

天文爱好者丛书

寻觅宇宙的源头

主编 张金方 邓先明 ● 编写 邓先明

-49

10

中国建材工业出版社

TIAN WEN AI HAO ZHE CONG SHU

天文爱好者丛书⑩

寻觅宇宙的源头

编写 邓先明

中国建材工业出版社

目 录

天文学简史

天文学的诞生	(1)
天文学的发展	(2)
• 天文学的应用	(9)

宇宙溯源

古人看宇宙	(20)
众说纷纭	(38)
宇宙里的水	(44)
宇宙的膨胀	(51)
宇宙的大数	(56)
宇宙的黑洞	(60)

透视宇宙的第三只眼

新的发现	(81)
天文望远镜的性能	(83)
天文望远镜的种类	(90)
天文望远镜的制作	(101)

ACB100/14

天文学简史

天文学的诞生

谈到天文学，往往给人的印象是高深莫测，与生产和生活无关，似乎只是少数人在那里高谈阔论而已。其实，这是对天文学的误解。在人类文明社会里，天文学有着悠久的历史，它是为适应人类生产和生活的需要而产生并发展起来的。恩格斯指出：“必须研究自然科学各个部门的顺序的发展。首先是天文学——游牧民族和农业民族为了定季节，就已经绝对需要它。”

我们可以从人类对自然演史的认识看天文学的作用。

当代科学家对自然界有了一个共同的认识，那就是自然界是经历了

一个漫长的演化过程，并且这个演化仍然在继续进行。人们必须找出并描述清楚这个演化历程中的各个环节。那么，这个自然演化史的时空顺序是怎样的呢？人类对这个演化史的认识，如何呢？从宏观认识来说，基本上可归纳为这样几个阶段：宇宙 $\rightleftharpoons$ 星系 $\rightleftharpoons$ 恒星 $\rightleftharpoons$ 太阳系 $\rightleftharpoons$ 地球 $\rightleftharpoons$ 生命 $\rightleftharpoons$ 人类文明社会。上面上箭头表示自然界的演化史，下面的箭头表示人类的认识史。我想，从这个粗线条的描述可以看出，天文学在人类对自然演化史的认识中起到多么重要的作用，天文学在人类文明史中取得了多么辉煌的成果。这不仅在科学上，也在哲学和精神文明上都有重要的意义。

天文学的发展

从历史看，天文学有它古老的经历；从内容看，天文学又有它生机勃勃年轻的内涵。天文学研究的对象是宇宙广阔的空间和天体。这就决定了天文学研究的方法与其他自然科学的区别。它不可能像地学研究那样化验分析太阳物质，也不可能如生物学那样培养、移植星星，只能通过距离遥远的空间来观测，而观测到的天体光线却十分微弱。这就是说，天文研究的方

法（陨石和从月亮上取回的岩石除外）主要靠观测业已发生的天象，这均是被动性的观测研究。天文观测是天文学研究的主要手段。因此天文观测手段的发明和发展，在很大程度上决定了天文学的进展。随着整个近代科学技术的全面发展，天文学也得到欣欣向荣的全面发展。

天文学属于自然科学基础理论的数理学科。天文学的发展一方面要借助于有关学科的成果，同时天文学的发展又大大促进了有关学科的发展。它们互相渗透，互相依存，互相促进，这是当代科学技术发展的特点。

在天文学悠久的历史中，概括起来主要经历了三次革命性的大发展。其一，从1543年哥白尼建立了日心说到牛顿发现万有引力定律。这使人类从古代仅仅是认识天象、定时间、制历法和判别方向，发展到认识天体和天体系统的结构、天体运动的规律和运动的动力，从而诞生了天体力学，这是近代科学的开端，也是人类把太空作为实验基础的巨大进步。应该说，天文学这场革命不仅在一定程度上扭转了天文学研究方面的被动局面，同时对人类整个认识论也产生了深远的影响，从此，自然便开始从神学中解放出来，这是一个需要巨人而又产生了巨人的

时代。其二，随着19世纪中叶物理学的发展，人们渴望了解，并着手探测天体的物理性质、化学元素组成、运动状态和演化规律等。这与19世纪后半期诞生的三项物理方法是分不开的。它们是分光学、光度学和照相技术。从而诞生了揭示天体物理物质的天体物理学。天体物理学的诞生标志着现代天文学的起点，使人类能精确地描绘天体宇宙，认识宇宙和天体的发展。这是天文学中第二次大飞跃。其三，20世纪50年代末，人造地球卫星发射成功，开辟了人类探测宇宙的新纪元。空间探测技术又给天文学带来惊人的发展。发射人造地球卫星、空间望远镜、宇航员飞登月球、探测器在火星着陆、环绕太阳极区飞行和飞出太阳系等等便是这些惊人发展的标志。空间探测所获得的天体物理信息，大大超过过去几千年天体信息知识的总和。现在对天体发出的各种波段的电磁波辐射都能进行观测，进入到全波段天文观测的新时代。这就是当代天文学的特色。在这样的时代背景下，当代天文学作为自然科学六大基础理论（数、理、化、天、地、生）之一，正以日新月异的观测成果与其他学科相结合，成为最富有生命力的多学科交会的科学领域。

每个时代对宇宙的认识成果，都具有鲜明的历史特色。当代天文学已形成自己完整的体系。若以研究方法分，有天体测量学、天体力学和天体物理学；若以观测手段分，天文学包括光学天文学、射电天文学和空间天文学；若以研究对象的空间尺度来分，则有太阳系、太阳、恒星、银河系、星系和宇宙学。另外还有研究天体史的天体演化学。当然，上述这些分支，每一个又包含许多方面。你看，古老的天文学已经在当代形成了完整的家族。为了加深对当代天文学的了解，就要了解当代天体物理学。

当代天文学中最活跃的领域就是天体物理学。它是用物理学的理论、方法和技术来研究天体的特征。因此，天体物理学也是物理学发展的一个分支。天体物理学又包括：太阳物理学、太阳系物理学、行星物理学、恒星物理学、星系天文学、宇宙化学、宇宙学、天体演化学和理论天体物理学等。理论天体物理学是以理论物理学的方法来研究天体的物理性质。近30年来，在这个领域又形成相对论天体物理、高能天体物理和等离子体天体物理等分支。理论天体物理的基本方法是把地球上实验室范围发现的规律应用到研究天体和宇宙中来。这就不仅说明天

体业已发生的现象，还可以预见尚未观测到的天体现象，使天文学的研究向更高层次跨进了一大步。这正是人类认识宇宙将要产生第四次革命的前奏。

下面举例说明天文学理论研究的预见性。

1932年发现中子不久，前苏联理论物理学家朗道就提出，宇宙中可能有由中子组成的密度极高的恒星。1939年，美国理论物理学家、第一批原子弹研制的主要技术负责人奥本海默，通过计算建立了第一个中子星的模型。到底有没有中子星呢？当时还只是理论上的纸上谈兵。天文观测一直关注着这个问题，但是未找到中子星。几十年过去了，1967年英国剑桥大学射电天文学家休伊什和贝尔发现了脉冲星。这样，天文学家确认脉冲星就是高速自转、有强磁场的中子星。终于证实了理论上预言的中子星。这是当代天文学中的杰出成就，被列为20世纪60年代“四大发现”之一。荣获了1974年诺贝尔物理学奖。

牛顿的万有引力理论在天文学中得到了广泛的应用和验证，取得了辉煌的成果。1859年，法国天文学家勒威耶发现水星绕太阳运动的轨道近日点存在反常的进动。其观测值比用牛顿

力学计算的值每百年快 $38''$ 。1882 年，美国天文学家纽康精确测出这个值为每百年 $43.11''$ 。这是为什么呢？19 世纪一些天文学家试图从牛顿力学理论给予解释，但均未成功，成为天文学中之谜。1915 年，著名物理学家爱因斯坦创建了《广义相对论》理论。根据《广义相对论》计算出水星近日点的反常进动值为 $43.03''$ ，这与纽康精确到的值十分接近。后来，金星和地球等行星的近日点反常进动值也测出，并与《广义相对论》理论计算值相一致。《广义相对论》就是关于引力相互作用的理论，在天文现象中，引力作用往往占主导地位。这就在天文学中验证了《广义相对论》理论的正确性。

按照《广义相对性》理论，可见光或其他波段的电磁波穿过引力场时会发生弯曲，这叫光线偏转。爱因斯坦指出，当遥远的恒星发出的光线从太阳边缘达到地球时，太阳引力将使该恒星光线偏转 $1.75''$ 。他请天文学家们在日全食的时候验证这个理论。你知道为什么要在日全食的时候验证吗？因为只有日全食的时候才能拍到日面边缘附近的恒星，才能将这样的恒星天区和平时拍摄的同样恒星天区相比较，测出恒星光线偏转的数值。这项大胆的预言能否

验证成功呢？1919年5月29日恰逢一次日全食，这次日全食带横跨大西洋东西两岸。全食时间最长达5分钟。应该说是一次难得的验证机会。第一次世界大战刚结束，一位最深刻理解相对论的天文学家、英国剑桥大学天文学教授兼剑桥大学天文台台长的爱丁顿，提出观测1919年5月29日日全食以验证爱因斯坦的理论。他以自己的科学热情和在学术界的影响，得到英国皇家天文学会的支持。为了确保日食观测成功，爱丁顿组建了两支远征考察队。一队赴南美洲巴西的索布腊尔，由克伦麦林率领。另一队赴西非的普林西比岛，由爱丁顿亲自率领。爱丁顿在筹备工作中已注意到日全食时的恒星背景天空中，日面正位于金牛星座中的毕星团附近，有较明亮的恒星，便于拍照和认证。两地观测均获得成功。普林西比队拍摄了16张照片，其中有一张照片有五颗恒星成像。以此求出恒星光线偏转值为 $1.61'' \pm 0.30''$ 。巴西队拍摄的有7张理想的照片，其中有12颗恒星成像极佳，以此求出恒星光线偏转值为 $1.98'' \pm 0.12''$ ，两队观测值都与爱因斯坦预见的值 $1.75''$ 符合得好。应该说，通过这次科学验证，证明了爱因斯坦的理论确实高超；同时天文学家们作出的科学验

证也同样高超，这确实是一次理论指导实践的伟大科学成就。广义相对论对水星近日点反常进动给予正确的说明，这显示了它比牛顿力学更高明，是极大的成功。但是，水星近日点反常进动问题的提出却不是广义相对论。而“光线偏转”从问题的提出，到偏转值的预报和观测验证方法全过程都是爱因斯坦提出的，当两支观测队公布了验证结果以后，轰动了全世界，爱因斯坦享誉全球。这是当代天文学和物理学的一大杰出成就。当爱因斯坦得知验证成功的消息时，40岁的爱因斯坦十分平静地说：“我知道这个理论是正确的。”

上述几例故事表明，理论研究对天文观测有重要的指导意义，今天人类的智慧已发展到把广袤的宇宙空间作为实验探索对象的新阶段。天文学正面临着时代的挑战。

天文学的应用

人类需要准确的时间。

早在原始社会，人们在劳动和生活过程中，头脑里逐渐产生了周期性的简单的数的概念，从传说中的“结绳记日”和“刻木记日”起，就有了日的概念，我国远在夏代（约公元前21世

纪至公元前 16 世纪) 就创立了立杆测影的方法, 用来判别方向、测定时间和定一年四季。这种最原始的天文仪器就叫圭。我国古代自西汉起就用 12 个时辰计时, 12 个时辰也含有 24 小时的意义。当然, 现在没有人再沿用这个计时的方法了。

不知你有没有想过: “假如我们今天的社会突然失去了统一的标准时间, 那将会产生怎样的混乱后果呢? 这种纯属臆造的问题, 也许从一个侧面让我们认识到统一的标准时间是多么的重要! 为此, 每个独立的国家或地区都必须有自己统一的时间计量系统。19 世纪中叶, 欧美一些国家相继采用全国统一的时间标准, 大多以本国首都或重要商埠的地理经度为标准时间。例如, 英国于 1804 年采用格林尼治时间为全国统一的时间。法国采用巴黎时间, 美国采用华盛顿时间等。到 19 世纪末叶, 由于国际贸易交往的频繁, 铁路交通、航空和航海业的迅速发展, 只有本国统一的时间标准还不够, 还必须要有国际统一时间标准。1879 年, 加拿大铁路工程师弗列明提出一个统一计量时间的区时系统。1884 年, 在美国华盛顿召开国际子午线会议决定, 采取以英国格林尼治天文台(旧址) 埃里中

星仪所在的子午线，作为标准时间和经度计量的起算子午线，叫本初子午线。

区时是怎样划分的呢？所谓区时，就是沿地理经度划分 24 个区间，按区计时。我们知道，地理经度是从本初子午线算起。向东西分别计量，从 0° — 180° 。本初子午线以东叫东经，以西叫西经。以本初子午线为标准线，把向东西各 7 度半（共包括经度 15° ）的区间定为零时区。叫格林尼治时间。这样，从东经 7 度半至 22 度半为东一区；从西经 7 度半至 22 度半为西一区。依次排下去。东 12 区和西 12 区重合。全球共分为 24 个时区。每个时区内都把中央子午线，即以地理经度 0° 、东西经 15° 、东西经 30° 、……为中央子午线时间称为区时。这样划分的结果是：在每个时区内的区时和地方时之差不会大于 30 分钟。相邻的时区时间都差一个小时。由于地球从西往东自转、东边地区总比西边地区早见到日出。，因此可以推知，东一区的时间比零时区早一小时，东二区比东一区早一小时，……而西一区则比零时区又晚一小时，……零时区的区时也叫世界时。

当然，实际划分时区也并不完全以地球经度为标准，各国都要考虑自己的行政区域和自

然界线。现在，世界上大部分国家都采用以时区为标准的时间计量体系，有些国家在自己的领域内采用几个时区的时间，例如，美国和加拿大等。有些国家据根自己的需要和传统采用标准时间，如印度、伊朗和阿富汗等。由此可见，在现代社会交往中，国家内部和国际交往都要有统一而方便的时间体系。

我国幅员辽阔，从东经约 73° 至东经 135° ，横跨东五区、东六区、东七区、东八区和东九区，共有五个时区。解放后，全国统一采用首都北京所在时区的区时为标准时间，这就是我们都熟悉的“北京时间”。所谓北京时间，就是以东经 120° 经线为准的地方平太阳时，即东八区的区时。可见，北京时间并不是北京当地的时间。北京的地理经度是东经 $116^{\circ}21'25''$ 。根据 $360^{\circ}-24$ 小时，两者换算成时间差即为： $120^{\circ}-116^{\circ}21'25''=3^{\circ}38'35''$ 。经换算为 14 分钟 34 秒。也就是说，北京地方时比“北京时间”要晚 14 分钟 34 秒。北京时间比格林尼治时间（世界时）早 8 个小时。即北京时间 = 世界时 + 8 小时。

时间是连续的，并且具有均匀的流程。过去、现在和将来都一样。这样，以一种均匀的周

期运动便可作为计时的基准，以此来表达事物先后变化快慢的时序。人类发现可以利用日月星辰有规律的东升西落的运动或节律，来粗略地帮助计时。这就导致了计时器的诞生和发展。比如，滴水、人体的脉搏跳动、雄鸡啼鸣、花开花落、流沙和燃香等等。圭表和日晷都是人类发明的最古老的天文计时仪器，可以把它们称为太阳钟。1665年，荷兰物理学家惠更斯制成第一架摆钟，这是计时器发展史上一个里程碑。1676年，英国人丹索·勒康制成的怀表上有了时针和分针。1760年，机械钟上有了秒针。1924年，研制出最精确的邵特天文摆钟，成为授时的母钟。20世纪20年代末发明了石英钟，50年代又发明了原子钟，使天文测时转向物理时间，这是人类计时史上划时代的革命。

说到这里，如果有人问你：“准确时刻是怎样来的？”或许你会毫不犹豫地回答：从广播电台播出的时号得来的。如果再问：“广播电台的准确时号又是怎样来的？”简单的说，广播电台只是播出民用时号，时号准确到 $1/10^7$ ，它的准确精度还是靠天文台提供修正的。每个国家都有自己的时间服务机构。我国的时间服务机构是陕西天文台，它每日24小时向全国和全世界

播发时号，其授时精确度优于 0.1 微秒。随着科学技术的飞速发展，对时间服务工作要求越来越高，不仅要求的精度高，而且要求的方面广。比如，勘测资源、划定国界、大地测量、远洋航行、远程飞行、导弹和人造天体发射与跟踪、编制星表、标准频率的测定、研究原子内部结构、理论物理学中相对论的验证等等，都要有高精确度的时间参数。总之，社会生产和生活的各个方面都时刻享受着时间服务。

人人都离不开天文历法。

天文历法中的日、月、年的概念和整个人类文明社会紧密地联系在一起。历法就是根据地球自转、地球绕太阳公转和月球绕地球运动等天文现象变化的规律，安排日、月、年和节气的法则。这些法则的根本问题是要符合天象，符合人们的生活习惯，因此，我们说天文历法是严格的。

历法的渊源可以追溯到人类的早期历史。我们祖先早在新石器时代，已能根据正午太阳高度的变化，测出一年的长度；并逐渐认识到太阳在众恒星背景中也是周而复始、万古奔波的。这就是天文历法的渊源。我们古籍《尚书·尧》中就有关于夏代以前，帝尧的天文官用星象定