官西,渐渐光明,测在氏三度 日本宽弘三年四月二日癸酉夜以降,骑官中有大客星,如荧惑,光明动摇,连夜正见南方。或云骑阵将军星变本体增光欬	宋史、文献通考 宋史、文献通考 宋会要辑稿 明月记	1006.4.3 1006.5.6起 1006.5.1	豺狼座 $k$ 星附近	15	-50°	292°	+6°	(33)	22	356	日本天文史料中收集资料很多
54	宋大中祥符四年正月丁丑客星见南斗魁前	宋史、文献通考	1011.2.8	人马座 $\phi, \theta, \epsilon, \zeta$ 星附近	19	-30	335	-18	(35)	23	358	

续表

号数	原文	资料来源	时间	星座	$\alpha$	$\delta$	$l$	$b$	$L$	山	何	附注
55*	高丽显宗十年十一月辛亥彗见宗正、宗人、市楼间	高丽史(朝)	1020. 1. 26	蛇夫座	17 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup>	-5	350	+9			363	可能是再发新星的爆发
56*	高丽显宗二十二年九月庚申大星入輿鬼	高丽史, 增补文献备考	1031. 10. 4	巨蟹座 $\alpha, \gamma, \delta$ 星间	8 40	+20	174	+35				可能是再发新星
57	日本天喜二年四月中旬以后, 丑时客星出箕参度, 见东方, 守天关星, 大如岁星 宋至和元年五月己丑客星出天关东南可数寸, 岁余稍没 宋嘉祐元年三月辛未, 司天监言自至和元年五月客星出东南方守天关, 至是没 嘉祐元年三月司天监言客星没, 客去之兆也。初至和元年五月晨出东方, 守天关, 昼见如太白, 芒角四出, 色赤白, 凡见二十三日	明月记, 一代要记 宋史·天文志 宋史, 仁宗本纪 宋会要辑稿	1054. 5. 20~5. 29起 1054. 7. 4 1056. 4. 6没	金牛座 $\gamma$ 星附近	53 0	+20	154	-5	(36)	25	375	超新星 射电源: 金牛A, 奥尔特认为, 日本的记录中是五月的误, 他的看法是正确的
58	辽咸雍元年八月丙申, 客星犯天庙 高丽文宗十九年六月乙卯, 客星大如灯	辽史道宗本纪 高丽史	1065. 9. 11 1065. 8. 1	巨蛇、唧筒、罗盘座间	9 20	-25	223	+19			379	
59*	高丽文宗二十七年八月丁丑客星见于东壁南	高丽史	1073. 10. 9	飞马座 $\gamma$ 星南	0 10	+10	78	-52			383	何丙郁认为是新星
60*	高丽睿宗八年七月辛巳有星孛于营室	高丽史	1113. 8. 15	飞马座 $\alpha, \beta$ 星附近	23						394	
61*	高丽仁宗元年七月己巳有星孛于北斗	高丽史	1123. 8. 11	大熊座	11~14	50~60					395	
62	宋高宗绍兴八年五月客星守娄	宋史, 文献通考	1138. 6. 9~7. 8	白羊座 $\alpha, \beta, \gamma$ 星					(38)	27	402	
63	宋绍兴九年二月壬申客星守亢	宋史, 文献通考	1139. 3. 23	室女座 $\alpha, \gamma, \delta, \epsilon$ 星					(39)	28	404	
64	宋淳熙二年七月辛丑有星孛于西方, 当紫微垣外七公之上, 小如荧惑, 森然蓬勃, 至丙午始消	宋史, 宋史新编文献通考	1175. 8. 10至8. 15	牧夫座、武仙座和天龙座之间	16	+60	58	+44		29	413	
65	宋淳熙八年六月己巳, 客星出奎宿, 犯传舍星, 至明年正月癸酉, 凡一百八十五日始灭 金大定二十一年六月甲戌客星见于华盖, 凡百五十有六日灭 日本治承五年六月二十五日庚午戌时客星见北方, 近王良星, 守传舍星	宋史, 文献通考 金史, 续文献通考 明月记, 大日本史	1181. 8. 6至1182. 2. 6	仙后座	1 30	+65°	95°	+3°		29	415	超新星 又, 日本《玉叶》、《百炼抄》等书也有记载

续表

号数	原文	资料来源	时间	星座	$\alpha$	$\delta$	$l$	$b$	$l$	山	何	附注
65	日本治承五年六月二十五日庚午戌刻客星见良方,大如镇星,色青赤,有芒角。是宽弘三年(1006)出现之后无例云云	吾妻镜(日)										
66	宋嘉泰三年六月乙卯客星出东南尾宿间,色青白,大如镇星,甲子守尾	宋史、文献通考	1203. 7. 28~8. 6	天蝎座 $\epsilon, \mu, \nu, \theta, \delta, \kappa, \lambda$ 星附近	17 <sup>h</sup>	-40	314	-1	(40)	30		419 超新星
67*	高丽高宗七年十二月有星孛于北斗	高丽史	1221. 1	大熊座	11~14	50~60						424
68	宋嘉定十七年六月乙丑客星守犯尾宿	宋史	1224. 7. 11	天蝎座 $\epsilon, \mu, \nu, \theta, \delta, \kappa, \lambda$ 星						31		427
69	宋绍定三年十一月丁酉有星孛于天市垣屠肆星之下,明年二月壬午乃消	宋史、宋史新编	1230. 12. 15至1231. 3. 20	武仙座 109 星之南	18 20	+20	16	+13	(41)			428
70	宋嘉熙四年七月庚寅,客星出尾宿	宋史、续文献通考	1240. 8. 17	天蝎座 $\epsilon, \mu, \nu, \theta, \delta, \kappa, \lambda$ 星						32		433
IV*	1245在摩羯座观测到新星,大如金星,色赤如火,二个月后消失	Stadensis	1245	摩羯座						33		
V*	1264年仙后座新星(近仙王座)	Leonticus	1264	仙后座						(42)	34	
71*	明洪武八年冬十月有星孛于南斗	广东通志	1375. 11. 5~12. 3	人马座 $\mu, \lambda, \phi, \sigma, \tau, \zeta$ 星								
72	明洪武二十一年二月丙寅,有星出东壁,色赤黄	明史、国榷、明通鉴	1388. 3. 29	飞马座 $\gamma$ 仙女座 $\alpha$ 星之间						(43)		482
73*	明永乐十三年八月有星孛于南斗	明会要	1415. 9. 3~10. 2	人马座 $\mu, \lambda, \phi, \sigma, \tau, \zeta$ 星附近								494
74	明宣德五年八月甲申夜,客星见南河东尺余,色青黄。庚寅有星见南河旁,如弹丸大,色青黑。凡二十六日灭	明实录、国榷、明史、续文献通考	1430. 9. 3	小犬座 $\alpha, \beta, \gamma$ 星附近	7 30	+5	181	+13	(44)	53		500
76*	李世宗十九年二月乙丑客星见尾第二、三星间,近第三星,隔半尺许,凡十四日	李朝实录	1437. 3. 11	天蝎座 $\mu, \lambda$ 星间	16 55	-40	314	0				508
78*	明景泰三年三月甲午朔有星孛于毕	明史、明会要、续文献通考	1452. 3. 21	金牛座 $\alpha, \epsilon, \delta, \gamma, \lambda$ 等星								515
77*	越南黎圣宗光顺元年春二月,有星孛于箕	大越史记全书(越南)	1460. 2. 22~3. 22	巨爵座、长蛇座								

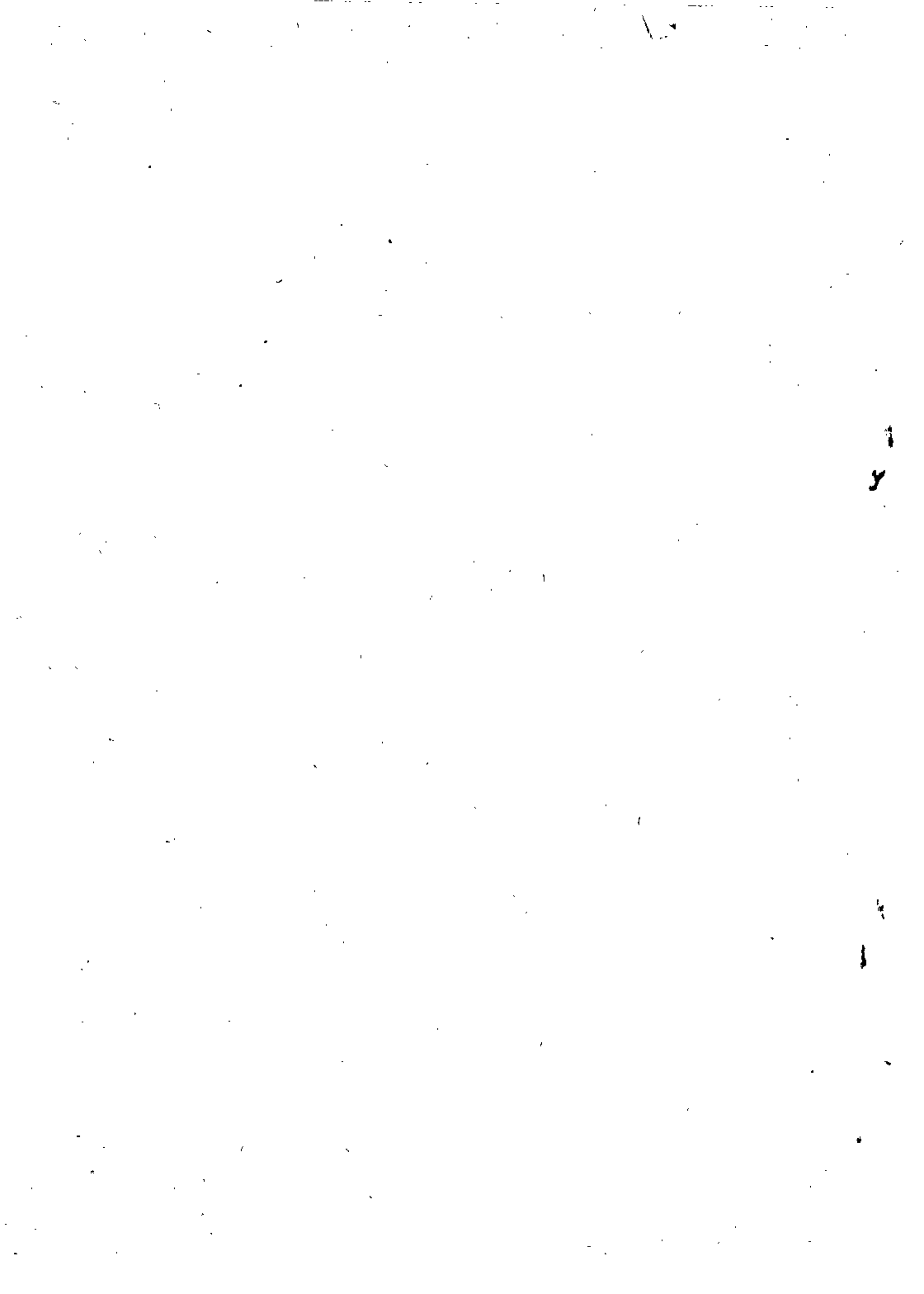
续表

号数	原文	资料来源	时间	星座	$\alpha$	$\delta$	$l$	$b$	$Z$	山	何	附注	
78*	明嘉靖二年六月有星于天市	明史	1523. 7. 13 ~ 8. 10	武仙、蛇夫、巨鹰、天箭、诸座	15 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> ~ 19 <sup>h</sup>	-15° ~ +30°						543	
(79)	明隆庆六年十月初三日丙辰, 客星见东北方, 如弹丸。出阁道旁, 壁宿度, 渐微芒, 有光。历十九日壬申夜其星赤黄色, 大如盏, 光芒四射。十二月甲戌, 礼部题奏……十月以来客星当日而见, 光曠异常。按是星万历年二年光始渐微, 至二年四月乃没。李宣祖五年十月客星现于策星之侧, 大于策星旁有客星, 万历年新出, 先大今小	明实录 李朝实录·宣祖修正 明史天文志星表部分	1572. 11. 8 至 1574. 4. 21 ~ 5. 19	仙后座10星附近	0 10	+65	90°	-2°				565	新谷星 通史宗 明神宗 本纪, 增 补文, 西 经星同 考中均 简略有 略记
80	明万历十二年六月丁未至己酉有星出房	国榘、明史、续文献通考	1584. 7. 9至11	天蝎座 $\beta_2$ 星						(48)37		572	
81*	(李宣祖二十五年十月丙午至二十七年正月甲申客星在天仓星东第三星内三寸许)	据李朝实录	1592. 11. 23至 1594. 2. 24	鲸鱼座 $\theta$ 星南	1 20	-10	120	-70		39		577	
82*	(李宣祖二十五年十月癸丑客星见于王良东第一、二星间, 至二十六年二月辛亥不见)	据李朝实录	1592. 11. 30至 1593. 3. 28	仙后座 $\beta_5$ 星间	0 20	+52	86	0		38		577	超新星, 射电源
83*	(李宣祖二十五年十一月丁巳客星见于王良西第一星之内, 至二十六年二月丁亥后不见)	据李朝实录	1592. 12. 4 至 1593. 3. 4	仙后座 $\beta$ 星附近	0 20	+58	88	-4				577	
VI*	1600年Janson发现天鹅P, 发现后二年Kepler看见为三等星, 1621年不见, 1655年Casini又看见为三等星		1600~1621, 1655又见	天鹅座P星	20 14	+38	44	0					
84*	李宣祖三十三年十一月己酉客星见于尾, 大于心火星, 色黄赤, 动摇	增补文献备考	1600. 12. 14	天蝎座 $\epsilon_1$ 星, $\epsilon_2$ 星								581	
(85)	明万历三十二年九月乙丑, 尾分有星如弹丸, 色赤黄, 见西南方, 至十月而隐, 十二月辛酉, 转出东南方, 仍尾分, 明年二月渐暗, 八月丁卯始灭	明史、续文献通考	1604. 10. 10至 1605. 10. 7							(49)		克普勒新尾星 李朝实录 逐日有观测记录	

续表

号数	原文	资料来源	时间	星座	$\alpha$	$\delta$	$l$	$b$	$Z$	山	何	附注
(85)	李宣祖三十七年九月戊辰客星在尾,其形大于太白,色黄赤,动摇,至于十月庚戌,体渐小,三十八年乙巳正月丙子,客星见于天江上,大于心火星,色黄赤,动摇,至三月己丑日,其形微	增补文献通考	1604.10.13至1605.5.2	蛇夫座 44, $\theta, \beta$ 等星之北	$17^h 30^m$	-21	334	+5				
86*	李仁祖二十三年二月大星入舆鬼	增补文献通考	1645.2.26~3.27	巨蟹座 $\theta, \eta, \gamma, \delta$ 星间	8 40	+20	174	+35				
87*	李显宗二年辛丑(闰)十月戊辰,客星见于女宿,大如镇星,十一月丁亥乃灭	增补文献通考	1661.12.13至1662.1.1	宝瓶座 $\beta, \gamma, \delta$ 星附近								
88*	李显宗五年甲辰九月,客星见于天江上,大如岁星,色黄赤,反见于东,至翌年五月乃灭	增补文献通考	1664.10.19~11.17至1665.5.13~7.12	蛇夫座 44, $\theta, \beta, \gamma$ 等星之北	17 30	-21° 334°		+5°				
VII*	狐狸座 11 号星 = Ck Vul, 1669 Anthelm 年发现时为三等星,其后渐暗一度不见,1671年 4~5月又为三等星,1672年六等		1669.12.20	狐狸座	19 44	+27	31	0				
89	清康熙十五年正月戊子,异星见于天苑东北,色白	清史稿	1676.2.18	波江座 $\gamma, \pi, \theta, \epsilon, \zeta$ 等星东北	4	-10	169	-40				
90	清康熙二十九年八月乙酉异星见箕,色黄,凡二夜 清康熙二十九年八月二十七日乙酉戌时,观见南方箕宿第三星东,出异星一个,黄色无芒尾,用仪测得在丑尾经纬度三度十八分,纬南三十四度二十分,于二十八日看得是客星仍在箕宿第三星东,黄色,无芒尾,用仪测得未曾行动	清史稿 据中央档案馆所藏清钦天监题本	1690.9.29	人马座 $\epsilon$ 星之东	18 30	-34	327	-14				

(本表采自《科学通报》1965年五月号)



## 后 记

本书的写作可以上溯到1959年。当时有自然科学史研究所的前身中国自然科学史研究室按照科技发展的十二年远景规划的要求，曾经组织撰写了一本《中国天文学史》。由于在1966年以后的很长一段时期内，中国自然科学史研究室被迫停止了一切业务，那部稿子未能出版。稿子本身也被遗忘在某个角落里去了。1975年，在中国科学院的领导和支持下，成立了本书的写作班子。几个月之后，很幸运地从自然科学史研究所的故纸堆里发现了失踪的旧稿。自然科学史研究所很慷慨地把这部稿子提供给本书作者任意利用。作者们对此表示深切的感谢。鉴于该稿有许多内容已经陈旧，因而重写一本仍是有必要的。于是我们重新调整了工作计划，决定为适应广大读者的需要，同时写两本书，即一部通俗的《中国天文学简史》和一部研究性的《中国天文学史》（以后又增加了一本《天文学史话》）。前者采取通史式的写法，后者则以专题为主。两者既有分工，又有补充。经过三年的努力，本书于1978年底完稿。又经科学出版社的大力支持，帮助修润，使它得以付印。我们对科学出版社有关同志付出的辛勤劳动深表谢意。

本稿的写作者按姓氏笔划为序是：王宝娟、王胜利、王健民、卢央、刘金沂、李鉴澄、陈久金、陈美东、张培瑜、席泽宗、薄树人。全书由薄树人负责主编。在本书写作过程中还有徐振韬、刘铁军、李强等参加过工作。

王振铎、严敦杰两位前辈对本稿给予了多方面的指导和巨大的帮助。严敦杰还无私地让我们利用了他在日、月食方面的多年研究成果。郑文光、邓文宽为本稿提供过许多重要的意见，并直接为本书作了许多工作。

本书曾得到中国科学院二局、北京天文台、自然科学史研究所、紫金山天文台、南京大学天文系、北京天文馆、陕西天文台、上海天文台、历史研究所、考古研究所、北京大学地球物理系天文专业、北京师范大学天文系、中国历史博物馆、湖北省博物馆、陕西省博物馆、河南省博物馆、安徽省阜阳地区博物馆等许多单位和有关同志的大力支持，得到全国许多关心中国天文学史工作的前辈和同志的指导帮助，在此一并致以深切的谢意。

已故戴文赛教授给予本书极大的关怀，对书稿提供了许多宝贵的指导。对此，我们将永志不忘。

参加自然科学史研究所组织撰写的《中国天文学史》旧稿的同志按姓氏笔划为序有：王应伟、叶企孙、庄天山、刘世楷、严敦杰、李鉴澄、席泽宗、钱宝琮、薄树人。旧稿为本书开辟了道路。对旧稿作者所化的艰巨劳动我们谨表深切的敬意。已故的四位前辈为中国天文学史研究事业作出过重要的贡献。他们的名字将永远铭刻在我们心里。

本书虽迭经许多同志的指点，但由于近年来中国天文学史的研究发展甚快，并且由于我们自己的水平有限，致使本书有许多缺点错误。谨请读者给以批评指正。

中国天文学史整理研究小组



[ G e n e r a l I n f o r m a t i o n ]

书名 = 中国天文学史

作者 =

页数 = 2 6 5

S S 号 = 0

出版日期 =

封面  
书名  
版权  
目录  
正文