

彩图本

主编 / 潘鼎

中国古天文仪器史

山西教育出版社





COLOUR PRINTING
THE HISTORY OF ANCIENT
ASTRONOMICAL INSTRUMENTS
OF CHINA



图书在版编目 (CIP) 数据

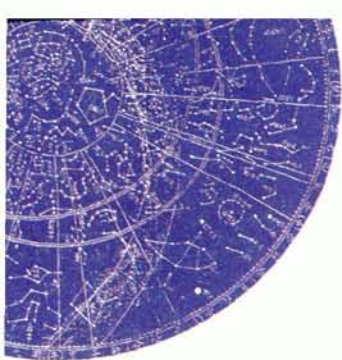
彩图本中国古天文仪器史 / 潘鼎主编, 一太原, 山西教育出版社, 2005.8

ISBN 7-5440-2911-5

I. 彩… II. 潘… III. 古天文仪器 - 历史 - 中国 IV. TH75-092

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 032846 号

出版发行	山西教育出版社 (太原市水西门街馒头巷 7 号)
彩色制版	山西新华印业有限公司制版中心
印刷装订	山西新华印业有限公司新华印刷分公司
经 销	各地新华书店
版 次	2005 年 8 月第 1 版
印 次	2005 年 8 月山西第 1 次印刷
开 本	889 × 1194 毫米 1/16
印 张	20
字 数	711 千字
印 数	1-10 000 册
书 号	ISBN 7-5440-2911-5/G · 2616
定 价	128.00 元



主 编：潘 鼎

本书撰译者（按姓氏笔画排序）：

邓可卉 王立兴 华同旭 刘宝建

许 洁 [日]成家彻郎 陈美东

何妙福 [比]何思伯(N.Harlsberghe)

李 迪 李鉴澄 张家泰 陆燕贞

金良年 钟守华 郭盛炽 郭福祥

雷群明 潘 鼎

序

2000年三联书店翻译出版了一本书：《太阳、基因组与互联网：科学革命的工具》(The Sun,the Genome and the Internet:Tools of Scientific Revolution)。原书作者戴森(Freeman J.Dyson)是美国国家科学院院士、英国皇家学会会员、量子电动力学的创始人之一，对天文学也有贡献。在这本书中，他提出了两种性质不同的科学革命：一种系由观念所驱动，如库恩(Thomas S.Kuhn)所研究的“哥白尼——伽利略——牛顿”革命；另一种则是由工具所驱动，库恩及其后继者们几乎都没有给予充分的注意。

戴森认为，科学来源于两种古老传统的结合：一是古希腊的哲学思索，一是比它更早的、而在中世纪的欧洲繁荣起来的工艺技术的传统。由这两种不同的传统出发，就可以有两种不同的科学革命，而“大多数新近的科学革命都是工具驱动的”。例如，通过X射线衍射测定大分子结构，从而有DNA双螺旋结构图的发现，以致引起一场生命科学的革命。又如，没有仪器测定河外星系的红移和对微波背景辐射的发现，又怎么能有“大爆炸宇宙学”。戴森预言，“由工具驱动的科学革命会越来越多，下一波将发生在信息科学领域”。

中国是有着工艺技术传统的国家。孔子早就说过：“工欲善其事，必先利其器。”(《论语·卫灵公》)我们的祖先在天文学上有辉煌成就，是和他们不断地发明仪器、改进仪器分不开的。在李约瑟的《中国科学技术史》第三卷天文学部分中，关于天文仪器的叙述就占了近三分之一的篇幅，足见其重视程度。然而令人遗憾的是，全面、系统地研究中国古代天文仪器的专著，至今尚付阙如。潘鼐先生以年近八旬的高龄，在双目近于失明的情况下，主持编写此书，将他一生中搜集的一百多幅彩色图片都贡献出来，实属难能可贵。此书不仅包括观测仪器，还包括演示仪器、测时计时仪器、大地测量仪器等等。内容相当全面，各位作者都尽了很大的努力。我们希望读者能通过此书对中国古代在天文仪器方面的成就得到一个比较清楚而全面的了解。不仅如此，在戴森所说的由工具驱动的科学革命越来越多、越来越受注意的情形下，“温故而知新”，也许应该反思一下，我们这个有着制造仪器传统的民族，应该怎么办？能否抓住机遇，做出新的贡献呢？

席泽宗

2000年8月序于北京



自序



中国古代天文仪器，起源极早。《周礼》所记有关的早期史料，每为论者所引用。历代王朝偏重机祥，也都有所创制，绵延不绝。但天文仪器，门类众多，长期的战乱，又使器物几乎破坏殆尽。目前在中国天文学史的专著中，天文仪器的篇幅都相当少，语焉不详。李约瑟名著《中国科学技术史·天学卷》较为详细，且多插图，然而关于仪器的正文仅八万余字，只见其概略。因此，若能撰作一部自古迄清末较为周详的中国天文仪器专史，将会是件富有学术价值并且符合当前文教事业发展的美事。

古代的天文仪器，范围甚广泛，品种亦繁多，各个时期的发展并不平衡。本书先以概论一章，简述其历史进程。继按十一种门类，分章论述各类仪器的发展经过，再着重讨论其主要的或具有代表性的各件器物的详情，着重探讨仪器的创制、构造、应用与改进的演变过程。书的写作，主要依据国内外文献史书等资料以及传世和出土的文物，分工执笔，通过研究、撰著和校订，历时数年，得以成书。

中国制造天文仪器的历史，还有若干问题，未经涉猎或有待澄清。在这方面，本书作了一定的努力。诸如，对天文仪器所及的范围，古代的宇宙学说如盖天说、浑天说及降至中世纪早期的论天六家与论天八家，除有浑天仪表征发扬浑天说外，并无有关宇宙概念模式的仪器流传下来。但佛教传入中国后，其“世界”的概念，恰与传统的源自战国《尸子》的“宇宙”时空概念相同。至今，“世界观”一词被普遍使用。“大千世界”一说成了惯用语。名著《红楼梦》叙林黛玉去世的那一回的回目“苦绛珠魂归离恨天……”即源于佛经《内典》“三十三天，离恨天最高；四百四病，相思病最苦”一语。书中对这位姑娘并无什么褒辞。然而，回目用前三字概括了她短暂一生的心灵痛楚，后五字则显示出将她送上了理想世界的最高峰。在北京就有着一座表述大千世界的宇宙模式——须弥山仪。本书列为一节对它作了介绍。

又如传教士纪利安熔毁元明绝大部分天文仪器后，乾隆九年又铸新仪时，大臣张照奏请保留旧仪。乾隆帝下旨将浑仪、简仪、天体仪移放在古观象台紫微殿前。民国初接收钦天监时，明制天体仪已不知去向。近年，我们查阅清宫档案，方知乾隆三十六年时，曾下旨命钦天监任监正的传教士刘松龄查看慈宁宫门属明成化年间及紫微殿



前属明正统年间两座相同的天体仪。刘回报称，因岁差仪上星象已不合而又无用。乾隆帝就命化作铜材改制一对铜狮子。又命镀金五次，最后在乾隆四十一年运往热河，安设在避暑山庄的大门外。于是，依照13世纪郭守敬所作全天恒星位置测量而缀星于球面的两座15世纪天体仪，却在18世纪在劫难逃，仍被当作废铜销毁了。刘松龄主管天文业务，如此短见，乾隆帝二十七年后食言而肥，难道不令人遗憾吗？

二十多年来，图文本的书刊，不断出现，受到欢迎，效果日益显著，国外且已发展到天文学史的专著。较著名的先有《被探测的天空——天图》（1500—1800），继有《辉煌灿烂的星座——历史与神话》。再一册为《剑桥插图天文学史》。三本书中，仅第一种含有两幅中国天图，第三种包含一大幅浑仪图，其余均为西方史料。而在1993年出版的共849页巨著《传统东亚与东南亚社会的制图学》一书中，则有三分之一以上的篇幅详论了中国的制图学，主要为传统中国文化的制图历史，重点在天文图与地理图。这些带有极丰富彩色与黑白插图的天文学史专著，不但在相当大的程度上扩展了读者的视野，也增加了读者的兴趣，更提高了读者的认识水平。

中国古代在天文仪器上的成就和内容是非常丰富的。迄清代，虽然在现代天文学范畴对西方瞠乎其后，而在民间的普及却相对地颇有发展。配备大量的插图，显然有助于理解仪器的构造、性质及其作用，也有益于了解其工艺技术与演变的过程。同时，也向人们展示了中国天文仪器的艺术风采和它们的发展历史。通过同仁的努力及友好的帮助，本书搜集配备了约500余幅插图及约150多幅彩图，不少还是较罕见的珍善之本。在此谨向热心赐助的英国达拉姆大学史蒂芬孙（R.H. Stephenson）教授、比利时鲁汶大学何思柏（N. Harlsberghe）教授，还有日本关西大学桥本敬造教授、日本同志社大学宫岛一彦教授，以及中国科学院考古研究所徐苹芳研究员、中国历史博物馆王冠倬研究员等和南京博物院王金潮研究员等，致以衷心的感谢之忱。

本书约请有关同仁分别撰写然后汇集统调，参与执笔同仁的分工见书末后记。在全书告成之际，对各位的不懈努力谨致深切的谢意。

2003年癸未岁末维炎序于黄歇浦畔





第一章 概述

- 第一节 中国古天文仪器概论2
- 第二节 清代天文仪器综述15



第二章 制历测景的圭表

- 第一节 中国圭表测景的历程46
- 第二节 登封的周公测景台和元代所建观星台54

第三章 中国古代的日晷

- 第一节 中国日晷的发展历程64
- 第二节 古老的天文仪器晷仪69
- 第三节 秦汉晷仪二三议72

第四章 受西方影响的日晷

- 第一节 西方日晷的传入与汤若望的新法地平日晷76
- 第二节 清宫旧藏国外制呈的日月星晷84
- 第三节 清宫自制及贡自民间的日月星晷92
- 第四节 故宫殿前陈设的立式日月晷102
- 第五节 常州天宁寺的两具大型日晷108



第五章 历史久远的计时器——漏刻

- 第一节 中国漏刻的起源与发展116
- 第二节 传世和出土的西汉漏壶126
- 第三节 故宫交泰殿与皇极殿的铜壶滴漏131
- 第四节 故宫旧藏兽耳八卦篆铭唧筒漏壶138

第六章 中国的天文观测仪器

第一节 中国浑仪的创制及其演变	144
第二节 唐宋时期的浑仪制作及水运仪象	148
第三节 郭守敬所制天文仪器及相关问题的考察	157
第四节 明复制浑仪、简仪及浑象的今昔	163



第七章 受西方影响的天文观测仪器

第一节 南怀仁制作的六件天文仪器	172
第二节 从史料看地平经纬仪	184
第三节 玑衡抚辰仪的制作与安装	191



第八章 中国的浑象

第一节 传统的浑象与西学东渐后的天球仪之历程	198
第二节 苏颂浑象及其历史作用	208
第三节 天球仪的东传与清室藏品及镶珠金天球仪	218

第九章 中国的星占用器及清代的简平仪

第一节 中国古代的占星盘与式盘	226
第二节 从西方的星盘到康熙的简平仪	236



第十章 宇宙结构的模型

第一节 佛教须弥山模式和须弥山仪	246
第二节 太阳系天体运动演示仪器的传入	251



第十一章 中国民间天文仪器的制作

第一节 民间创制的计时器	262
第二节 民间制作的日晷及其他天文仪器	271
第三节 徐朝俊与邹伯奇的天文仪器制作活动	274
第四节 清代民间所制天图时钟与天球时钟	283

第十二章 清代天文大地测量所用的仪器

附件：故宫仪器列表	306
后记	308





内八勿情
元飯飲者

李安平 摄



玦——有缺口的璧，可能是最早的天文观测仪器。

第六章

中国的天文观测仪器

第一节

中国浑仪的创制及其演变

第二节

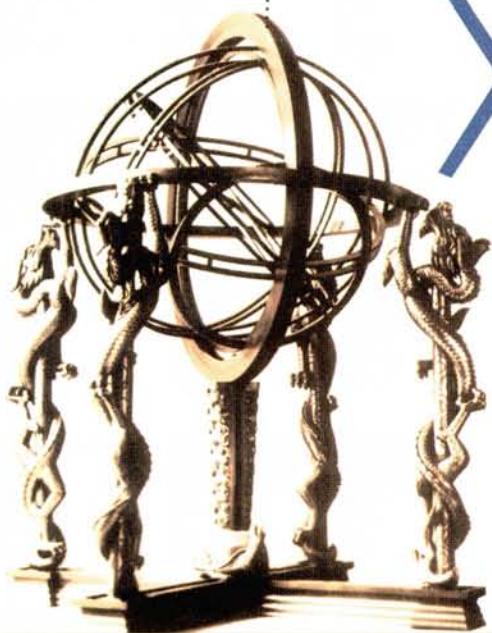
唐宋时期的浑仪制作及水运仪象

第三节

郭守敬所制天文仪器及相关问题的考察

第四节

明复制浑仪、简仪及浑象的今昔



第六章

中国的天文观测仪器

第一节 中国浑仪的创制及其演变

中国传统的天文观测仪器，创造颇多。前述的圭表、日晷等都是。但还有一类直接用于天文观测的，那就是著名的浑仪。它在中国起源于何时，还有争论，但是在西汉肯定已经出现，甚至早到战国时期。明代以降开始衰落，持续了将近两千年。

浑仪是我国古代重要的天文仪器，在我国天文学的发展中起过不可估量的作用。它的主要用途之一是测定天体的位置，是近代坐标测定仪器的先导。浑仪在我国是什么时候发明的，众说纷纭，尚无定论。本书拟对浑仪结构的演变，提出一些不成熟的看法。从传世及出土文献来衡量，先秦应当已有浑仪。晋以后的天文律历志，莫不以璇玑或璇玑玉衡^①为古代浑仪的先驱。以制造水运仪象台称著于世的宋代苏颂说：虞书称：“在璇玑玉衡，以齐七政。盖观四正之中星，以知节候之早晚。《考灵曜》曰：观玉仪之游，昏明主时，乃命中星者也。”而于“四游仪”则说：“四游仪，舜典曰璇玑（或曰璇玑）”，^②干脆认为璇玑玉衡就是四游仪了。四游仪属浑仪中的一部分，有两个平行的环，上刻周天度数。苏颂在《新仪象法要》里清楚地描述了四游仪的构造，并指出：“望筒即舜典所谓玉衡也。亦谓横箫，李淳风曰玉衡，梁令瓚曰玉衡望筒，韩显符曰窥管。”《新仪象法要》是留存至今最详细的古代天文仪器专著，是有一定权威性的。由此推测我国最早的浑仪，叫做璇玑玉衡，它的主体只有一重，有两个平行的环，上刻周天度数，与环体相连的杠轴，一指北极，一指南极，置望筒于杠轴中。两相结合，可以东西、南北运转，用以测定昏旦中星和天体的去极度。它是地道的赤道装置。

西汉有落下闳曾于“地中转浑天，改颛顼历作太初历”，具见陈寿《三国志·益部耆旧传》。又，扬雄说：“或问浑天。曰：落下闳营之，鲜于妄人度之，耿中丞（寿昌）象之，几乎莫之能违也。”^③这两段记载所称“浑天”，似指浑仪的名称，它的构造亦不详。《后汉书·律历志二》载：西汉时期耿寿昌曾“以圆仪度日月行，考验天运状……”此圆仪是否耿寿昌创制

颇有疑问，因这里只说他使用圆仪。《晋书·天文志》又说：“汉太初落下闳、鲜于妄人、耿寿昌等造圆仪，以考历度……”《宋史·天文志》也说：“……至落下闳制圆仪。”因此，世称落下闳制浑仪或许就是圆仪了。这仪器从太初年流传到数十年后的耿寿昌时期，尚能测定“……日月行至牵牛、东井，日过一度，月行十五度；至娄角，日行一度，月行十三度……”^④单纯从这记录看来，圆仪的用途比璇玑玉衡前进一步，能够测定天体间的赤经差了。因而圆仪应由两重规环组成，一重是璇玑的自然沿袭，另一重则相当于后来定名的六合仪，但未提到地平环。实际上，类似圆仪的天文仪器可能早在西汉之前就已出现了，或许早到公元前4世纪中期战国时代^⑤，这将在下面论述。

东汉时傅安、贾逵造黄道铜仪，测定了二十八宿的黄道距度。他们用黄道度测日月弦望比史官用赤道密近。至东汉末年刘洪还沿用黄道浑仪“以考月行出入迟速”。^⑥另据《晋书·天文志·仪象》一节记载，所谓黄道仪只是圆仪上加缚一黄道环。《后汉书·律历志·贾逵论历》中说，“仪，黄道与度转运，难以候……”由此可见，东汉的黄道仪与唐宋间所谓三辰仪中的黄道环还有所不同。

黄道铜仪并不意味着我国黄道坐标或黄道装置的诞生。它只是赤道装置的圆仪上增设一个黄道环，环上划有度分，从而读出黄道度的近似值。它没有黄极的概念。

至于浑天仪一词，最早见于张衡，《后汉书·张衡传》说张衡“妙尽璇玑之正，作浑天仪”，又作《浑天仪图注》一书。这个名词来源于浑天说，但也有可能与西汉的圆仪有关，“以圆立浑”，把圆仪改称浑天仪。张衡的浑天仪主要是一架天球仪，其上有规环，而不是用于观测的。应当称之为浑天象或浑象^⑦。后来，人们把这两者混称，直到北宋沈括才明确将其分开。浑象与浑仪是两种完全不同的仪器。

我国历史上，第一座有具体记载的浑天仪是孔挺铜浑仪。孔挺是公元四世纪初前赵刘曜时的天文家，他曾于光初六年（公元323年）造铜浑仪。到200多年后南北朝的梁时尚完好地保存在梁华林重云殿前，其上的镌题还可清楚看到，为史官丞南阳孔挺所造。在《隋书》卷十九《天文志》上有关于这仪器的确切记载如下：

“……其制则有双环规相并，间相去三寸许。正竖当子午。其子午之间，应南北极之衡，各合而为孔，以象南北枢。植榦于前后，以属焉。又有单横规，高下正当浑之半。皆周

①璇玑，一作璿机。璿音旋，美玉之意；玑，古即机字，是正天文之器的意思。

②两引语均见苏颂《新仪象法要》卷上。

③《扬子法言》卷十。

④《续汉书·律历志》“贾逵论历”。

⑤席泽宗：“浑仪和简仪——中国古代测天仪器的成就”，《中国古代科技成就》（修订版），中国青年出版社，1995年。

⑥据《旧唐书·天文志》所引记。

⑦苏颂《新仪象法要》对此作有释义，见下文第八章第二节。

匝分为度数，署以维辰之位，以象地。又有单规，斜带南北之中，与春秋二分之一道相应。亦周匝分为度数，而署以维辰，并相连属。属榘植而不动。其里又有双规相并，如外双规。内径八尺，周二丈四尺，而属双轴。轴两头出规外各二寸许，合两为一。内有孔，圆径二寸许，南头入地下，注于双规南枢孔中，以象南极。北头出地上，入于外双规北枢孔中，以象北极。其运动得东西转，以象天行。其双轴之间，则置衡，长八尺，通中有孔，圆径一寸。当衡之半，两边有关，各注著双轴。衡既随天象东西转运，又自于双轴间得南北低仰。所以准验辰历，分考次度，其于揆测，唯所欲为之者也。”

这段记载比较清楚地说明孔挺浑仪的结构和用途，仪器由两重规环组成，第一重有双环规，它由两个大小相等的平行的圆环构成，安装在子午方向。还有“单横规”一个，是地平环，水平地安装于浑仪之正中，其上有刻度和方位标志，并与双环规互相垂直。另一单规，通常称为天常环，与赤道平行，由于《隋书·天文志》所说“斜带南北中，与春秋二分之一道相应”，因而李约瑟就误解为六合仪中的黄道(日道)环^①了，双环规、单横规和单规组成的一套规环就是后来李淳风所称的六合仪。它是固定不动的，起骨架作用。其中子午环有“象南枢”的孔，指的是南北北极。

第二重部件仅有双环一对，即后来李淳风所称四游仪。“地轴”插入双环规南北赤极的孔中，可以绕轴旋转，双轴间有窥筒，用以观测天体。

这仪器的用途之一是，“准验辰历，分考次度”，就是测定星星的去极度、入宿度(即与距星的赤经差)和维辰之位(即方位角)。同时还能用来测定昏旦夜半中星。外层子午环和里层的规环都是双环，就是用以测定昏旦夜半中星的最好证明，如果不去测定昏旦夜半中星，就不需要双环了。

据《隋书·天文志上》记载：“检其镌题，是伪刘曜光初六年，史官丞南阳孔挺所造，则古之浑仪之法者也。”由此推测，先秦或西汉落下闳的浑仪的结构可能与孔挺浑仪相去不远。这个论点还可以由旁证得到支持。在《吕氏春秋》和《礼记·月令》内都载有十二个月的昏旦中星，战国时的石氏星表中即有去极度入宿度，可以作为我们推测的根据。此外，《吕氏春秋》和《礼记·月令》中还有十二个月的“日所在”的位置，例如“仲冬之月，日在斗”等。很有可能就是利用漏刻和类似孔挺浑仪的仪器来测定的。浑仪里外两层(重)规环的组成都是两个平行、大小相等的双环，这样的结构特别重要，它们就是用来测定“昏旦夜半中星”的。

地平环是孔挺第一个加上的，据宋苏颂《新仪象法要》卷上说：“金浑纬规，其法刘曜孔挺所增”。所谓金浑纬规即地

平环，这名称系唐李淳风所起。有了这个装置可以测定方位角，很适合于当时的科学需要，与古代石氏星表以及“昏旦、夜半中星”观测法都没有矛盾。因此可以初步推知西汉时代圆仪的结构可能只有子午双环和赤道单环，这是第一套，固定的。第二套应和孔挺浑仪一样，有一个绕“地轴”转动的双环和一个望筒。

孔挺浑仪的第一套规环固定不动，起着骨架作用。其地平环相当于现在地平经纬仪的地平盘，赤道环相当于现在赤道经纬仪的时角盘。这两个单环都用“周匝分为度数，署以维辰之位”。由此可见，古代对地平经度和时角(或赤经)是混淆不清的。很可能还不知道利用赤道环来测定时间，这个问题要到北宋时才清楚。

后魏时晁崇、斛兰(有的书上称斛兰)的浑仪有名，《宋史·天文志一》记沈括说：“太史令晁崇、斛兰，皆尝为铁仪，其规有六、四常定，一象地、一象赤道，其二象二极，乃是定(即挺之误，指孔挺)所谓双规者也。”晁崇、斛兰所造之铁浑仪是一台还是两台，历史记载并不清楚，但是他们是同时代同地区人，因此有理由认为他们造的是同一台铁浑仪，后人在记载时分开了，有人只提晁崇，有人则只记斛兰。《隋书·天文志上》称：“后魏道武天兴初(398年)，命太史晁崇修浑仪，以观星象。十有余载，至明元永兴四年壬子(公元412年)诏造太史候部铁仪，以为浑天法，考璇玑之正。”其构造与沈括所说的差不多，即“以铁为之，其规有六，其外四规常定，一象地形，二象赤道，其余象二极。其内二规以运转。用合八尺之管，以窥星度”。^②可见这仪器由两重部件组成。后魏铁仪的底架添置“十字水趺”用来校正仪器的平准。这是新的发展，“其余皆与刘曜(即指孔挺)仪大同”。^③

又，《旧唐书·天文志》上说：“今灵台铁仪，后魏明元时都匠斛兰所造，規制朴略，度刻不均，赤道不动，乃如胶柱，不置黄道，进退无准。”(《新唐书·天文志一》同)显然，铁仪没有黄道环，因而更没有白道环。这些情况可看做是晁崇铁仪结构的补充。

晁崇、斛兰两人，一个是太史令，一个是都匠，很可能和后来的张遂(一行)与梁令瓚以及苏颂与韩公廉的情况相似，是合作者，或者一个是技术设计者，一个是具体的制造者。

对浑仪作重大改革的是唐初的李淳风(公元七世纪人)，由他设计并在贞观七年(633年)造成一座浑仪，其构造及用法将在下文第三节评述。

可是李淳风的改革，使浑仪更加复杂了，总共有十一个圆环套在一起，形成一个大浑球。他的浑仪仍然是一个赤道坐标装置，除测得天体的去极度、赤经差(即入宿度)、昏旦夜

① J.Needham(李约瑟), Science and Civilisation in China, Vol. III. Cambridge: Cambridge University Press. 1959 年。

② 《畴人传·晁崇》。

③ 两引语均见《隋书·天文志一》。

半中星外,还能测得黄经差和月亮的经度差等。如果天体与春分点间赤经差一经测定,那么天体的赤经即可明晓,可惜这种概念为古人所不知。后来张遂(一行)曾说:“近秘阁郎中李淳风著《法象志》,备载黄道浑仪法,以玉衡旋规,别带日道,傍列二百四十九交,以携月游。”这又说明李淳风在《法象志》一书中已记载了黄道环,并且与窥筒相连,能测定天体的黄道坐标。但所测的黄道度不很准确。而白道与黄道的交点每月退行,故有249交。因为“用法颇难,其术竟寝”。^①需要注意的是,这里的所称黄道坐标,并不等同于现代天文学上的黄道坐标。它是从天球北极出发的,而后者则是以黄极为准的。古籍上的黄道内外度是附圆上的DS或MD向南极方向。二十八宿黄道距度也以D点为准而非C点。因此,DS并非现今的黄纬,姑称为斜黄纬或似黄纬,也有称为仪黄纬的。

开元九年(721年)张遂(683—727)对浑仪又加改革,在李淳风的影响下与梁令瓚合作设计了一座黄道游仪。他上疏说:“黄道游仪,古有其术而无其器,昔人潜思,皆未能得。今令瓚所为,日道月交,皆自然契合,于推步尤要,请更铸以铜铁。”到开元十一年(723年)仪器制成。他们设计制造黄道游仪也不是黄道装置,而是“欲知黄道进退”,就是测定黄道的位置变化和天体的黄经度,往往仍以赤道为标准。张遂与梁令瓚的黄道游仪就在于“使黄道运行,以追列舍之变。”^②

黄道游仪的结构和性能在两唐书中均有详细记载,现略作说明。

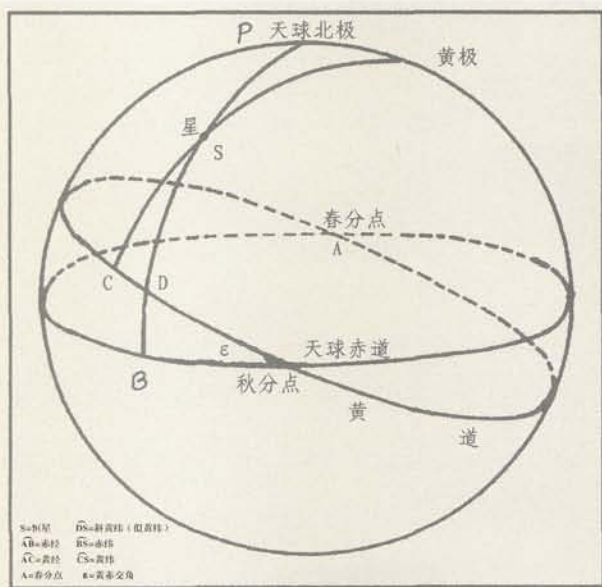


图6-1-1 中国古代的黄道度

①本小节所引,见《旧唐书·天文志上》。

②本小节所引,见《新唐书·天文志一》。

这仪器由九个规环组成。减少天常环,增加卯西方向的云顶环,记载中没有分为六合仪、三辰仪和四游仪三组,但是实际上也可以这样归并。

相当于六合仪的由阳经双环(子午环),阴纬单环(地平环)和天顶单环各环组成。关于天顶单环的位置是“当中国人顶之上,东西当卯西之中,稍南,使见日出入,令与阳经、阴纬相固,如壳之里黄”。正好与地平环的卯、酉相交,同时和地平环、子午环都垂直。

有随天运行赤道单环、黄道单环和白道月环三个环,与三辰仪相当。黄白二环都能移动,黄道单环“置于赤道环内”,“度穿一穴,与赤道相交”,黄、白二道“随穴退交”,每历一交月,退交一次。

和前人的浑仪一样,黄道游仪上也有一种能东西运转的双环,叫做“旋枢双环”,中有枢轴一根,其两端为两极。在枢轴中间安装一玉衡望筒,“旋运持正,用窥七曜及列星之阔狭”。可见,这旋转的双环和望筒就是四游仪。

北宋韩显符造铜候仪,废弃了唐代浑仪中的白道环等,采用了解兰、晁崇的制作方法,只用李淳风的六合仪、四游仪,而且把三辰仪中黄道环和赤道环移到六合仪内,这是铜候仪的改进之处。宋代浑仪除皇祐浑仪外,均无白道环。沈括曾经指出:“今月道既不能环绕黄道,又退交之渐当每日差池,今必候月终而顿移,亦终不能符合天度,当省去月环。”韩显符的工作,是古代浑仪发展中由繁到简的开始,由此可见是有很大大意义的。

北宋的浑仪较多,“旧京浑天仪凡四座约用铜二万斤。至道仪(即韩显符仪)在浑仪测验所;皇祐仪(即周琮等仪)在翰林院天文局;熙宁仪(即沈括仪)在太史局;元祐仪(即苏颂等仪)在合台”^③。至道仪的结构见前述,现述另外三种。首先看皇祐仪,“皇祐初,又命日官舒易简、于渊、周琮等参用(李)淳风(梁)令瓚之制,改铸黄道浑仪,又为刻漏、圭表,诏翰林学士钱明逸详其法,内侍麦允言总其工。”^④这座浑仪基本上是按照李淳风的仪器设计的,也明确分为三重——六合仪、三辰仪和四游仪。六合仪包括阳经双环(子午环)、阴纬单环(地平环)和天常单环(赤道环),天常环“与阳经、阴纬环相固,如卵之壳幕然”。三辰仪有璇玑双环、赤道单环、黄道单环和白道单环,赤道环附于璇玑[双环]之上,黄道环“与赤道[单环]相交,每岁退差一分有余”。白道环“置于黄道环中,入黄道六度,每一交终,退行黄道一度半弱,皆旋转于六合之内”。由此可见,三辰仪上的环是能调节的,也能运动。这又

③周密:《齐东野语》,又见王应麟《玉海》及《小学紺珠》等。单位名称大同小异,如浑仪测验所又称测验浑仪刻漏所或刻漏所,等等。

④《宋史·律历志九》。

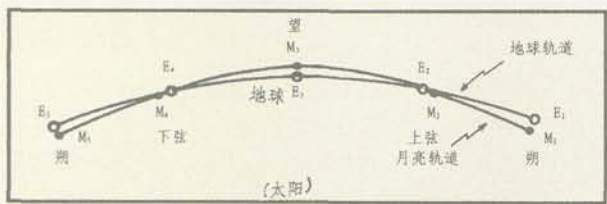


图6-1-2 相对太阳而言的月球轨道是较为复杂的。

E: 地球 M: 月球

和张遂、梁令瓚的黄道游仪极为相似。四游仪本身由一个旋枢环和一个望筒构成，但是其突出之点是在记载中明确讲到了用途，“旋枢双环”挟直距以对枢轴，东西运转于三辰仪内，以格星度。而望筒“在璇枢直距之中，使南北游仰，以窥辰宿，无所不至”。（《宋史》卷七十六，即“律历志”卷九《皇祐浑仪》）一节就是说望筒可以自由运转、指向任何一个可见的天体，测定其赤道坐标。

这“皇祐浑仪”，它没有什么特殊之处，然而规环的个数相当可观，如果把双环看做一个环的话就是8个，若按双环计算便是16个。

宋代的这两座浑仪仍然不够理想，沈括曾经指出：“司天监铜浑仪，景德中历官韩显符所造，依仿刘曜时孔挺、晁崇、斛(解)兰之法，失于简略。天文院浑仪，皇祐中冬官正舒易简所造，乃用唐梁令瓚、僧一行之法，颇为详细，而失于难用。”^①他根据这种情况和他本人的天文观测，对于浑仪的结构进行了一次重大改革，熙宁七年(1074年)七月他向宋朝廷上《浑仪议》，详细阐述了改革的意见共有十三点。^②这些改革意见归纳起来有以下几项：

1.他认为有些规环没有什么用处，例如白道环，“既不能环绕黄道，又退交之渐当每日差池，今必候月终而顿移，亦终不能符合天度，当省去月环”。这是由于月球的轨道非常复杂而形成的，故古历有“月行九道”一语。

2.把保留的规环的位置加以适当改动，原先浑仪上安装的某些规环位置不当，遮掩视线或妨碍工作。其中如地平环以前是在浑仪的“天经之半”，沈括认为应当使其稍下放。旧仪器的“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，使天度出北极之处，自不凌蔽”。就是把黄赤道环的位置放偏些，不使与子午环对称相交。

3.改变一些部件的结构使其适应实际观测的需要。其中最主要的有窥筒的口径和规环的刻度法，原来窥筒的口径很小，舒易简的浑仪窥筒“中通望孔，其径六分”，只能观察“一度有半”的弧距。沈括在司天监工作期间，通过对极星及“天

中不动处”实际观测的结果发现原来的窥筒口径不能把两者同时容纳进来，因而必须放大。由于这两者的弧距“三度有余”，所以“今当为天枢径七度，使人目切南枢望之，星正循北极，枢里周常见不隐，天体方正”是从实践得到的结论^③。旧浑仪规环上“一面刻周天度，一面加银钉”，这银钉是为了不能看到刻度时用手去触摸。沈括则“设齿于环背”，就更适用一些。

4.把规环的宽度缩小。原来的规环有些是“广四寸，厚四分。其他规轴，椎重朴拙，不可运旋”。于是“今小损其制，使之轻利”。

与此同时，新仪告成，放于都城开封的迎阳门，“帝召辅臣观之，数问同提举官沈括，具对所以更改之理”。^④的确是按照新的改革方案做成了新的浑仪。

北宋末期，苏颂、韩公廉等设计了一架很复杂的天文仪器，由浑仪、浑象、报时三大部分组成。就整体来讲颇具创造性，单从浑仪来看重大改革不多。它大体上是按李淳风的设计制造的，只稍加改变。这浑仪的构造为三重，同时又在三辰仪上设天运环，这是他的新创，即用一套机械传动装置和一组水运机构连接起来，使三辰仪和望筒随着天球的周日视运动一起旋转，使所观测的天体经常在望筒的视野中。这仪器的设计思想是非常进步的。在欧洲，直到1685年才由意大利天文学家卡西尼用转仪钟推动望远镜随天运转，这比苏颂的设计约后600年了。（详见本章第三节）

对于一座浑仪来说，苏颂、韩公廉所设计的已复杂到极点。

以上就是北宋一百多年间制造的几座主要的浑仪，大部分都保存到北宋末，后被金兵移到中都(今北京市)。南宋初曾制造过两座较小的浑仪。吴山上太史局内安装了一座，另一座则设于尚书省。结构与前人的基本相同，也是分六合仪、三辰仪和四游仪三重，没有什么重大改进。

辽金很少创造天文仪器，惟前文所记金章宗承安四年(1199年)夏六月有“奉职丑和尚进……浮漏、简仪图，命有司依式造之”。这些仪器无记载流传，其中“简仪”之称，是历史上第一次出现，惜不知其详。

浑仪是一种赤道装置，它具有地平、子午等固定环，又有赤道、黄道等游旋环，故可用来表示黄道、赤道、地平三种坐标。然而用以测定黄道度、地平高度和方位角，误差往往很大。唐宋时代的浑仪都有三重环，而三重的规环要安置在一个共同的中心上，比较困难，因之容易产生中心差。由于浑仪日益复杂，规环增多，经常会互相遮蔽视线，妨碍观测。元初郭守敬(1231—1316年)针对浑仪的这些缺点，于1279

①（宋）沈括：《梦溪笔谈》卷八。

②《宋史·天文志一》。

③按，沈括的这一项，历来曾有争议。

④《宋史·律历志十三》。

年设计创制了简仪。它不仅留下来详细的记载,而且有明代的复制品保存下来。这仪器过去已有很多介绍,在这里仅作简述。

郭守敬彻底打破了唐宋时代由三套规环重叠在一起的做法。他将它分解为地平和赤道两个独立的装置。同时,他废弃了一些规环,只保留浑仪中的四游、赤道、百刻、地平四个环,又增加了一个立运环,共有五个环。其中百刻、地平两个环是固定的,四游、赤道两个环可以绕极轴旋转,立运环则绕铅直轴旋转。因而命名为简仪。

值得特别指出的是,明代曾不断修改简仪。开始时根据监正皇甫仲和的建议,于正统三年(1438年)“乃铸铜浑天仪、简仪于北京”,到十一年(1446)钦天监有人指出:“简仪未刻度数,且地基卑下,窥测日星,为四面台宇所蔽”。第二次,到

弘治二年(1489年)监正吴昊又说:“所用简仪则郭守敬遗制,而北极云柱差短,以测经星去极,亦不能无爽。请修改或别造,以成一代之制”。事下礼部,覆议令监副张绅造木样,以待试验,“黄道度许修必焉”,只进行了修改。第三次,嘉靖二年(1523年)“修相风杆及简、浑二仪”。^①其中第一次是制造完成了,第二次仅讲了试验,未说文怎样。第三次似乎是办了。因而现保存于紫金山天文台那座简仪要到明后半叶才能使用。

以上是我国历史上浑仪结构演变的大致过程,这个过程是先由简单到复杂,再由复杂到简单,也就是由一重增到三重,再由三重又变为一重,即简仪。

关于历代浑仪的结构演变情况,见下表6-1-1。

表6-1-1 中国历代主要浑仪结构表

序次	仪器名称	创造者或使用者姓名	朝代	公元年代	仪器有多少重	六合仪(固定的)				三辰仪(游旋的)				四游仪(游旋的)	
						天常环	天经或阳经环	阳纬或地纬	天顶环	璇玑规或三辰仪	赤道环	黄道环	白道环	游规	窥管
1	璇玑或璇玑玉衡		先秦		一重	○	○	○	○	○	○	○	○	双规	玉衡
2	圆仪	耿寿昌	西汉甘露二年	公元前52年	二重	单环	双环	○	○	○	○	○	○	双规	玉衡
3	黄道铜仪	傅安贾逵	东汉	103年	二重	单环	双环	○	○	○	○	单环	○	双环	玉衡
4	铜仪	孔挺	前赵	323年	二重	单环	双环规	单横规	○	○	○	○	○	双规	衡长8尺 孔径1寸
5	铁仪或铁浑仪	晁崇解兰	后魏	412年	二重	单规	双规	单规	○	○	○	○	○	双规	管长8尺
6	黄道浑仪	李淳风	唐	633年	三重	单环	双环	单环	○	有	单环	单环	单环	双环	玉衡
7	黄道游仪或浑天铜仪	张遂梁令瓚	唐	721年	三重	○	双环	单环	单环	有	单环	单环	单环	双环	玉衡望筒 长4.58尺 孔径6分
8	铜候仪	韩显符	宋	995~997年	二重	○	环规	单规又称平准轮	○	○	单环	单规	○	双环	窥管长4.8尺
9	皇浑仪	周琮舒易简于渊	宋	1050年	三重	单环	双环	单环	○	双环	单环	单规	单环	双环	横箫望筒 长5.7尺 孔径6分
10	浑仪	沈括	宋	1074年	三重	单规	双环	单环	○	双规	单规	单规	○	双规	横箫
11	元浑仪	苏颂	宋	1096年	三重	单规	双规	单规	○	双环	单规	双规	○	双规	望筒长5.74尺 孔径7.5分
12	浑仪	邵澗	南宋绍兴32年	1162年	三重	百刻单环	双环	单环	○	有	单环	单环	○	双规	望筒长3.65尺
13	简仪	郭守敬	元	1276年	一重	百刻单环	○	单环	○	○	单环	○	○	双规	窥衡长5.94尺
14	简仪	皇甫仲和	明	1438年	一重	百刻单环	○	单环	○	○	单环	○	○	双规	
	浑仪				三重	单规	双规	单规	○	双规	单环	双规	○	双规	横箫

第二节 唐宋时期的浑仪制作及水运仪象

①本节各注见《明史·天文志》及《明实录》各朝。又,见《明实录中之天文材料》序,香港大学,1982年。“序”中对修改经过述论甚详。

唐宋两朝是我国有关浑仪制作的成熟时期,它纵跨6个