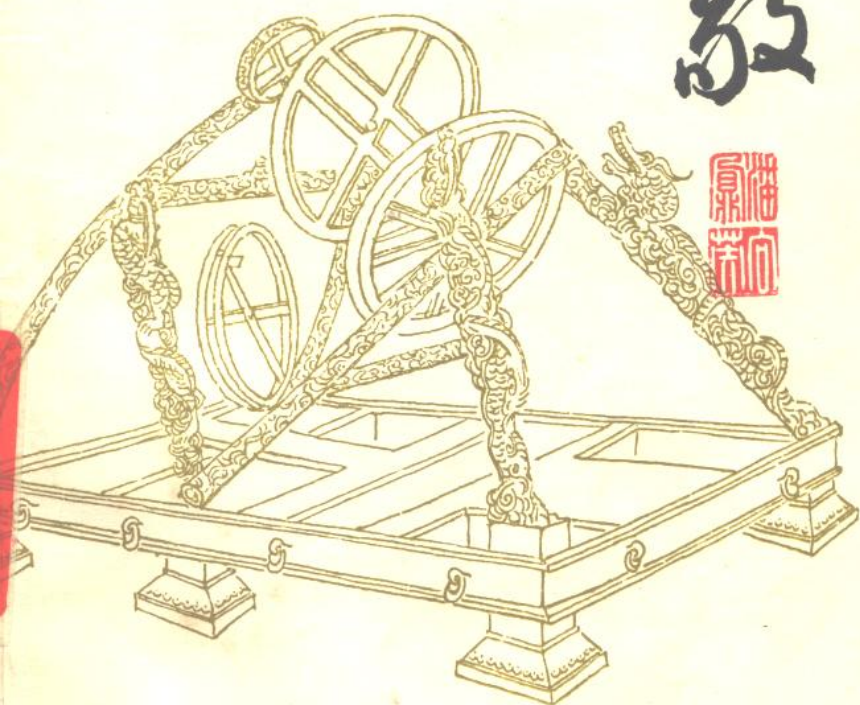


郭守敬



K826.1/8

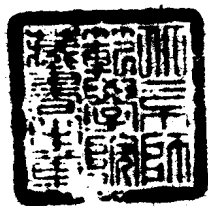
郭 守 敬

潘 鼎 向 英 著

首都师范大学图书馆



20757657



上海人民出版社

757657

责任编辑 刘伯涵
顾孟武
封面装帧 甘晓培
封面题字 周慧珏

郭 守 敬

潘 鼎 向 英 著

上海人民出版社出版

(上海绍兴路54号)

新华书店上海发行所发行 上海商务印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 7.125 插页 1 字数 138,000

1980年4月第1版 1980年4月第1次印刷

印数 1—5,000

书号 11074·424 定价 0.58 元

无欲天監郭守敬



郭 守 敬 像

(取自清樊国樑《燕京开教略》)

序 言

郭守敬是我国元代一位杰出的科学技术专家。他具有多种学识和才能，在地形测量、机械构造、仪器制作、农田水利建设、河道工程修建，以及算学与天文历法等方面，都取得了辉煌成就，或达到了高度水平。元初，当兵荒马乱之后，城乡残破之际，他的工作对当时农业的复苏和经济的发展，影响是相当显著的，对数学和天文学的进步，更起了积极的作用。在我国科学技术史上，他的贡献是巨大的，在世界天文学史上也占有一定的地位。

本书介绍郭守敬一生所从事的工作和他在生平事业中所取得的成果。郭守敬的特点是躬自进行必要的科学实践活动，既注重第一手资料，又善于不断汲取前人有益的经验，并有所革新、创造和发展。这种科学精神是值得我们学习的。虽则经郭守敬检校订定的极其丰富的天文著作，大部分已经散佚；他制造的仪器和机械，实物几乎荡然无存；然而，他严谨细致的规划与精密周详的测算所反映的工作态度，以及他设计的仪器与机械结构的灵巧新颖和多样化所表现的创造精神，都是值得师法的。他的后继者齐履谦称他的成就为“可谓度越千古”。他的前辈许衡赞扬他

为“似此人世岂易得”。总之，我国古代的先进人物，以他们的勤劳和智慧创建了中国古代灿烂的文化，是应该受到纪念的。今天，在向四个现代化进军的新的历史时期中，我们应该加倍努力，继往开来，把祖国的科学技术发扬光大，有所发明、创造和前进，为早日建成强大的社会主义现代化新中国而奋斗！

国内外介绍和研究郭守敬的书刊相当多，差不多涉及他工作的各个领域，可是又往往或只侧重其某一个方面，或者笼统地仅作一般性叙述。这次，我们尽量采集现有的史料，就力所能及，试图对郭守敬生平业绩作一个较为全面和详细的评介。以往论述中所用的数据资料，或因袭取用，间有舛误讹脱之处。这次我们基本上都重新做了校核计算，求其翔实。我国古代科技成就，常远远超过当时的西方，然不予对比，就不知其优越。近代天文学的计算方法与观测手段，虽日臻精密，但若把我国古代测算成果与之对照，便更能显示当时我国科学技术的高度水平。因而，我们在这两方面都作了一定的推算和比照，以为证明。有几个问题，我们曾作了些考证；古代地名亦尽可能注以现今名称。书中引语，除说明出处者外，均取自书末主要参考书目前四种的有关篇章，不再另作脚注。由于水平有限，差错自是难免，尚望读者随时指正。

本书承严敦杰、于杰及刘宝琳诸同志提供宝贵意见或资料，谨此致谢。

一九七八年仲春著者序于歇浦之滨

目 录

序 言	1
第一章 蒙古汗国的兴起及郭守敬早期对河工与 农田水利的规划	1
(一) 蒙古汗国的崛起与郭守敬的童年	1
(二) 华北地区的暂时稳定及青年郭守敬对家乡河道的 治理	7
(三) 忽必烈的政权建设及郭守敬的担任水利工作	9
(四) 西夏河渠的疏导、黄河中游的地形测量及 标高概念的创立	15
第二章 元初的改历及新天文仪器的大量创制	25
(一) 全国的统一与制订新历的实施	25
(二) 简仪的各种特点——最早的赤道仪	30
(三) 四十尺高的圭表与它的模式——河南登封观星台	39
(四) 浑天象、玲珑仪和景符的形制与作用	49
(五) 创制大量新天文仪器的高度成就	60
第三章 太史院司天台的建立与大规模天体测量的 实践	67
(一) 日影的测量与冬至时刻的推算	67
(二) 回归年长度和黄赤交角值的重新确定	73

(三) 历史上空前的四海测验	79
(四) 太史院的设置和司天台的建造	87
(五) 二十八宿距度与周天恒星坐标的观测	91
第四章 新天文数据的测定与推算及授时历的编制	102
(一) 授时历的编制经过	102
(二) 沿用已久的积年和日法的废除	111
(三) 历法上七项天文数据的考正	116
(四) 日月运动五项新算法的创用	127
(五) 授时历的优越性及其沿用情况	164
第五章 著名的通惠河的开浚及郭守敬的暮年	176
(一) 新历完成后一些机械的制造	176
(二) 大都附近的水道及历来的漕运	180
(三) 通惠河水源的开引和河道的浚挖	191
(四) 暮年的几项工作	193
(五) 郭守敬生平的回顾及其在天文学史上的地位	207
主要参考书目	219

第一章 蒙古汗国的兴起及郭守敬 早期对河工与农田水利的 规划

（一）蒙古汗国的崛起与郭守敬的童年

七百多年前一个晴朗的夜晚，人们都已进入了睡乡。夜深了，明亮的北斗七星渐渐西斜，一所院子里那个不太高的土台上还闪耀着一盏灯光，一个少年正在土台上全神贯注地忙着。借着灯光，能看出他在一座用层叠交叉的竹圈扎成的球形架子旁边工作着，边上还摊放着一份图。这球形的竹架子是一座照着古代图形仿制的精巧的“浑天仪”，自然是这少年自己做的。他望望天，又转动仪器中间叫做“窥管”的小竹筒观测着。然后他又俯身在灯笼旁写着、画着……。就这样他孜孜不倦地在点点繁星中观测着著名的二十八宿和那些亮星。这个少年，就是我国杰出的古代科学家郭守敬。那时他还年轻，只有十五、六岁。他刚得到一份《书经》中记述过其用途的“璇玑图”，一下就被古代用仪器观测日月星辰的景象吸引住了。他仔细地读了，还不够满足他求知的愿望。于是他就动手用竹篾片按照一定的尺寸，扎制了这座竹浑天仪，又自己堆土夯积，依传统习

惯修了一个土台来安放仪器，直接观测星星的位置，摸索它们的运行规律。

郭守敬，号若思，蒙古大汗窝阔台三年（1231年，即南宋理宗赵昀绍定四年）出生在那州的邢台县，也就是现在的河北省邢台县。十三世纪初叶，我国北部主要为金朝所统治，南方则处在南宋王朝统治之下。金朝统治地区北部，过着游牧生活、处于氏族部落后期的蒙古族正日益强大，不断地向外扩展。1206年，成吉思汗统一蒙古各部建立蒙古汗国以后，兴兵南下攻打金朝。金朝贞祐二年（1214年）时，成吉思汗率兵进逼金京中都（今北京市西南部）北郊。金宣宗完颜珣自中都迁都到开封。下一年，成吉思汗十年（1215年），便占领了中都，改称燕京。五年后的1220年，蒙古兵攻入邢台。成吉思汗死后，第三子窝阔台于1229年继位做了大汗。窝阔台六年（金哀宗完颜守绪天兴三年）的时候，蒙古大汗与南宋合兵，攻下蔡州（今河南汝南），灭了金朝，统治了整个北方。

此后，窝阔台的继承者和南宋对峙了数十年。成吉思汗的孙子蒙哥于1251年当上大汗时，将大沙漠以南领土上的军国大事，都嘱托交付给了忽必烈。^①忽必烈开府于滦河上游之地，于是我国北部便处于忽必烈统治之下。忽必烈在1260年蒙哥死后抢位自立为大汗，依中原制度称皇帝，并且开始采用年号纪年，称为中统。中统五年（1264年）又改年号为至元元年，并在至元八年（1271年）正式建国

① 蒙哥是成吉思汗第四子拖雷的长子，忽必烈是蒙哥的弟弟，拖雷的第四子。

号，称为“大元”。不久，元兵继续南进，灭南宋，并在至元十六年(1279年)完全略定了南方。从此南北又统一，建立了一个统一的多民族国家。郭守敬就是在元朝统治下出生和成长的。

郭守敬的父亲大概在早年去世，具体情况和经历现已不清楚。郭守敬是从小跟着祖父长大的。他的老祖父郭荣，号瓮水，学识丰富，不但通晓五经，还精于数学、天文、水利等多种学术，经常和当地一些士大夫在一起谈论讲究学问。在中小地主阶级的家庭中，在祖父的教育影响下，郭守敬小时候就很喜欢学习自然科学各种知识。郭守敬的习尚是所谓志于学而笃于行，他在童年时不爱和年岁相若的孩子们嬉戏，而常常热衷于观察周围自然界发生的各种现象；对书本里讲到的一些事物，他总想搞清楚其中的奥妙。在老祖父亲自管教下，他继承祖业，每天用心念书，有时候也弄些容易到手的材料，做些自己有兴味的玩意。

郭荣有个老朋友，名叫刘侃，字仲晦，后来改名为刘秉忠。此人知识面很广，精研古代的《易经》和宋代邵雍的《皇极经世》^①，深通天文、算数、地理、音律、三式(术数)等各类学识。他生于邢州，由于不得志，青年时代便出家到武安(今河北武安)丛山中的天宁寺当和尚，法名子聪，自号藏春散人。后来他随一个很受蒙古人信任的海云和尚北上。海云是受封于蒙哥汗掌管天下佛教的一个有权

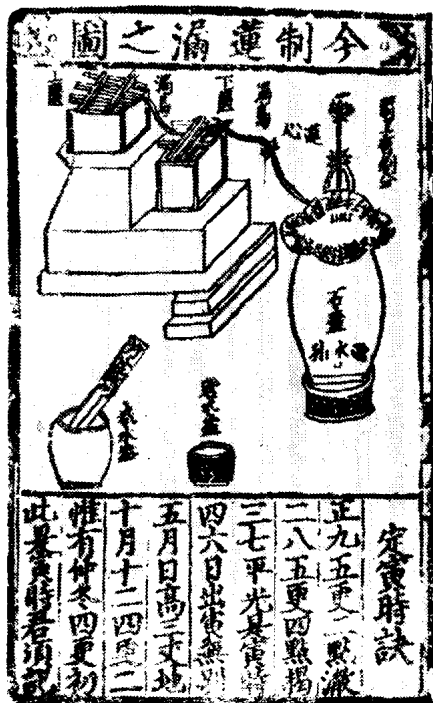
① 《皇极经世》系北宋邵雍所著，共十二卷，内容主要为借《易经》推衍治乱的象数之学，宣扬神秘主义与宿命论。

势的僧人。经海云介绍，子聪见到忽必烈。忽必烈甚为器重他，找他在藩邸当顾问，经常向他咨询国家大事。子聪原是与郭荣很谈得来的熟朋友，郭荣则对他的博学多识，十分钦佩。大约在郭守敬十多岁时，^①子聪的父亲死了，子聪回到邢州奔丧。三年服丧期间，他在邢州西南一百四十里的磁州（今河北磁县）武安县的紫金山，与老朋友张文谦、张易一起读书，还带了个原籍唐县（今河北唐县）的少年王恂在一起研习。郭荣趁机叫郭守敬到紫金山去随子聪等一同学习。金末元初，北方民间讲学之风相当盛行。虽然处在战乱年代，各地却常有一些志同道合之士，絃歌不绝，聚在一起攻讨探求各种学问。所以元初出仕的那些士大夫中，颇有一些杰出人才。特别是王恂，他字敬甫，中山唐县（今河北唐县）人；他比郭守敬小四、五岁，博学多识，是我国历史上出类拔萃的天文数学家。在紫金山研习的这几个人，后来相继进入元廷。有的在政务方面做出贡献，也有的在科学上有所发明创造。这三年中，郭守敬在天文、算学、历法等等各个方面的学问，都有很大长进。尤其是算学，那是研究天文历法的重要工具和基础，郭守敬和同学们在共同学习和钻研中，在继承和发展前人成果方面，造诣更深。这对他以后的事业是有着重大影响的。

郭守敬十五、六岁的时候，曾获得一幅拓印的“莲花漏图”。莲花漏是一种构造并不简单的古代计时仪器。它

① 郭守敬在紫金山从学的时间，史籍上缺乏明确的记载。有关材料矛盾很多，但根据他们几个人的事迹来排比推算，最可能的情况是郭守敬当时还不到二十岁。

是北宋中期燕肃在前代漏壶的基础上加以改进而发明创造的。这是一种利用滴水来计量时间的仪器，是我国古代比较精确的一种漏壶。这种计时仪器由一套水箱（上下匱）、水壶、吸水管（渴乌）、带刻度的箭，以及其他一些部件组成。壶中水位的高低，水质的洁净与否，都影响到水从壶嘴流出的速度。采取一套箱壶，使主要的那只大壶里的水保持常满，让水均匀地漏到箭壶里，流速保持稳定，可使插在壶中的箭逐步均匀上升。看箭杆上的刻度读数，便可知道是什么时刻了。由于水壶的若干部分以及箭都制成了莲花、莲蓬和莲叶的形状，因此叫做莲花漏。又因燕肃是在宋仁宗赵祯天圣九年（1031年）创制的，又叫天圣莲花漏。四季中气温有变动，水的温度也就不同，这使水的粘滞性有所变化。粘滞性的变化又会影响水的流速和



图一 宋元时代的莲花漏图

（取自宋陈元靓编《事林广记》，元至顺年间建安椿庄书院刻本）

流量，这就关系到漏壶计时的准确性。再则，地球绕太阳公转时，地轴是倾斜的，犹如陀螺旋转时它的轴会倾侧，其理相同。地球在轨道上的运行又是冬天略快，夏天略慢（对北半球而言）。因此一年中每天日子的长短不一样。冬夏两季稍长，春秋两季略短，最长的和最短的日子可以差到50秒钟。现在每天用24个小时来计时，是取个平均数，叫做平太阳日。由于这许多因素，主要是昼夜时刻长短不同的因素，莲花漏壶中使用上漆的桐木箭，全套共有四十八支。白天和黑夜分别依其时间长度各用一支，又随二十四个节气变化而更换使用。古代的计时，把一天分成一百刻。莲花漏四尺长的箭上，一刻又分成六十分，每分合现代约14.4秒。所以它就具有较高的准确性。燕肃为了推广他对漏壶的这种改进，曾在许多地方将莲花漏的图样刻在石碑上，好让大家容易见到。宋金时代，莲花漏流传得相当广泛，很多地方城墙的谯楼上都放置一套莲花漏，给当地居民做为计时的依据。许多著名的学者都为它作过铭记。象夏竦曾作《颍州莲花漏铭》，苏轼作过《徐州莲花漏铭》，韩琦亦作过《扬州莲花漏铭》等。郭守敬得的就是从石碑上拓印下来的“莲花漏图”。

动乱的战争年代，到处遭破坏，莲花漏变得很稀罕、极少见到的了。单凭一张图，成年人也不容易搞清它的原理和构造。少年郭守敬得到这幅图后，认真加以琢磨。他很快就弄懂了莲花漏的道理，并且能讲得清清楚楚。聪明在于勤奋。并不是郭守敬的天赋特别高，而是由于他具有善于思考，不畏困难，而且刻苦钻研的顽强精神。他用竹篾

仿照古图扎制浑天仪，并且运用它来进行实际观测，也正是在这一段少年时期。这不过是流传下来的两个被人称道的例子罢了。郭守敬就是这样，在家学渊源和有良师益友切磋琢磨的环境里，从小专心致志于学习，并亲自动手从事于实践，来寻找和检验事物的所以然，深入探索它们的根本道理和内在规律。

（二）华北地区的暂时稳定及青年

郭守敬对家乡河道的治理

元朝统治的北方农业地区，掳掠破坏极为严重。由于遭到长期的战争破坏，大片农田废弃，不少被圈作牧场。民族压迫深重，生产急遽下降。这就很不利于元朝贵族对一个比较先进的封建国家的统治。忽必烈在辖领北方之初，曾网罗了一批汉族地主阶级中的上层知识分子，担任重要职务或当他的参谋。其中比较著名的，就有上面讲到的和尚子聪，以及他所推荐的张文谦（忽必烈任用他为王府书记），还有许衡、姚枢、窦默等人。这些人从地主阶级的根本立场和长远利益出发，根据历来封建统治阶级治理天下的一些基本政策，为忽必烈制订了若干政治经济措施。他们抚辑流亡，抑挫豪强，劝农立法，兴办学校，以求从根本上巩固蒙汉地主阶级的封建统治，藉以加强对劳动人民的封建剥削。

当时，邢台是邢州的州治所在。在金代，邢州本来人口蕃盛，经济殷实，计有八万多户，但是，经过战争的破

坏，随后，又受到蒙古贵族的压迫诛求，加上当地土豪的狼狽为奸，农业极度衰退。据受封分拨邢州民户的两个答剌罕^①报告，指出在窝阔台八年(1236年)初封时，邢州已只有一万四千零八十七户，而到贵由汗年间(1246—1248年)，更只剩下“五、七百户”了。在这样的情况下，张文谦向忽必烈建议：派良吏去治理地居南北要冲的邢州，以为其他地方示范。忽必烈同意了，设立邢州安抚司，由脱兀脱、张耕任安抚使，刘肃任商榷使。张、刘等到任后，采取了一些安抚措施，如兴办冶铁作坊，招集流散的百姓，进行恢复生产的工作等，使农民重新附着在土地上。

农业生产与水利关系密切，张、刘二人也就从事一些水道的整治工作。当时，邢州城北有三条河流。南面一条最大的名潦水，靠城流经两三里后，东向流入蔡水。金元战争的混乱年代，河渠水道无人管理，河水破堤而出，四散弥漫，城北低洼处一片沼泽，连冬天也不见干涸。北面有两道小河，近潦水的叫达活泉，稍外一条名野狐泉。在漫流的泥沙堆积下，它们又一起淤塞了。出邢州城北门，原有三座石桥跨越三条河流，是城北通衢大路。中间达活泉上那座古老的小石桥，战乱后淤泥壅阻，倾没在大片沉积的泥沙中。三十年过去，连踪影也看不到了。人们行经那里时，不得不提起衣裳涉水而过。后来有些好心人在达活泉与野狐泉渡口处安上了几根木梁作桥，暂时应付一下，常架常坏，问题根本没有解决。这时，张耕和刘肃便邀请

① 答剌罕系蒙古语，原意为勇敢。元代，应募而集的兵称答剌罕军。

年青的郭守敬去到城北现场，相度地形地貌，考查径流的来踪去迹，并向当地父老们调查请教。才二十一岁的郭守敬^①，在查勘之后，按照水位、流量和灌溉需要等条件，进行了治理设计的工作。他划定了河道位置，订立了路线上的平水桩，确定了堤岸的尺寸，核算了需耗的工时。规划就绪，疏浚工程开始，把三条河水导向下游。在郭守敬指出应该设桥的地方，挖出了原来的小石桥，圯桥的桥石还非常完整哩！从此，滦水依然沿旧河道由南桥下流去，不再泛滥。修整的新石桥与北桥分别引二泉东去，汇合于柳公泉。北去燕京的大路上，过往行人再也不用艰难地跋涉于泥淖之中了。农田得到灌溉之便，大大促进了当地生产的恢复。郭守敬规划的这一项河道工程，只征调四百多人干了四十天，就顺利地完工了。办了这件事，解决了三十年来的老问题，对人民生活有很多好处。于是，事迹在邢台周围传播开去，郭守敬得到了大家的赞扬。著名的文学家元好问，为此写了一篇文章，叫做《邢州新石桥记》。他的目的虽然是给张、刘二人歌功颂德，同时却也替雏凤声清的郭守敬，记下了他在水利工程上初露头角便显峥嵘的业绩。

（三）忽必烈的政权建设及郭守敬的担任水利工作

在忽必烈那里“留赞大计”当顾问的和尚子聪，颇得

① 齐履谦《知太史院事郭公行状》记郭守敬当时“甫冠”，但从张耕和刘肃在这一段时期的经历来排比，邢州治水那年，郭守敬应为二十一岁。