

天文学及其应用

喻传赞等
编著



云南大学出版社

P1
15

P1
2

天文学及其应用

喻传赞 王海兴

罗葆荣 夏英齐

曾庆题 编著

责任编辑: 张世鸾

封面设计: 丁群亚

责任校对: 段建堂

天文学及其应用

喻传赞等 编著

云南大学出版社出版

(云南大学校内)

云南大学印刷厂印刷

开本: 787×1092/32 印张: 12.25 字数: 275 千

1990 年 7 月第 1 版 1990 年 7 月第一次印刷

印数: 0001-4000

ISBN 7-81025-050-7/P·2 定价: 5.00 元

序

天文学是人类文化的基本组成部分，天文知识是一个有文化民族的基本文化素养。当前宇宙飞船已飞出冥王星之外，人类已登上月球并取回了样品，空间望远镜不断发回宇宙奥秘的清晰图片，使现代天文知识猛增。航天飞机，通讯、气象、资源、海洋等卫星，已改变了人类的许多认识与观念，开辟了许多新兴的学科领域。人们认识到地球也是一个极有限的普通天体，当前，人口增加、资源有限、环境恶化、灾害频繁，正在困惑着人类。因此，认识宇宙是建立正确世界观和人生观的基础，也是学习其它科学文化知识的必需的基础。

数理化、天地生，是当代自然科学的六大基础学科。我们的教育中却偏重数理化，忽视天地生。世界发达国家均把天文教育作为国民义务教育的一个重要组成部分。当前我国中、小学还没有开设天文课程，只在自然、地理和物理课中有少量天文内容，但份量不足，特别缺少现代天文知识。有关教师的天文知识也不够，不能满足当代青少年探索宇宙奥秘的要求，不利于他们的全面发展和形成健全合理的知识结构。为此，1989年12月全国天文学会曾呼吁教育主管部门“重视和加强中、小学天文知识的教学”，呼吁“综合性大学和师范院校逐步创造条件开设天文选修课”，并表示要“积极配合教育主管部门改进中、小学有关教材，协助教育部门对中、小学师资进行天文知识的培训”。我认为这些意见是十分正确的。

天文学本身产生于应用。上古农业需要明节令，通过日月运行的测定，制定了历法；古代航海需要定方向，通过星辰定位测定了方向；古之将相运筹帷幄，决胜千里，必须上知天文，下晓地理。然而当今出版的天文学著作，则完全为纯天文学的。这可以说是人为地拉大了天文科学和普通人的距离。今天见到我的学生和同事喻传赞等写的一本《天文学及其应用》，看后觉得耳目一新。它通俗易懂、内容新颖、有较多现代天文知识。不仅适合作为综合性大学和师范院校的天文选修课教材，而且还可以作为中小学教师和天文爱好者学习天文知识的读物。

此书还有一个特点，就是注重了多学科的交叉和应用，突出了宇宙、地球和人类的演化。从事于哲学、社会科学、地质学、气象学、地震学、环境科学、灾害学、未来学、科普科幻创作、军事、历史、地理、经济、医学和农业等众多领域学习、研究、工作的人们，阅读本书后，都会从中得到启发，产生联想。

21 世纪是天文与人文结合的世纪，自然科学与社会科学交叉必然得到长足的发展。此书是一个良好的尝试，愿读者得到收获与启迪。是为序。

杨桂富

1990 年 6 月 10 日

目 录

第一章 绪 论

- § 1 天文学及其研究对象 (001)
- § 2 天文学发展史 (004)
- § 3 30 多年来天文学和天体物理的飞速发展 (023)
- § 4 本书的目的、内容 (028)

第二章 天球及测量

- § 1 星空简述 (029)
- § 2 天球及座标系 (039)
- § 3 天文观测仪器 (047)

第三章 恒星和银河系

- § 1 行星和恒星 (055)
- § 2 恒星的性质 (057)
- § 3 恒星的演化 (071)
- § 4 银河系 (084)

第四章 星系和宇宙

- § 1 河外星系 (091)
- § 2 宇宙学简介 (105)
- § 3 物质成团与元素合成 (117)
- § 4 宇宙万物的内在联系 (123)

第五章 当代天体物理的重大发现与成就

- § 1 概述 (126)
- § 2 全波天文学 (127)

§ 3	中微子天文学	(138)
§ 4	宇宙射线天文学	(144)
§ 5	核天文学、引力波及其它	(151)
第六章 地球		
§ 1	概述	(155)
§ 2	地球的运动	(165)
§ 3	时间	(168)
§ 4	地球演化史	(171)
§ 5	温室效应及影响	(180)
第七章 月球		
§ 1	概况	(197)
§ 2	月球的运动	(201)
§ 3	月球的起源与演化	(204)
§ 4	日食和月食	(208)
§ 5	历法	(212)
第八章 太阳		
§ 1	概述	(217)
§ 2	太阳的结构和组成	(221)
§ 3	太阳活动	(229)
§ 4	太阳活动指数	(244)
§ 5	日震学	(257)
第九章 太阳系		
§ 1	太阳系概述	(261)
§ 2	地内行星——水星和金星	(267)
§ 3	火星	(274)
§ 4	巨行星——木星与土星	(279)
§ 5	远日行星——天王星、海王星和冥王星	(284)

§ 6	小行星	(290)
§ 7	彗星	(293)
§ 8	流星和陨星	(297)
§ 9	行星际物质	(299)
§ 10	太阳系起源	(302)
第十章 天文学在多学科中的应用		
§ 1	引言	(305)
§ 2	日地空间物理学	(308)
§ 3	天文气象学	(317)
§ 4	天文地质学	(320)
§ 5	天文学与疾病	(344)
§ 6	天文在其它多学科中的应用	(349)
第十一章 地外生命与地外文明		
§ 1	引言	(355)
§ 2	生命的顽强性	(356)
§ 3	地外生命与地外文明的可能性	(358)
§ 4	地外文明的探测	(360)
§ 5	UFO 及其它	(363)
§ 6	最近距离的星际航行	(365)
§ 7	其它	(367)
第十二章 人类掌握宇宙的年表		
§ 1	地球	(368)
§ 2	俘获彗星与摧毁小行星	(372)
§ 3	改造火星	(373)
§ 4	改造金星	(376)
§ 5	改造太阳系	(378)
§ 6	向银河系中移民	(382)

第一章 绪 论

§ 1 天文学及其研究对象

天文学是一门古老的学科。翻开人类文明史，天文学就占有显著的地位。埃及的金字塔、巴比伦的泥碑，是历史的见证。在中国，殷商甲骨文物里，就有丰富的天文记录。可见，中国天文学起源可以追溯到殷商以前更为远古的世纪。

天文学是由于生产发展的需要而最早发展起来的科学。因为农业的种植要求较为准确的节令，从而研究天体运行规律，制定历法。人类的求知欲望，对各种大自然规律的探求，和对种种灾害及天象的记载，都促进了古天文学的优先发展。

天文学研究的对象是天体。太阳、月亮、行星、卫星、彗星、流星、小行星、陨石、恒星、双星、星团、星云、星系、星际物质等都是天体。地球也是天体。天文学研究的对象还包括整个宇宙。什么是宇宙？宇宙是物质的世界，它处于不停的运动和发展中，在空间上无边无界，在时间上无始无终。我国古书《淮南子·原道训》中曾加注：“四方上下曰宇，古往今来曰宙，以喻天地”。宇宙，一般当作天地万物的总称。

天文学的研究方法，是观测——理论——观测这样一种螺旋式上升的方法。天文学中的观测和实验，永远是“被动”的。因为我们既不能移植和改造太阳，也不能去解剖星星，

甚至不能到我们所瞩目的研究对象那里如银河系、超新星的核心中去看一看。然而，绝妙的地方在于：在天文学中这种“被动”的实验室里，却有着比地球上能进行“主动实验”的无可比拟的规模、条件和内容。例如：大尺度、高真空、超高压、超高温、超低温、超高速、超高能、超高磁场、超高密度等等，这些极端条件促进了当代天体物理的研究取得了飞速的发展，我们将在本章第3节中讨论。

天文学在螺旋式上升的发展过程中，随时都同其他学科互相借鉴、互相依赖、互相促进。天文学不断从应用光学、无线电电子学以及各种工程技术中汲取养料，创造独特的观测手段。而天文观测的进一步发展，又给这些应用学科带来发展的前景。天文学借助于数学对观测资料进行理论演算，反过来，天文学的发展又丰富了数学的内容。物理学的各个分支以及力学、化学等的研究成果，是天文的理论基础，而天文上的各种发现以及天体理论的研究，又多次为物理学和化学开辟新的研究前沿。

天文学的发展曾经对于人类的自然观发生过重大影响。哥白尼的日心学说曾经使自然科学从神学中解放出来。康德、拉普拉斯关于太阳系起源的星云学说，又在十八世纪形而上学的自然观上打开了第一个缺口。当前，在天文学发展中，辩证法与形而上学、唯物主义与唯心主义的斗争，仍在持续地进行。

天文学与天体物理的每一项重大发现与进展，都极大地丰富了唯物辩证法的内容，例如矛盾对立的统一、空间与时间、有限与无限、因果律……等等。天文学离不开哲学的正确指导，哲学又需要天文学大量观测事实而加以发展。目前，人类对元素起源、生命起源和宇宙起源都已有了大量的

实验和观测基础，并建立了一套比较完整的学说和理论。从而摆脱了神创论或宇宙第一推力的束缚，将哲学和天文学建立在科学的基础上。

天文学研究中的一个重大课题是天体的起源和演化。在我们观测到的天体中，百万岁的年龄算是很年轻的。太阳年龄约为 50 亿岁，正值“中年”。然而，人类的文明史迄今不过几千年，而一个天文学家毕生也不过是几十年。因此，我们所能经历的天文过程，在天体演化史中只是“一刹那”的过程。从这“一刹那”的观测来探讨天体几百亿年的演变，是天文学研究的又一个特点。幸好，我们能观测到数以亿计的天体，而每一个天体的物理特征，除了反映出它的基本结构外，还反映出它所处的演化阶段。此外，天体的信息是通过各种辐射（比如光）传递给我们的。辐射在旅途中要经历漫长的时间。这样，亿万个体，展示给我们的是时间上各不相同的“样本”。通过统计分析和理论探讨，我们就可以建立起天体演化的模型，乃至探索宇宙本身的起源与演化。

总之，天文学是在极其短暂的千百年时间里，以“被动”的观测方法，面向广阔无边的宇宙空间，探索各类天体在漫长时间历程中的存在和演变。它不断地从其他学科的宝库中充实自己的实验和理论，同时也不断以自己的成就丰富这个宝库。在科学发展的历史长河中，天文学循着观测—理论—观测的发展途径，不断把人类的视野伸展到宇宙新的深处。

§ 2 天文学发展史

(一)中国天文学发展简史

中国是世界上天文学发展最早的国家之一。中国的天文学与数学、农学、医学关系密切并称为中国古代四大自然科学。天文历法使农业生产有了时间顺序，历法制订的需要促使数学有了相应的发展，随着天文发展而形成的阴阳学说，是我国早期医学理论的基础。中国天文学发展，大体上可分为六个时期。

(i) 萌芽时期 从远古到西周末 (770B.C.)

位于西安城郊的半坡文化遗址属于仰韶文化时期，距今约六、七千年，半坡原始村落遗址中，房屋的房门都是向南开的，这是人们观测日出、日没太阳在天空运行的结果。江苏邳县四户镇大墩子新石器时期遗址，也有天文定向的证据，那里的墓葬取向大体一致。1960年和1973年，山东莒县和诸城县分别出土了带有图案的陶尊（距今约4500年），上面都有一个的记号，有人解释为“旦”字，其上部的○为太阳，为云气，为山之五峰，表示山上的云气托着初升的太阳，意早晨的景象。

上古时人们依据物候判断季节，并将季节与天象联系起来，这是历法的开始。《史记·历书》中说：“昔自在古，历建正作于孟春，时冰泮发蛰，百草奋兴”，这是以河流解冻、虫鸣草发作为开春的记载。在《夏小正》一书中，则有“正月：启蛰；雁北乡……三月：摄桑；妾子始蚕”等。《尚书·尧典》中说：“日中星鸟，以殷仲春”，“日永星火，以正

仲夏”，“霄中星虚，以殷仲秋”，“日短星昴，以正仲冬”这四句话，说的是根据黄昏时南方天空所看到的不同恒星来划分季节。而《夏小正》一书则已将一年分为十二个月。除了注意黄昏时南方天空中所见恒星（昏中星）外，还注意到黎明时南方天空恒星（旦中星）的变化，以及北斗斗柄每月的变化，这比《尚书·尧典》有所发展。

到商代，（1710B.C~1067B.C.）已采用干支纪日法。制定了一年十二个月的历法，月有大小，大月30日，小月29日，季节和月分大体固定。由于十二月不等于一年，又置闰月，闰月置于年终称为十三月。甲骨卜辞中还有日食、月食和新星的纪事。从商代起，历法开始摆脱物候。

比甲骨文稍晚的西周时代（1066B.C.~771B.C.），天文知识已开始普及，如《诗经》中记载的“七月流火”、“三星在户”、“月离于毕”等等；《诗经》中还记载了金星、银河以及日食等，如《诗小雅》中：“十月之交，朔日辛卯，日有食之，亦孔之丑，彼月而食，则维其常。”这一记载是发生于周幽王元年（776B.C.）十月初一的日食，已认识到日食发生于朔日，以及发生在早半个月的月食，发生在望日，这是日月的正常运行，不值得大惊小怪。

（2）体系形成时期 从春秋到秦汉（770B.C.~公元220）

春秋（770B.C.~476B.C.）时期，中国天文学从一般观测到数量化观测阶段。历史书《春秋》、《左传》中都载有丰富的天文资料。其中有关于日食、流星雨、哈雷彗星、陨星等的记载。如《左传·僖公十六年》记载着：“春，陨石于宋五，陨星也。”时在公元前644年，指出陨石就是陨星坠地的产物。鲁文公十四年（613B.C.）：“秋七月，有星索入于北

斗”是关于哈雷彗星的最早记录。公元前 600 年左右（春秋中叶），已开始用土圭来观测日影长短的变化，以定冬至和夏至的日期（那时冬至叫“日南至”）。《左传》里有两次日南至的记载，间距为 133 年，在这 133 年中记录闰月 48 次，失闰 1 次，共计 49 个闰月，恰好合“十九年七闰”。这两次日南至之间天数为 809 个甲子周期又 38 日，即 48578 日，合一年为 $365\frac{33}{133}$ 日（或 $365\frac{1}{4}$ 日），凡以这个数字为回归年的叫“四分历”。

到战国（476B.C.~221B.C.）时期，已有天文学的专门著作。齐国的甘德著有《天文星占》八卷；魏国的石申著有《天文》八卷，这些书虽然还是属于占星术一类，但其中也包含关于恒星位置和行星运行的知识，所谓《石氏星经》即来源于此。战国时期的巨大社会变革和百家争鸣局面，促进了天文理论的发展。《庄子·天运》和《楚辞·天问》中提出了一系列问题，如宇宙结构怎样？天地是怎样形成的？为了回答第一个问题；出现天“盖天说”，先是认为：“天圆如张盖，地方如棋局”，后来又改为：“天似盖笠，地法覆盎”（见《晋书·天文志》）。关于第二个问题，从老子《道德经》和屈原《天问》中已开始有回答，但明确而全面的记载则始见于《淮南子·天文训》，认为天地未分以前，混沌沌沌；既分之后，轻清者上升为天，重浊者下凝为地；天为阳气，地为阴气，二气相互作用，产生万物。在《列子·天瑞》中：“日月星辰亦积气中之有光耀者。”认为发光的气体就是日月星辰，不发光的气体，就是充塞空间中的星际介质，此观点很接近现代科学的概念了。

战国以后，与农业生产有密切关系的二十四节气逐步形

成。二十四节气，属中国古代历法的阳历成分，而“朔”则是中国古代历法的阴历成分，气、朔相配合，构成了中国传统的阴阳历。秦统一中国后，颁行了全国统一的历法——颛项历。此历以十月为岁首，岁终置闰。以甲寅年正月甲寅朔旦立春为历元。在历元这一天日月五星同时晨出东方。汉承秦制，仍用颛项历。到汉武帝元封七年（104B.C.），颁布邓平、落下闳等人创制的“太初历”。此历有如下改进：①以正月为岁首，以没有中气的月份为闰月，使月份和季节配合得更合理，②将行星的会合周期测得很准。③采用135个月的交食周期。由于太初历的回归年 $(365\frac{385}{1359})$

日)和朔望月 $(29\frac{44}{81})$ 日)的数值偏大，用了188年后，在东汉元和二年（公元85年），又改用四分历。到东汉末年，刘洪在《乾象历》（公元206年创制）中第一次把回归年尾数降到 $1/4$ 以下，成为365.2462日。《乾象历》是我国第一部传世的载有定朔算法的历法。

西汉时代对天象观测极为细致和精密。《汉书·五行志》中有关于太阳黑子和日食中食分，初亏和复圆时刻的记载；《汉书·天文志》中有关于新星的记载。西汉河平元年（28B.C）记载着：“三月乙未，日出黄，有黑气，大如钱，居日中。”（见《汉书·五行志》）当时观测太阳黑子的方法，是用大油盆反射太阳光，可以清楚地看见太阳中黑子的大小和数量。上述认为太阳是气体。黑子是较暗之气的观点是十分正确的，这种观测和认识比西方早1600多年。

东汉时期（公元25~220年），中国出了一位著名的科学家张衡（78~139），他以制造漏水转浑天仪和候风地动仪

而闻名于世。在天文理论上，他是“浑天说”的代表人物，主张“天圆如弹丸，地如卵中黄”。当时，除了“盖天说”、“浑天说”外，还有一个比张衡略早的郝萌提出的“宣夜说”，这个学说认为：并没有一个硬壳式的天，宇宙是无限的，空间到处有“气”存在，天体都漂浮在气中，它们的运动也是受气制约的。

总之，到了汉代，中国古天文学已建立成为一个富有特色的体系。古代帝王，由于迷信与统治的需要，向来重视星象的观察，设有专门的观象台和专职人员（称为司天监或钦天监官职），并作详细的观测记录。这些记录资料成为我国天文学的一份珍贵遗产，也得到世界各国天文学家的高度重视。几乎每一次特殊的天象，我国都有记载。特别是超新星与新星爆发的记录，最为详细。尤其值得一提的是《史记·天官书》中的一段记载：“太白，白比狼，赤比心，黄比参左肩，苍比参右肩，黑比奎大星。”当时将上述五颗星的颜色用来定标（即比）。参左肩即参宿四（猎户 α ），在二千多年前的记载为黄白色，而现在已演变为红色，成为一颗红巨星。这对研究天体演化有重要的意义。对古天文记载的研究，可以发展成为一门《考古天文学》。

（3）繁荣发展时期 从三国到五代（公元220~960年）

三国（公元220~280年）时期天文成就有：魏国杨伟创制《景初历》，发现黄白交点有移动；交食不一定在交点，凡在食限内都可发生，发明推算日食、月食食分和初亏方位角的方法。吴国陈卓将前人所命名的星官（即星座）总括成一个体系，共计283星官，1464星并著录于图，此星官体系沿用了一千多年。

东晋虞喜发现岁差。^{*}南朝祖冲之(429~520)创制《大明历》将岁差引进历法,将恒星年与回归年加以区别。他采用391年144闰月制,求出回归年为365.2428日,交点月为27.21223日,与现今观测值只差十万分之一,堪称精确。

唐朝(618~907)建立了强大的封建帝国,为天文学大发展创造了良好条件。贞观七年(633年),李淳风制成浑天黄道仪,把观测用的浑仪发展到极为复杂的程度。现在英国伦敦博物馆保存的一卷敦煌星图,与李淳风有关(因为第十五条下有“臣淳风言”的字样)。开元十三年(725年),僧一行(683~727)和梁令瓚改进了张衡的水运浑象。同时,一行又指导南宫说等人在河南进行了世界上第一次子午线大地实测。在大规模观测的基础上,于开元十五年(727年)完成了“大衍历”初稿。他以定气编太阳运动表,即以太阳在一个回归年内所运动的度数,平分为24个等分,太阳每到一个分点为一个节气,两个节气之间的时间不等。

(4) 由鼎盛到衰落 从宋初到明末(公元960~1600年)

中国的封建经济在宋代(960~1279)得到进一步发展。被马克思誉为“最伟大的发明”的火药、印刷术和指南针就是在宋代完成的。生产的发展推动了科学的进步,天文学在这一时期也取得许多重要成就。宋仁宗至和元年(1054

^{*}岁差和章动: 在外力作用下,地球自转轴并不保持固定方向,而是在空间不断发生变化。地轴的长期运动称为岁差,周期运动称为章动。岁差和章动引起天极和春分点在天球上的运动,这对恒星位置有影响。