

中学生科学素养阅读系列
(由实践爱上理科学习专辑)

最奇妙深邃的 天文探测

宣焕灿 萧耐园 刘 炎 编著

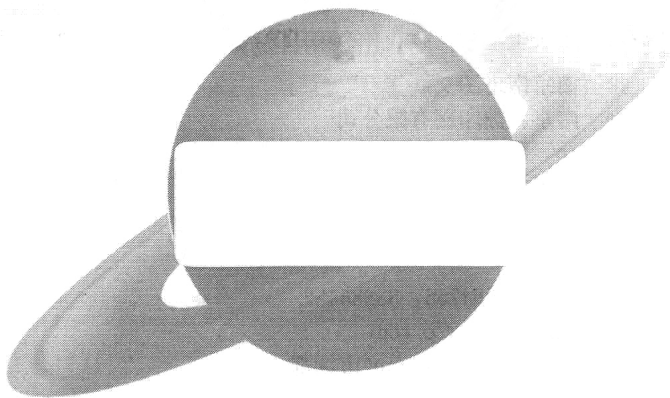


当被问“提高科学素养是否比掌握科学知识更重要”时，诺贝尔物理学奖获得者丁肇中回答：“做科学，尤其是做最前沿的科学，最重要的是兴趣，其他事情都是次要的，只有这样才有可能成功。”

中学生科学素养阅读系列
(由实践爱上理科学习专辑)

最**美妙深邃**的 天文探测

宣焕灿 萧耐园 刘 炎 编著



南京大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

最美妙深邃的天文探测 / 宣焕灿, 萧耐园, 刘炎编

著. — 南京: 南京大学出版社, 2013. 3

(中学生科学素养阅读系列. 由实践爱上理科学习专辑)

ISBN 978-7-305-11021-4

I. ①最… II. ①宣… ②萧… ③刘… III. ①天文学—青年读物②天文学—少年读物 IV. ①P1-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 003629 号

出版发行 南京大学出版社

社 址 南京市汉口路 22 号 邮 编 210093

网 址 <http://www.NjupCo.com>

出 版 人 左 健

丛 书 名 中学生科学素养阅读系列(由实践爱上理科学习专辑)

书 名 最美妙深邃的天文探测

编 著 宣焕灿 萧耐园 刘 炎

责任编辑 孟庆生 顾 越 编辑热线 025-83686722

照 排 南京南琳图文制作有限公司

印 刷 南京新洲印刷有限公司

开 本 880×1230 1/32 印张 8.75 字数 230 千

版 次 2013 年 3 月第 1 版 2013 年 3 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-305-11021-4

定 价 19.00 元

发行热线 025-83594756 83686452

电子邮箱 Press@NjupCo.com

Sales@NjupCo.com(市场部)

* 版权所有, 侵权必究

* 凡购买南大版图书, 如有印装质量问题, 请与所购图书销售部门联系调换

前言

QIAN YAN

天文学是自然科学中诞生最早的一门学科。约在距今五六千年前,人类社会进入了新石器时代,并诞生了原始的农牧业。为了农牧业生产的需要,产生了最古老的历法。在古埃及、美索不达米亚、古代中国、古印度和古希腊等文明古国,天文学便诞生了。

本书从中国古代和古希腊时代直接用肉眼凭借古天文仪器开展天文观测谈起,发展到17世纪初用望远镜开展天文观测,19世纪中叶照相术、分光术等手段问世后的天文观测,以及20世纪前期新诞生的射电天文探测。20世纪中叶后,人们又把人造卫星发射到地球大气层之外,在电磁波的各个波段(如 γ 射线、X射线、紫外线、可见光、红外线和射电波)上开展天文探测,从而产生了全波段天文学。人们还发射阿波罗飞船开展载人登月考察,发射行星际飞船访问和探测许多太阳系天体。因此,天文学的探测手段得到了长足的发展。本书用12章篇幅概述了随着天文学探测手段的发展,人类对宇宙的研究不断获得的一系列新的成果。

本书的读者对象主要是青少年学生。为了增加趣味性和可读性,各章行文中穿插了许多小故事。例如,中国唐代年轻的天文学家李淳风有一次预报了日偏食。当天,唐太宗下令免去早朝,只约李淳

风一人共喝早茶。过了不少时间，皇上看看太阳已升得很高，就对李淳风说：“朕放你回家与家里人告个别吧。”李淳风毫不慌张地走到朝向东方的一堵墙旁边，在墙的下部用手指画了个记号，并对唐太宗说：“阳光照到这里时，日偏食便开始了。”后来果然如此。唐太宗夸奖李淳风说：“爱卿算得真准呀”，于是给了他不少物质奖励。反之，若他预报的日偏食没有发生，因他事先说过“用脑袋担保”预报正确，就可以判他死刑，这才是皇上放他回家与家人告别的原因。再如，20多岁的年轻天文学家哈雷从南半球用长镜身望远镜测量恒星的位置刚回来，便受英国皇家学会的派遣，来到波兰，与时年70多岁的波兰天文学家赫维留进行恒星定位观测比赛，后者使用的是一架精良的测量恒星位置的古天文仪器。结果比赛几个月后，两人竟难分伯仲。望远镜的定位精度理应较高，但由于当时单透镜物镜的望远镜为了减少色差，镜筒做得很长，运转很不方便，因而大大降低了定位的精度，使得它只能与赫维留的精良的古天文仪器不相上下。像这样的小故事本书中有50个左右。所以阅读本书绝不会感到枯燥乏味，而会感到兴趣盎然。

本书特邀紫金山天文台的射电天文学家刘炎先生撰写第8章，而由南京大学天文与空间科学学院的萧耐园教授撰写第4,5,7,10,11,12共六章，其余五章则由该学院宣焕灿撰写。宣焕灿还对全书各章进行了初步的统编工作。

目录

MU LU

第一章 中国古代和古希腊时代的天文观测····· 001

第1节 圭表与历法····· 001

第2节 肉眼观测异常天象····· 006

第3节 从漏水转浑天仪到水运仪象台····· 008

第4节 郭守敬的天文观测和《授时历》的问世 ··· 011

第5节 阿利斯塔克的天文测量····· 014

第6节 埃拉托色尼对地球周长的测定····· 018

第7节 中国古代与古希腊的天文观测的比较 ··· 020

第二章 第谷的天文观测和开普勒三定律的发现····· 022

第1节 第谷的天文观测····· 022

第2节 三种宇宙体系····· 031

第3节 第谷和开普勒的合作····· 036

第三章 望远镜天文学的开创和前期发展····· 047

第1节 伽利略开创望远镜天文学····· 047

第2节 一些其他早期的天文发现·····	059
第3节 消除色差祸害·····	066
第4节 恒星有多远? ·····	071
第四章 太阳系疆域的扩大 ·····	076
第1节 提丢斯-波得定则的预言 ·····	076
第2节 天王星的发现·····	078
第3节 小行星的发现·····	080
第4节 海王星的发现·····	086
第5节 冥王星的发现·····	091
第五章 赫歇尔数星星 ·····	096
第1节 赫歇尔一家的故事·····	096
第2节 银河与恒星世界的结构·····	110
第3节 赫歇尔的恒星计数和银河系概念的初步确立 ·····	114
第六章 天体的照相术和分光术 ·····	118
第1节 从天体照相术的发明谈起·····	118
第2节 破译星光密码·····	123
第七章 爱因斯坦的引力波理论与脉冲双星的观测 ·····	134
第1节 爱因斯坦生平·····	134
第2节 爱因斯坦的科学成就·····	138

第3节	引力波·····	144
第4节	脉冲双星的观测·····	147
第八章	射电天文技术·····	153
第1节	意外发现的星际电波·····	153
第2节	红移惊人的类星体·····	161
第3节	疯狂自转的脉冲星·····	169
第4节	宇宙微波背景辐射·····	179
第九章	“阿波罗”探月·····	189
第1节	探测月球开始了·····	189
第2节	“阿波罗”探月工程·····	192
第3节	月球上的自然资源·····	198
第4节	月球上的特殊环境资源·····	203
第5节	中国的“嫦娥”工程简介·····	204
第十章	火星上的生命之谜·····	207
第1节	火星概貌·····	208
第2节	火星的早期观测和关于“火星”的传闻·····	211
第3节	火星的空间探测·····	218
第4节	关于火星上是否存在生命的新话题·····	224
第十一章	X射线揭露黑洞的秘密·····	229
第1节	天空的贪婪怪兽——黑洞·····	229
第2节	天体的电磁辐射与大气窗口·····	238

第3节	X射线天文学的兴起和发展·····	241
第4节	X射线天文学探测黑洞的成果·····	246
第5节	贾科尼的贡献·····	248
第十二章	宇宙在膨胀,膨胀在加速 ·····	251
第1节	宇宙观念的演变·····	252
第2节	河外星系的认证·····	254
第3节	哈勃定律的发现和宇宙膨胀的确认·····	260
第4节	现代宇宙学说的的发展·····	262
第5节	宇宙加速膨胀的发现·····	267

1 CHAPTER

第一章

中国古代和古希腊时代 的天文观测

本章展示了中国古代和古希腊时代两种不同特色的天文观测，它们对世界天文学的发展产生了明显不同的影响。

第 1 节 圭表与历法

圭表是距今 3 000 年前的中国西周初期已经问世的最古老天文仪器。它分为“圭”和“表”两部分，“圭”沿正南北方向水平放置，沿圭面边缘绕转一周有一圈水槽，安装圭面时在其中注入水可以检验圭面是否水平，而“表”则是在圭面南端垂直向头顶方向延伸的竖杆，它的高度通常为 2.67 米(8 尺)，其顶部有一个圆孔，正午时阳光射入圆孔会在圭面中间留下孔影(见图 1-1-1)。冬至时，该孔影离“表”的底部距离最长，而夏至时距离最短。中国古代以圭面上孔影离“表”的底部距离最长的冬至日到下一年冬至日定为一回归年。

中国古代的历法是阴阳合历，阴历主要考虑朔望月长度(月亮从一次朔到下一次朔之间的平均天数)，阳历主要考虑回归年长度。朔望月长度约为 29.53 天，回归年长度约为 365.25 天，取一回归年为 12 个朔望月只有 354.36 天，比回归年长度少了近 10

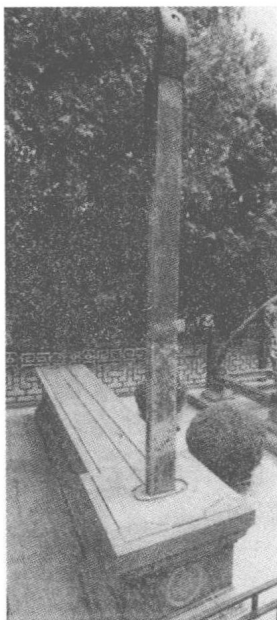


图 1-1-1 圭表示意图

天,但若取一回归年为 13 个朔望月则有 383.89 天,又比一回归年要长近 19 天。中国古代历法采取的办法是大多数年份一年为 12 个朔望月,少数有闰月的年份一年为 13 个朔望月,而朔望月中,大月为 30 天,小月为 29 天,大小月搭配。于是,中国古代历法中最关键的问题便是如何准确地安排闰月,这就要求中国古代的天文学家和历算家们能日益准确地测出回归年的长度和朔望月的长度,然后才能做好闰月的安排。

准确测定回归年长度主要依赖的仪器是圭表。但读者也许会立即想到,若去年用圭表测出“表”的影子最长的冬至日在某一天,今年又用圭表测出“表”的影子最长的冬至日在另外的某一天,两者之差的天数只可能是整数,那么怎么能准确定出回归年天数的小数点后的数字呢?原来回归年长度在两三千年中几乎不变,因此天文学家就在某一年中作一次冬至日期的观测,然后与几百年前甚至一两千年前的某个冬至日的文献记录的数据进行比较,以期间经历的天数除以相隔的年数来求得回归年的长度。如果期间正好相隔 1 000 年,那么用这种方法求得的回归年长度,就可以比自己连续两年直接测量获得的回归年长度精确 1 000 倍。

当然,要做到这一点必须有两个先决条件,一是历史上的冬至日观测记录必须在相关的文献中保存下来,二是历史上所经历的日期和年代没有任何差错。前一点由于各个王朝都有《律历志》或《历志》,相关资料确实很好地保存下来了。后一点则有赖于中国古代长期使用干支纪年和干支纪日。干支是用十天干(甲、乙、丙、丁、戊、己、庚、辛、壬、癸)和十二地支(子、丑、寅、卯、辰、巳、午、未、申、酉、戌、亥)相配,依次配成 60 组(见图 1-1-2),便是六十干支。

若将它循环使用,用来表示年的顺序,便是干支纪年;若用来表示日的顺序,便是干支纪日。据考证,至迟从春秋时鲁隐公元年(前 722)二月己巳日起,干支纪日法再也没有间断,直至清代宣统三年(1911)为止,持续达 2 633 年之久。至于干支纪年,虽然开始之年晚了几百年,但这几百年中用别的方法的纪年也可以考查得清清楚楚。由于中国历史上年和日的计算毫无差错,所以天文学家利用历史记录来测算一回归年中的天数就可以比自己直接测量精确得多。

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
甲子	乙丑	丙寅	丁卯	戊辰	己巳	庚午	辛未	壬申	癸酉
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
甲戌	乙亥	丙子	丁丑	戊寅	乙卯	庚辰	辛巳	壬午	癸未
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
甲申	乙酉	丙戌	丁亥	戊子	己丑	庚寅	辛卯	壬辰	癸巳
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
甲午	乙未	丙申	丁酉	戊戌	己亥	庚子	辛丑	壬寅	癸卯
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
甲辰	乙巳	丙午	丁未	戊申	己酉	庚戌	辛亥	壬子	癸丑
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
甲寅	乙卯	丙辰	丁巳	戊午	己未	庚申	辛酉	壬戌	癸亥

图 1-1-2 六十干支图

(1~60 的干支序数,实际上是由天干依次重复 6 次而地支依次重复 5 次搭配而成的)

中国古代历法除了是阴阳合历,有别于世界上许多国家只考虑使用回归年长度的阳历之外,它与世界各国的历法还有一个重要的差别,即世界各国的历法是以推算民用历谱、安排历日为基本内容的,而中国古代的历法不仅具有世界各国历法的内容,而且还要涉及日月五星的位置和运动、日食和月食的预报等多方面的内容,可以说中国古代的历法工作其性质有些类似于现代编算天文年历的工作。



中国古代经常改历,不仅在建立新王朝时要颁布新历法,而且某个王朝发现原先颁布的历法不准确,也要改历,即颁布新的准确的历法。检验历法正确与否的重要方法是用日食和月食等交食来验证,故《元史·历志》中写道:“历法疏密,验在交食。”在这种情况下,帝王对历算家的要求也十分苛刻,算错了,与实际交食天象不符,甚至有被处死的危险。

拓展阅读

一次杀机四伏的“喝茶”

唐代,天文学家李淳风(602—670)推算出某年某日上午会发生一次日偏食,当时唐太宗李世民(598—649)问是否可靠?李淳风说,臣敢用脑袋担保。

到了这一天,皇上下令免上早朝,只把李淳风留下来陪自己喝茶。也许喝茶开始得太早了一些,皇上感到喝茶已经很久了,怎么不见日偏食来临?于是,皇上对李淳风说:“爱卿,我放你回家一次,你与妻子、儿女告别一下吧!”这里所说的与家人告别实际上也是与人生告别,但李淳风毫不惊慌,看了一下窗外的太阳和投射在西侧墙上的一缕阳光,镇定地说:“陛下,现在时间还早。”他一面说一面走到西侧墙边用手在下部比画了一下继续说:“要等阳光照到这里,日偏食就开始了。”君臣两人继续喝茶,等到阳光真的投射到那个位置时,皇上命手下人拿来事先准备好的一盆油,君臣两人从油面看太阳的像,看到太阳的一角开始被掩食,而且渐渐加大。皇上夸奖李淳风说:“爱卿算得真是丝毫不差呀!”于是给了他不少物质奖励,几年后又升任他为太史丞,到了贞观二十二年(648)则又升任他为太史令(主管天文历法等方面的负责人)。

中国古代编纂的历法有近百部之多,正式颁布使用的也有60多部。其中唐代的一行(683—727,见图1-1-3)所编纂的《大衍历》是较出色的历法中的一部。一行原名张遂,21岁时出家为僧,曾去浙江

天台山国清寺游学,在名师指导下,打下了坚实的数学基础。唐玄宗开元五年,他奉诏到京城长安主持天文历法工作。为了改历,在唐玄宗支持下,开元十三年(725)起,他主持了全国性的大规模天文大地测量,测点有 10 多个之多,主要使用的仪器是测量日影的主表等。与此同时,一行开始编纂《大衍历》,开元十五年完稿,同年他因劳累过度去世,开元十七年《大衍历》颁行全国。这部历法取回归年长度为 365.244 4 日,朔望月长度为 29.530 59

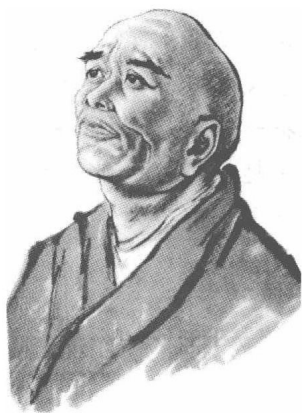


图 1-1-3 一行画像

日,在当时堪称精确。《大衍历》结构严谨,条理分明,成为后来许多历法编纂的样本。

拓展阅读

一行和 7 只小猪的故事

一行早年丧父,幼年时家中很贫穷,常常食不果腹,衣不蔽体,一位邻居大妈经常接济他。后来他成为京城的高官后,正好这位邻家大妈的儿子误伤人命,按当时“杀人者死”的简单规定被判死罪,关进死牢,只等秋后问斩。这位大妈爱子心切,来京城求救于一行,一行说这是国家法度,他也无能为力。这位大妈痛骂他忘恩负义,气愤地离开了京城。几天后,一行算定当天下午,北斗七星会变成 7 只小猪来到人间,它们将藏身于京城某处,于是他给 7 个手下人每人发一个大布袋,要他们共同围住这 7 只小猪,务必每人活活逮住一只小猪来见他。这些手下人完成了任务,用大布袋背来了小猪。一行把它们养在密室中,喂以精食。第二天上朝时,大臣们惊惶不安地议论天上的北斗七星怎么不见了,这不知会带来什么样的大灾难。唐玄宗听到大臣们的汇报和议论也深感惊恐,



问一行该怎么办，一行思索甚久才说，很可能要大赦天下，才能躲过这场劫难。唐玄宗准奏，颁诏大赦天下。显然一行幼年时那位邻居大妈的儿子也在被赦之列。这以后几天中，一行分几天慢慢地把一只只小猪放出密室，于是过了好几天，天上的北斗七星又闪耀了起来。当然，北斗七星不可能变成7只小猪，这不过是一个故事罢了。

第2节 肉眼观测异常天象

中国古代天文学是皇权主宰下的天文学。天被看成是有意志有情感的人格神，帝王则被称为天子，是受命于天来统治人民的。天会赏善罚恶，若帝王违背了天的意志，天便用异常天象来对帝王发出警告，如果帝王再执迷不悟，天就要降更大的灾祸，甚至“天命”发生转移，出现新的“真龙天子”来取代原来的帝王。为了破译天意，中国古代的宫廷星占学十分发达，对于特殊天象的观测更是特别重视。在太史令或司天监负责人的统筹安排下，每天夜晚，往往有5位天文观测家通宵达旦地分别观测东、西、南、北、中这五个天区的天象。中国宫廷星占学中还有一个分野理论，即将星空分成若干区域，而且和地上各地区乃至近邻国家对应起来。有些明显是凶兆的天象往往不一定是坏事，例如按分野理论，有彗星正好出现在某个敌对邻国所对应的星空中时，那么对中国的封建王朝而言应是好事，因为对敌方的凶兆便是对我方的吉兆。有些明亮的新星出现，是凶兆还是吉兆往往还和该星的颜色有关。由于中国的宫廷星占如此严谨，这就要求古代的天文观测家们要极其认真地观测天象，十分详尽地记录天象，从而为后人留下了世界上举世无双的最丰富的天象记录。

中国古代对彗星的记录，在扣除对同一彗星的重复记录后，有

1500多次。在这些记录中,有不少对彗星的出现日期、位置、运动、形状等都有详尽的记录,应用这些记录,可以确定它们的轨道。现在已经确定的历史上的数十颗彗星的轨道参数,基本上都是根据中国古代的天文观测资料而获得的。关于著名的哈雷彗星,从秦王政七年(前240年)至清代宣统二年(1910)我国有29次出现的连读记录,但当时并不知道它们是属于同一颗彗星。

关于新星和超新星,我国古代留下的记录也极其丰富。新星和超新星都是爆发型的变星。新星在几天之内亮度可以猛增至千位、万倍,超新星则是某颗恒星在其一生晚期的一种崩溃性的爆发,其亮度可以突然增加上千万倍至上亿倍。中国古代并无新星和超新星的名称,而往往称之为客星、新见(音 xian,即现在的“现”字)星,有时古人所称的异星、妖星、瑞星、大星等也可能是指新星或超新星,这是因为古人还无法从本质上对这些星星加以分类,当时只能从形态和外观上给予较主观的命名。世界上有人从历史上新见星记录的分析中,认证出11颗超新星,它们在中国古代都有记录,其中特别是1054年爆发的超新星受到全世界的特别关注。该星在中国古代《宋会要》等书中,指出它是在1054年7月4日爆发的,其位置在“天关”(金牛座 ζ 星)附近,最亮时有23天白昼都可以看见,直到1056年4月6日,肉眼才无法看到它。现代天文学的研究得知,该星经历崩溃式的爆发后,其外围部分形成了超新星遗迹蟹状星云(见图1-2-1),而其核心则坍缩成为一颗中子星(物质中的原子和原子核均已被破坏),它仅仅由中子(一种基本粒子)构成的极其致密的晚年恒星,密度为1亿吨每立方厘米,即约几分之一火柴盒大小,而其质量却与上万艘万吨巨轮相当。这样,中国古代的天象记录就与现代天体物理中的热点问题联系了起来。于是,中国古代丰富的天象资料引起了人们的极大兴趣。

此外,中国古代在日食和月食、太阳黑子和极光、流星和流星雨等方面也都有十分详尽而系统的记录。

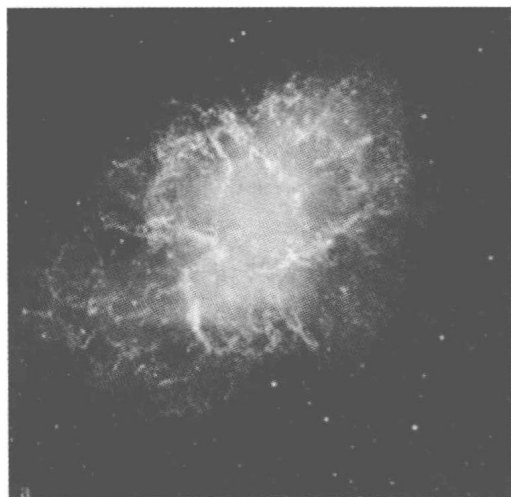


图 1-2-1 蟹状星云的照片

第3节

从漏水转浑天仪到水运仪象台

漏水转浑天仪是东汉著名天文学家张衡(78—139, 见图 1-3-1)创制的, 它是一个与漏壶联系在一起的浑象, 其中浑象的结构与现今存放在紫金山天文台的明代浑象(见图 1-3-2)无根本区别, 后者是在一个中空的铜圆球上刻画或镶嵌赤道、黄道、二十八宿和中国星官, 铜球可以绕极轴自转, 但最大的区别在于张衡的漏水转浑天仪与出水较快漏壶相联系, 漏壶漏出的水间接驱动浑象, 通过齿轮系统使浑象每天绕极轴自转一周, 使室内看铜球上演示的星空与晴夜观测的星空完全一致; 张衡还设计了一种称为“瑞轮蓂莢”的日历装置, 上半月每日增加一莢, 下半月每日减少一莢, 从而成为漏水转浑天仪中的一个重要附件——自动日历。