

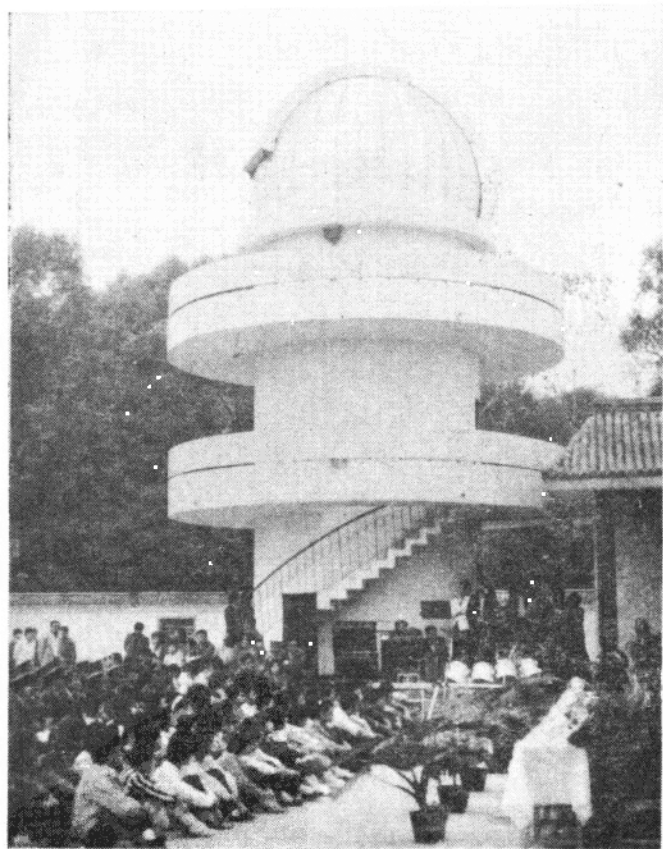
天文历法观测论丛

王绶琯题



王守敏纪念册





邢台市郭守敬纪念馆新建的天文观测台。

SWTH/1607/04



一九九〇年九月二十六日，在郭守敬纪念馆  
举行天文观测台落成典礼。



市政府副市长马玉芝在天文观测台落成典礼  
上讲话。



邢台市天文历法观测学术讨论会，一九九〇年九月二十七日，在郭守敬纪念馆举行。



北京古观象台副研究员许惠兰在学术讨论会上宣读论文。



邢台地区气象局工程师查一棠在学术讨论会上宣读论文。



邢台师范专科学校助教王义山在学术讨论会上宣读论文。

## 序 言

令人景仰的元代科学家郭守敬的故里邢台，继郭守敬纪念馆落成之后，附属的天文观测台于最近落成。现代风格、洁白挺拔圆顶与古色古香，典雅华丽的建筑相映生辉，融为一体，令人悦目赏心。

天文观测台落成之日，举行“天文历法观测”学术讨论会，共庆此典，蔚为盛事。郭守敬纪念馆决定编印《天文历法观测论丛》一书，发表各位学者的论文，此举，远见卓识，雅量高致，不仅我甚钦佩，可以期望，也将为国内学者同仁们之共同赞赏！

我国当前所编办的天文学和天文学史各种书刊，数十年来，学者们发表很多优秀论文，不同风格，流光溢彩。有的论文不仅为国内所称道，也为国外学者所推崇和引用。现在《论丛》的编印，必将与我国天文学术书刊，共同驱驰于繁荣学术，培育人才之大道；为弘扬天文历法、指导观测、诱掖青少年成长作出贡献！

时序已进入廿世纪九十年代，要求我们要更加努力学习，奋发图强，建设“四化”祖国。我们的党和国家，重视科学，尊重知识，尊重人才。躬逢这伟大时代，我们如沐春风。值此良机，《论丛》的编印，所谓：“承平论文，盛世修典”。意即：继承太平盛世年月，学术文化繁荣，名编巨著典籍也相继问世。我们之感到高兴也在于此！

邢台，古属燕赵。燕赵自古多慷慨悲歌之士；人杰地灵，钟英毓秀。历史上，名侠英豪，嘉言懿行，风云际会，为世尊崇。然而，燕赵大地更多天文历法旷世俊逸之才。祖冲之，郭守敬，邢云路等，创造开拓，精彩夺目，名震寰宇，流芳史册，各领风骚。而郭公守敬，理论精辟，观测尤勤，气度恢宏，波浪壮阔。追念先贤业绩，使后学者为之肃然起敬。如今，现代化的天文观测台屹立于邢台，开拓比过去可观测广阔宇宙空间更大的领域。《论丛》的编印，异军突起于燕赵大地；事业相继，风气相承，必将取得卓越成绩，发潜德之幽光，扬先贤业绩！这将为邢台增光，也为我国天文界争誉。

“九层之台，起于垒土；千里之行，始于足下”！谨祝《论丛》繁荣昌盛！

陈晓中

于北京天文馆

一九九〇年十月二十九日

# 目 录

- 元初我国天文学发展初探·····王义山(1)
- 天体形成假说
- 旋涡生成说·····连爱魁(22)
- 试谈四季的形成·····周淑美(28)
- 天文观测与二十四节气·····查一棠(37)
- 对邢州学派测天改历之初探·····徐韶光(48)
- 中国历史上的纪年·····蒋晓宁(61)
- 历法与宗教·····许慧兰(71)
- 太阳黑子与行星的观测·····赵逢乱(76)
- 九月星空的观测·····郭英豪(97)
- 从圭表、仰仪、正方案看郭守敬测量的
- 精度·····雷焕芹(104)
- 郭守敬与计时器·····刘秋果 马瑞红(114)
- 中国古代的天文观测·····铁 玘(119)
- 特殊天象组合期与地震发震关系的检验
- 及应用·····张元东 李加林(126)
- 地球自转变化对邢台地震活动影响初探·····袁小滔(137)
- 开展天文观测 普及天文知识·····徐光前(145)
- 郭守敬纪念馆天文望远镜的构造及性能·····范一新(148)
- 郭守敬纪念馆天文观测台
- 浅议建筑设计构思·····王淑静(152)



# 元初我国天文学发展初探

王义山

天文学在各门自然科学中发展得最早。在古代，天文学一直是所谓的“带头科学”。在我国大约自有文字以来，就开始有天文现象的记录。奴隶社会，天文学就确定了它的雏形，形成了具有科学形态的天文学。后来各个时期的天文学家对天文学都有较突出的贡献。到元朝初期，忽必烈时代，我国古代天文学发展达到了高峰，在世界上居领先地位。出现了一大批第一流的天文，历算学家，如王恂、郭守敬、许衡、张易、杨桓、冯天章等，进行了世界上最大规模的天文测量——“四海测验”，编制了古代最优秀的历法——《授时历》。

## 一、元初天文学发展的条件

从十世纪起，中国北部的少数民族契丹、党项及稍后的女真族建立了几个较稳定的少数民族政权：辽、西夏和金、吸收汉族文化，丰富和发展了中国民族的共同文化，包括天文学，辽和金都建有专管天文观测和历法编算的司天监，有经常的天文观测工作，有自行编算的历法，如金赴知微重修《大明历》。后来，辽和金进军中原后，民间讲学风气颇

盛，如当过元世祖忽必烈重要谋士的刘秉忠，出山之前曾讲过数学、天文学，大天文学家王恂、郭守敬等都是他的学生。十三世纪后，蒙古族在北方兴起，金灭辽后，元又灭了金，但蒙古族是游牧部落经济，文化远较金、宋落后，忽必烈就采纳了汉族政治家刘秉忠等人的重农政策等许多意见，使得元初社会稳定，生产发展，经济繁荣，天文学发展达到高潮。

这个高潮的产生，不但有较好的政治经济条件，而且在技术力量条件上也是很好的。元初的科学技术水平很高，成为当时世界的科学技术活动中心。有相当发达的手工业生产，元王朝对各种有技术的工匠是很重视的，集中各地的优秀工艺家，其中，还有外国人，如尼波罗（今尼泊尔）人阿尼哥等艺匠八十人，他们对元初的天文仪器制作有巨大的贡献。如在郭守敬创制新仪表时，阿尼哥大力协助，还有金、宋两个司天监的人员集中到大都，形成一支强大的科技队伍，完成了元初大规模的天文观测和历法编算工作。

## 二、元初制造的天文仪器

随着国家的统一，新王朝必须颁行统一的历法，而旧历误差已较显著，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。所创造的天文仪器中包括测定方向、时间和节气的表，测定天体球面坐标的

仪和表演天体在天球上的视运动等现象的象，以及计时仪器等。另外还作《仰规覆矩图》、《异方浑盖图》、《日出入永短图》等天文图，辅助仪器的使用，使操作者得以用来与实测相印证、参考。

表有定方向用的正方案；定节气用的高表景符和窥几；定时刻用的仰仪。郭守敬的正方案第一次使用了多组观测的方法，提高了观测结果的精确度，完全符合近代误差理论的精神。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，证明：石圭遗址的取向同他们测定的结果符合得很好。七百年前的郭守敬能取得这样的成绩，不能不令人佩服。在定节气的圭表中，前人一般用的都是八尺之表，到元初，郭守敬大大地突破了圭表的传统高度，创造了高表，并发明了景符作为高表的辅助仪器，大大地提高了观测的精度，根据模拟实验，用景符来测定影长，可准确到2mm以内，这样精确程度是空前的。另外，从来圭表只能量太阳影子，行星和月亮光线较弱，用圭表本是无法观测的，但是郭守敬想出了办法，制作了窥几。解决了观测时表影边缘不清和不能直接观星月的缺陷。

仪和象都是浑天家使用的仪器。在元初，郭守敬制造的仪中有简仪和仰仪，象有灵台水浑、玲珑仪等，还有苏州王漆匠的可折叠浑天仪，收藏和携带都很方便。灵台水浑表演的天象达到了十分复杂的地步。

简仪的结构是针对它以前的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结构十分简单的仪器，即赤道经纬仪和地平经纬仪（也叫立运仪），并安置了正方案和候极仪，来提高简仪安装的准确度。简仪还提高了刻度划分的精细程度，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，可简仪能量到十分之一度，估量到二十分之一度。简仪是世界上最早的赤道仪，它的创制证明了元初我国仪器制造技术已达到相当先进的水平，如简仪的赤道装置的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，而后者在欧洲却是从十八世纪开始的。简仪还安装了四个圆柱体，以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，比西方早二百年。另外，过去的浑仪不能测量天体的地平坐标，简仪的地平经纬仪即地平仪，是第一架能同时测量地平经度（即方位）和地平高度的天文仪器，近代工程、地形测量用的经纬仪，航空导航用的天文罗盘、它们的结构与立运仪实属同一类型，而西方，直到1598年才有丹麦的天文学家第谷制造出能和简仪相匹敌的赤道仪，但已晚了三百多年了。简仪真正是对浑仪环圈的解放和突破，是天文学史上一项伟大的发明创造。除简仪外，仰仪的制造也是很科学的，可以简捷地随时读出地方真太阳时以及太阳离赤道的度数。这实际上与近代的时角坐标系统相类似，比之圭表测影后再加推算，仰仪的直观景象更为简便。另外，仰仪还可借以观测日食，利用投影在器内的太阳倒象，反映亏缺现象，像的大小比一分钱的镍币稍微小些，观测釜面，即可以测定初亏、食甚、复圆等食相的时刻和方位，也能定出食甚时的食分，这样可避免较繁复的观测手续，而得出基本的数据。

除上述仪器外，元初制造的天文仪器还有：证理仪、日月食仪、星晷、定时仪以及悬正仪、座正仪等，所有这些仪器在元初都是一种高度的成就，不少地方达到了当时的世界先进水平，其最大特点是空前精密，仪器上的刻度，不但单位分划较细，超过前代，而且它刻划得也很准确，“皆臻于精妙”。

### 一 三、元初建造的天文台

从很古的时候起，天文观测就在一定的场所进行，这样的专门观测场所，在古代就是高出于周围房屋建筑的高台，即天文台。

元朝时，郭守敬设计制造的许多新仪器，大都安装在至元十六年（公元1279年）春建成的元大都（即今北京）的天文台上。这座天文台又是元王朝的天文机构——太史院的办公建筑，也是当时世界最大的天文台。它的主体是一座台屋结合的综合性建筑，中央是司天台，即灵台，高七丈，共分三层，下层是办公用房，中层是放置图书、仪器设备等，研究用房，上层放简仪和仰仪，是观测所，每层之内，又分许多用房。楼上的布局依据八挂方位，按业务性质，分为八个大间，布局在灵台周围。前面三大间中，中部面南间的离室，供列日月五星神位，东南间的巽室放置水运浑天漏壶，西南间的坤室安置缀满星辰的浑天象及绘有全天星宿的盖天图。台左右面向东西的震室和总室，陈列不同纬度的地区依据浑天、盖天学说表明天球上常现与恒隐的界限图。后部三大间

内，中间向北的坎室，布置着有关太岁神的物件，左侧东北角艮室，贮存各种历法推算的资料，左侧西北角乾室，收藏历代天文测验的图籍。在主体建筑的东面有一小观天台放置测候的玲珑仪。灵台西面立四十尺高表，表北即一百二十八尺的石圭。灵台南方东西两角设印历工作局。这个天文台屋宇、人员众多，设备新颖，计算、制历等方面在中世纪的历史上都堪称首屈一指，颇可以和近代的天文台相比。

元初，为了配合编历，在全国各地建立了二十七个测景点，进行了一次世界最大规模的天文测量，并在河南登封县阳城建造了一座永久性的观象台，到明代称为“观星台”。它除了测日影功能以外，当年的观星台上可能还有观测星象的设施，元初进行“四海测验”时，在此地观测北极星的记录，已载入《元史·天文志》中。明朝还记载，台上有滴漏壶，所以，观星台是一座具有测影、观星和记时等多种功能的天文台，它不仅是我国现存最早的天文台，而且是世界上最古老的天文台遗址之一。

在大都和阳城天文台建造之前，元世祖至元八年（1271年），曾在当时的上都（在今内蒙古多伦县东南境内）建造了回回司天台，通称“北司天台”，以西域人札马鲁丁为“提点”即负责人，其规模亦不小，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学家使用的特制的阿拉伯天文仪器外，还收藏有阿拉伯文的天文书籍242部，可算是一处阿拉伯天文学的研究中心。至元十七年（1280年），又设立行政机构回回司天监，它和回回司天台每年都编印万年历，供我国信奉伊斯兰教的兄弟民族使用。

#### 四、元初的天文观测

我国天文学发展的特点之一是勤于观测。元初的天体测量成果极其丰富，资料积累颇多，在天文学的发展史上有着很重要的贡献，其最重要的成就是在恒星观测、对太阳和月亮视运动的观测，以及对日月食的观测和记录等方面。如果说，元初的恒星位置的周密测量，具代表性地展示了测量工作的深度，那么，大规模的“四海测验”则典型地反映了测量工作的广度。

元初的恒星观测主要在恒星位置观测方面，进行了大量而细致的工作。首先，测量了二十八宿距度。二十八宿的星辰格局，大约形成于周初，天上恒星或其他天体的位置，除了用它的极距，即去极度来表示外，还使用它与二十八宿距星的经度差，即入宿度来确定，因此，二十八宿的“宿度”即一宿的距星与它东侧一宿距星在天赤道上的相差度数，是一项非常重要的基本数据，必须测准确。是日、月及五星等各种天体位置测量的依据，它的数值精密与否关系历法的准确性。早期二十八宿宿度的测量资料的单位是度(古度)。到北宋，度以下附有少、半、太等单位，但仍嫌粗疏。元初，郭守敬凭观测二十八宿及众多亮星的丰富经验，测量结果的表达方式是在度之下采用百分制，以五分即二十分之一度为最小单位，精确度比以前大为提高。二十八宿距度观测值与现代经精密测定后归算到郭守敬时代的数值相比较，平均误差仅为 $4.22'$ ，还不到所取的最小单位值——5分，较之宋

代最精确的姚舜辅的观测又减少了一半多。所以，就当时的时代条件来说，这一次测量是非常精确和远超前人的。

其次，郭守敬等测量了二十八宿中杂坐诸星入宿、去极度，并且还对前人未命名的一千多颗无名星也进行了一系列的观测和命名，使测得的恒星从原来的1464颗增加到2500多颗，均编有星表。郭守敬的“测验书”中有《新测二十八宿杂坐诸星去极》一卷，和《新测无名诸星》一卷。自从三国时吴国太史令陈卓综合甘公、石申夫和巫咸三家星官以来，各代天文学家们对283个星座的1464颗星之外的无名星都不加重视，因此，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，而西欧在十四世纪文艺复兴前测量的恒星仅有1022颗。另外，郭守敬的星表上，在星座图形的星圈旁标注入宿去极度分，熔星图星表于一炉，是恒星图表表达方式的一种创新。它极其完备，是中世纪世界上最为先进和最为详细的星表。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很有价值的古星表均已失传，只见到郭的《新测二十八宿杂坐诸星入宿去极》集的不完全钞本。

元代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，还编有石刻星图。他的测量赤经差的方法是：用一套特别的漏壶，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14650格。在一个平太阳日中，天球绕地球转了 $366^{\circ}.25$ 度，因此，天转一度，箭移四十格。另在一个木架上顺南北方放两根平行的木条，中间间隙仅三、四分宽，间隙正中对准了当地的子午线，然后一个人在架下观候，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。由两次刻面数之差，就可算出二星的赤经差。这个办法除了366 $\frac{1}{4}$ .25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线观测完全一致的。赵友钦利用两个恒星上中天的恒星时刻差来求赤经差，是一个新的创造。

在对太阳视运动的观测方面，主要是冬至时刻和回归年长度的测定，冬至点位置和岁差的测定，以及对黄赤交角的重新测定等。在1279年，由郭守敬主持，在全国二十七个景点进行日影测量以及北极出地高度和二分二至、昼夜时刻的测量，即著名的“四海测验”，北起北纬65度的北海，南到北纬15度的南海，东起东经128度，西至东经102度，南北长5500公里，东西长2900公里，是世界上最大规模的天文测量。将这次测验数据与现代所测数据相比，误差甚小。这次测量中，各景点的北极出地高度平均误差仅0.35度，如大都的北极出地高度与今测值仅差3.'2"。

至元十三年（1276年）立冬之后，郭守敬开始在北京用四丈木表每日观测日影，到至元十七年，历时计三年有余，约二百次晷影记录。根据这次观测结果，算出四个年份的冬至时刻和夏至时刻及当年的气应、闰应、转应、交应等各项天文数据，“至日气正”，都末“一岁气节，从而正矣”，故又推算出了二十四气与其他日期中，大都的日出日没时刻及昼夜时间的长短。另外，再结合历史资料加以推算，取公元462年——1278年共816年的所有回归年数之和除以总年数，得出回归年的平均长度为365.2425日。这个值的精确程度与理论值仅差26秒，同现今世界上通用的格雷果里历的值是一致的，但后者在1582年才颁行，晚了三百年。郭还根据