

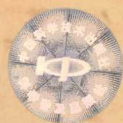
“十一五”国家重点图书出版规划项目·科技史文库



中国天文学史大系

中国古代天体测量学及天文仪器

吴守贤 全和钧 主编



中国科学技术出版社

1360244

“十一五”国家重点图书出版规划项目·科技史文库
国家科学技术学术著作出版基金资助出版

中国天文学史天系

中国古代天体测量学及 天文仪器

吴守贤 全和钧 主编



淮阴师范学院图书馆 1360244

中国科学技术出版社

·北京·

138054

图书在版编目(CIP)数据

中国古代天体测量学及天文仪器/吴守贤,全和钧主编. —北京:中国科学技术出版社,2008.12

(中国天文学史大系)

ISBN 978-7-5046-4840-2

I. 中… II. ①吴…②全… III. ①天体测量学-中国-古代②古天文仪器-中国
IV. P12 P111.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 182662 号

自 2006 年 4 月起本社图书封面均贴有防伪标志,未贴防伪标志的为盗版图书。

中国科学技术出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码:100081

电话:010-62103210 传真:010-62183872

<http://www.kjpbooks.com.cn>

科学普及出版社发行部发行

北京长宁印刷有限公司印刷

*

开本:787 毫米×960 毫米 1/16 印张:34.75 字数:623 千字

2008 年 12 月第 1 版 2008 年 12 月第 1 次印刷

印数:1—2000 册 定价:88.00 元

ISBN 978-7-5046-4840-2/P·110

(凡购买本社的图书,如有缺页、倒页、
脱页者,本社发行部负责调换)

《中国天文学史大系》编委会

顾 问 钱临照

总 主 编 王绶琯 叶叔华

主 任 薄树人

编 委 (以汉语拼音为序)

陈久金 陈美东 陈晓中 崔振华

杜昇云 卢 央 吕建华 苗永宽

全和钧 王 宜 吴守贤 席泽宗

肖耐园 许 英 徐振韬 张培瑜

庄威风

本书主编 吴守贤 全和钧

副 主 编 郭盛炽 徐世忠 刘次沅

编 辑 组 吕建华 许 英 余 君 郑洪炜

崔 玲 赵 晖 李惠兴 陈 君

策划编辑 吕建华 许 英

责任编辑 余 君

封面设计 赵 鑫

责任校对 凌红霞

责任印制 王 沛



总序

中国古代天文学建树非凡，遗泽久长，是我们民族的骄傲。我一直怀着崇敬的心情向往着这份文化珍宝。只是数十年漫漫学海中有许多错过的机缘，以致今天仍还像是一个鹤立在圣殿门前的朝圣者，终未能进入门庭。尽管如此，我仍然感受到很大的喜悦、有幸在新中国成立初期百废待兴之际，见证了在竺可桢先生的倡导下，中国古代天文研究跨出了前所未有的聚集人才、系统“攻关”的一步。从那时起，经两代人的努力，资料齐集，成绩斐然。如今又促成了这一由中国科学院自然科学史研究所牵头，组织全国各单位的天文学史研究者齐力完成的学术壮举——一部上起夏商，下逮近代，罗列我国古天文学万象的六百万言鸿篇巨制！

纯粹用现代科学的眼光审视古代天文学，首先，它是一门旨在认识天文世界——发现天文现象、探究天文规律的自然科学。这和今日的学科定位并无不同。其次，它是一门“观测的科学”，今日也仍然如此。如果把天文观测工具的“古”的界限设在天文望远镜应用之前，那么古代天文学眼界中所有的天体不超过7000个，这使得天文实测研究的对象限于几个太阳系天体的表象及其运行轨迹，星空的监测以及几千个恒星的定位和陈列。这些，中国和其他古代文明的情况基本上一致，可以认为是历史的必然。

与之相应的天文理性认知的探求，这样规模的“天”，相对于地上的万物和人间的万众，虽然仍然是伟大、永恒，但也显得比较简单、稳定，导致了我国古代“天覆地载，人居于中”、天地人“三才”协调的宇宙观。这在一方面形成了宇宙结构、天体演化、天人感应的种种学说，成为我国古代哲学思想的一个组成部分；另一方面，把天文实测结果的解释引向到“天文”与“地理”的相关性、“天道”与“人事”的相关性的探求。前者把“天”联到了“地”，导致了在“时政”、“编历”这些“国之大事”上的应用；后者把“天”联到了“人”，应用到了当时同样属于“国之大事”的“星占”。这

些“应用天文学”备受尊崇，历代政权为之设立专职，在设备投资、人员培训上享有优遇，结果在历史长卷中成为我国古代天文学发展的主线索：保持了天象监测的长期持续性、主导了一代代天文仪器、实测方法的研究和发展以及一代代历算方法（和有关数学）的研究和发展。由此形成的堪称完整的体系，加上求实、求精的敬业传统，为我们留下了大量宝贵的历史资料和学术资料（其中也包括了与之相互影响的历代官方与非官方的天文著述，也包括了频繁出现的天文文物）。这种由长期皇权统治产生的古代版的“任务带动学科”的发展模式，历史功过暂且不去评论，但这份“资料宝库”对于今日中国天文学史工作者来说则是巨大的学术资源，当然同时也是巨大的责任，要很好地发掘和整理。

继 20 世纪 70 年代后期天文史料的一次大规模整理，中国天文学史工作者“自 1979 年起开始思索：是否有可能编著一部与中国天文学的悠久历史和广阔的内涵相适应的中国天文学史著作？商议的结果便是《中国天文学史大系》构想的诞生”（薄树人先生语）。

天文学是我国古代最发达的自然科学之一，在华夏科学、文化史中是一个具有连贯性的组成部分。在《中国天文学史大系》（以下简称《大系》）的全套书结构中，《中国古代历法》、《中国古代天体测量学及天文仪器》、《中国古代星占学》、《中国古代天象记录的研究与应用》、《中国古代天文学思想》、《中国古代天文机构与天文教育》、《中国古代天文学家》各立一卷，以概全面。完成这样的一部《大系》，可谓是从一个重要的侧面来认识华夏文化的源与流。

近世 100 多年，华夏文化受西方文化的冲撞，激湍跌宕，对传统文化的理解和传承出现前所未有的震动，至今波澜未已。其间在天文学上体现为结束古代传统、“转轨”西化、进入近现代的航道。《大系》中所设的《中国古代天文学的转轨与近代天文学》一卷，阐述了这一时期的历史。

全套书中用《中国少数民族天文学史》一卷介绍了对同属华夏文化的发掘和整理，是一项开辟性的探索。另一卷《中国古代天文学词典》篇幅达 47 万字，对天文典籍阅读者是十分有用的工具，也是好伴侣。《大系》共 10 卷，每卷 40 万到 80 万字。格局齐整，足以副“大系”之称。这是当年我国一代中青年天文学史工作者“聚水成渠”的宏愿。回溯“五





四”运动大潮中，我国现代天文学的先驱者们在率先“西化”的同时就着力启动了我古代天文学遗产的自力发掘和整理。60年过后我们喜见《大系》的构思（1979），然后是构思落实为计划（1990）、诞生了文稿（1999），现在文稿得以付梓（2007）完成了“多年修就的善果”（陈美东先生语）。

《大系》从构思到面世历时四分之一世纪。多位学者为之贡献了属于一生中最好的年华。他们如今青丝成雪，有几位且已过早地离开了我们。编委会主任薄树人先生从一开始就为《大系》的筹、编、写呕心沥血，奋斗到了最后一息（1997）。继后陈美东先生以令人钦佩的执着挑起担子，完了大家的宏愿。而他们二位在本书跋记中所透露的甘辛，或亦足以在相应历史中着上耐人寻思的一笔！

王绶琯

2007年7月于北京





前 言

众所周知,学科的分支在早期的科学研究中并不存在,而是随着科学研究发展逐步形成的,直到现在对分支学科的严格界定也十分困难。研究古代天文学时,我们也遇到相同的问题,我们只能根据现代学科的分支概念,去提取古代天文学的适当部分纳入现代学科分支的框架,并加以追溯和描述,弄清楚它们的源流。

本书分上篇、下篇,包括五个部分。

“观象授时”是古代中国天体测量的萌芽阶段。尽管它也是历法部分的前奏,但是“观象”则不折不扣地是天体测量学。这一部分由徐世忠和吴守贤共同编撰。

“恒星方位天文”是中国古代天体测量最辉煌的篇章。从世界上第一部恒星星表起,历经唐宋以来几次大规模的恒星方位测量,到元代郭守敬的创造性工作,无不使世界上的天文学家赞叹不已。以恒星星表为基础所发展起来的精制星图,不仅仅是恒星星表枯燥的几何图像,而实际上也是当时的艺术精品。当我们把这些成果,用较大的篇幅展现在读者面前的时候,时时都看到我们伟大的民族对人类科学事业的辉煌贡献,并为我们先辈的睿智而感到骄傲。这一部分由郭盛炽编撰。

“天文学常数”的确定,在中国古代从来没有作为独立的问题提出过,但有些中国古代天文学家凭借实事求是的科学态度,为了其研究领域需要而留下了大量宝贵的实测数据,这实际上也是他们进行了某些天文常数测量的结果。只是到了现代才被一些中国和外国天文学家分析发掘出来。本书首次把天文常数作为独立的研究领域,在一些天文学史专家研究的基础上,系统地、综合地将研究成果展示在读者面前。这一部分由吴守贤编撰。

“实用天文学”在中国古代有自己独特的表达方式。球形地球的概念在中国古代宇宙结构研究中时有体现,但从来没有在实测天文学家的观念中牢固地建立起来;也因此,经纬度表示的地理坐标虽然初见萌芽,



但并未付诸实施。不过毕竟由于行政区域管理、军事征战等的需要，中国古代确实建立过相应的地理图。将其原貌展示给读者也是必要的。实用天文学中的航海天文导航，则因郑和七下西洋的伟大创举，而给后人留下了十分灿烂的篇章。这一部分由全和钧与吴守贤共同编撰。

“天文仪器”与任何仪器一样是人类感觉的延伸，亦是研究日月星辰运行规律的重要工具和手段。天文仪器的研制是天文学发展的基础，每当发明新的天文仪器，必将会取得更准确的天体测量结果。中国古代天文仪器，大致可分为四类：测角类的，如表、圆仪、浑仪、简仪、仰仪、正方案等；测时间类的，如圭表、晷仪、日晷等；守时类的，如漏壶、更香、秤漏等；演示类的，如浑象、假天等。此外还有综合类的，即集测时、守时、报时等性能于一身的，如漏水转浑仪、水运浑天、水运仪象台等。值得一提的是中国古代的天文仪器制作精美、构思巧妙、用途广泛，有的至今为各国学者所称道。这一部分由全和钧编撰。

在本书上篇末尾的附录中提供了一份特殊的“恒星位置表”，这是潘鼐先生在编著《中国恒星观测史》一书时，建议吴守贤提供中国历史上曾经出现过恒星星名的1800颗恒星的3000年来每年年首平位置表，后来由刘次沅与吴守贤编成，该星表编成后受到天文学史工作者的欢迎。这次由刘次沅选择索用最多的224颗恒星给出了4000年来每间隔200年的一次年首平位置，汇制成表，以供专门研究者应用与参考。

VI
最后，衷心感谢我国著名的天文学史专家薄树人先生，薄先生对书稿提出了宝贵的意见，并作了细致的审阅和修改。同时感谢潘鼐先生、陈美东先生和李竞先生的无私帮助。在编写中国古代“天文仪器”内容时，得到徐振韬、伊世同两位先生的大力帮助，特表感谢。

在编著过程中得到中国科学院“重点项目基金”资助，也得到陕西省科学技术委员会“自然科学基金”资助，谨申谢忱。

吴守贤^① 全和钧^②

2007年7月

① 中国科学院国家授时中心(即原陕西天文台)。

② 中国科学院上海天文台。



目 录

上 篇 中国古代天体测量学

第一章 中国古代天体测量学概述	3
第二章 中国古代天体测量的萌芽	12
第一节 考古遗存的信息	13
第二节 《尧典》四仲中星	15
第三节 《夏小正》星象	20
第四节 斗建	24
第五节 昏旦中星	29
第六节 古代星区划分与太阳系天体的方位测量	34
第三章 中国古代的天球参考坐标系	38
第一节 中国古代的宇宙学说与天球概念	38
一、原始的天地观与北天极	38
二、盖天说与半球形天空概念	39
三、浑天说与天球概念	41
第二节 四象与二十八宿	42
一、最早的星空划分——两象	42
二、四象的形成	43
三、星官	44
四、二十八宿体系的中外起源说	45
五、二十八宿研究中的一些问题	46
第三节 中国古代的角度单位	48
一、最基本的角度单位——度	48
二、角度单位的细致化	49
三、名称与长度单位相同的角度单位	52



四、两种角度单位的关系	53
五、指	54
第四节 世界上最早的赤道天文坐标系	56
一、赤道天文坐标系的出现	56
二、中国古代独有的天文坐标系	59
第五节 借助北天极的准黄道天文坐标系	60
一、中国古代的黄道概念	60
二、准黄道坐标系的特点	61
三、黄道十二宫的传入	63
四、黄赤道坐标的转换	64
第六节 不断完善的地平天文坐标系	66
一、中国古代使用的地平坐标	66
二、划分趋于细致的方位标志	69
三、地平坐标系的逐渐完善	72
第四章 中国古代的恒星观测	74
第一节 春秋时代以前	74
第二节 春秋战国时期	77
一、天文学的发展概况	77
二、《石氏星经》《甘氏星经》和《甘石星经》	78
三、对北极星和二十八宿星官的观测	80
第三节 两汉时期	81
一、西汉太初年间的恒星观测	81
二、东汉恒星观测	82
第四节 三国魏晋南北朝时期	85
一、陈卓对恒星观测工作的贡献	85
二、浑象、浑仪的制作简况	86
三、夜半中星和北极星的观测	88
第五节 隋唐时期	90
一、三垣二十八宿恒星系统的形成	90
二、开元年间大规模恒星观测工作	91
三、隋唐时期的星图和《开元占经》	93
第六节 两宋时期	94
一、天文观测仪器的制作与改进	94





二、七次恒星位置测量	97
三、宋代浑象	99
四、对北极星的观测	101
第七节 元代	103
一、郭守敬在恒星观测中的贡献	103
二、赵友钦的创新	107
第八节 明代	110
一、传统天文仪器的制造	110
二、明末的恒星观测	111
第九节 清代	116
一、三次大规模恒星观测	116
二、活跃的民间恒星观测活动	119
第五章 中国古代对恒星位置的描述	124
第一节 《史记·天官书》中的恒星位置	124
一、恒星的相对位置	124
二、恒星的亮度、颜色	125
第二节 文学著作中的星象描述	128
一、隋代以前的星象描述	128
二、《天文大象赋》和类似作品	129
第三节 《敦煌写本》与《玄象诗》	132
一、《敦煌写本》	132
二、《玄象诗》	134
第四节 《步天歌》	137
一、五官与三垣二十八宿	137
二、《步天歌》及其科学意义	139
第五节 《经天该》	144
一、《经天该》的作者	144
二、《经天该》的特点	145
第六章 中国古代星表	148
第一节 《石氏星经》——世界上最古老的星表	148
一、《石氏星经》的观测年代研究	148
二、《甘氏星经》与巫咸星官	154
第二节 唐代开元年间的恒星观测数据	157



一、恒星观测数据的概析	157
二、关于一行发现恒星自行的再讨论	160
第三节 北宋《景祐星表》	162
一、《景祐星表》的资料留存	162
二、《景祐星表》位置数据初析	164
第四节 北宋《皇祐星表》	165
一、概况	165
二、数据精度的讨论	167
第五节 《郭守敬星表》	168
一、《郭守敬星表》之考证	168
二、古代恒星观测最高水平的反映	169
第六节 两部源自阿拉伯的星表	172
一、《明译天文书》中的星表	172
二、《七政推步》星表	174
第七节 《崇禎历书》星表	175
一、《恒星历表》概况	176
二、吸收西方天文知识的成果	177
第八节 《灵台仪象志》星表	180
一、内容简介	180
二、评述	181
第九节 《仪象考成》《仪象考成续编》中的星表	183
一、《仪象考成》星表	183
二、《仪象考成》星表数据分析	184
三、《仪象考成续编》星表	186
第十节 清代测时星表	189
一、《中星谱》	189
二、徐朝俊的中星表	191
三、张作楠的测时星表	193
第七章 中国古代星图	196
第一节 历史最悠久的星图——盖图	196
一、《周髀算经》中的盖图	197
二、隋唐时期的盖图	198
三、源远流长的盖图	200





第二节 古老的认星星图	201
一、《星经》星图	201
二、《步天歌》星图	202
第三节 敦煌星图	203
一、天文横图的出现	203
二、《敦煌星图甲本》	204
三、《敦煌星图乙本》	208
四、关于绘制年代的讨论	208
第四节 北宋《新仪象法要》星图	210
一、概况	210
二、星图画法的讨论	211
三、星图反映的信息研究	217
第五节 苏州南宋石刻天文图碑	220
一、最早的石刻星图	220
二、苏州石刻天文图碑的内容	223
三、苏州石刻天文图碑研究	226
四、两种较晚的石刻星图	228
第六节 北京隆福寺正觉殿藻井星图	231
一、元《天文汇抄》星图和明《过洋牵星图》	231
二、明隆福寺星图的布局	232
三、星图年代的讨论	233
第七节 莆田涵江天后宫星图	234
一、天后宫星图及其科学意义	234
二、明《三才图会》星图	237
第八节 《崇祯历书》星图	238
一、“崇祯星图”种种	238
二、见界总星图	239
三、赤道南北两总星图	242
四、两种黄道星图	244
五、清代星图一瞥	247
第九节 墓葬星图	249
一、最早的墓葬星图	249
二、墓葬壁画星图	250



109	三、北魏元义星象图	251
109	四、唐、五代墓葬星图	253
109	五、宣化辽墓彩绘星图	254
	第八章 中国古代地理位置的确定	256
109	第一节 中国古代对地理位置认识的发展	256
109	第二节 一行与南宫说在测量地理纬度上的贡献	260
109	第三节 郭守敬的四海测验	261
109	第四节 清代的天文大地测量	264
109	第五节 测天体、定船位、导航向	268
	第九章 中国古代对天文常数的确定	273
111	第一节 岁差常数的确定和应用	273
111	一、岁差的本质和现象	273
111	二、虞喜发现岁差	275
111	三、冬至点的测定方法	277
111	四、历代对岁差的研究	280
111	第二节 地球公转周期与月球公转周期	284
111	一、回归年与朔望月	284
111	二、交点年与交点月	291
111	三、恒星年与恒星月	294
111	第三节 黄赤交角	297
111	一、世界最早的黄赤交角测定	297
111	二、浑仪测定的黄赤交角	299
111	三、圭表测影	300
111	第四节 子午线弧长与地球半径	305
	附录 224 颗恒星的古今星名与位置	310

6



下 篇 中国古代天文仪器

	第十章 中国古代天文仪器概述	351
113	第一节 天文仪器的概念和功用	351
113	第二节 仪器的萌芽和起源(先秦)	352



第三节	传统仪器的奠基(两汉)	353
第四节	仪器的发展时期(魏晋至隋唐)	354
第五节	传统仪器发展的鼎盛时期(宋、元至明初)	356
第六节	传统仪器发展的停滞和古典西方仪器的传入(明中叶至清前期)	357
第七节	西方近代天文仪器的传入(晚清至1949年)	359
第八节	天文仪器与政治	360
第九节	天文仪器与宇宙论	361
第十一章	圭表与日晷	364
第一节	圭表的起源及应用	364
一、	《周礼》和《考工记》的记载	364
二、	圭表的应用	365
三、	圭表与《周髀算经》	367
第二节	圭表的改进	368
一、	表高的变化	368
二、	圭表安装的改进	369
三、	圭表结构及附件	370
第三节	圭表与盖天说宇宙论	372
一、	历法中节气的确定	373
二、	地中与千里一寸	373
第四节	郭守敬的四丈高表与景符	375
第五节	日晷	377
第六节	宋代日晷	379
第七节	早期日晷发展的问题	380
第八节	元代日晷	381
一、	西域仪象中的两件仪器	381
二、	郭守敬的仰仪	382
第九节	明末及清代的晷仪	384
一、	晷仪	384
二、	星晷和月晷	385
三、	墙面东西日晷	386
第十二章	漏刻	387
第一节	时间及其测量	387
第二节	日和时的单位	388



一、日的单位	388
二、时间及其单位	388
第三节 计时仪器的要求	389
一、计时仪器与时间标准	389
二、计时仪器与天文学的关系	390
第四节 漏刻概况	391
一、漏刻发展沿革	391
二、漏刻的其他形式	392
第五节 漏刻刻箭的使用	393
一、刻箭的分划	394
二、刻箭浮沉次数	396
第六节 一级漏刻	396
一、概说	396
二、西汉漏刻	397
第七节 多级漏刻	402
第八节 漫流分水漏刻的发明	403
第九节 沈括的漏刻	405
一、沈括漏刻构造的讨论	407
二、日长能否测定的讨论	409
第十节 元、明、清漏刻	411
第十一节 称水漏刻	413
第十二节 影响漏刻计时精度因素的认识	416
一、温度	416
二、水质的要求	419
第十三节 百刻与十二时辰制	419
一、十二时辰制的由来	419
二、十二时辰制与百刻制的配合	421
第十四节 古代的时间管理工作	422
第十三章 浑仪	425
第一节 天体测量学发展对仪器的要求	425
第二节 浑仪的前身和雏形	426
一、璇玑玉衡的讨论	427
二、从璇玑玉衡到浑仪	428

