

科 学 家 谈 未 来 科



图 示 天 文 学

蒋世仰 / 编著

◆ 湖南师范大学出版社

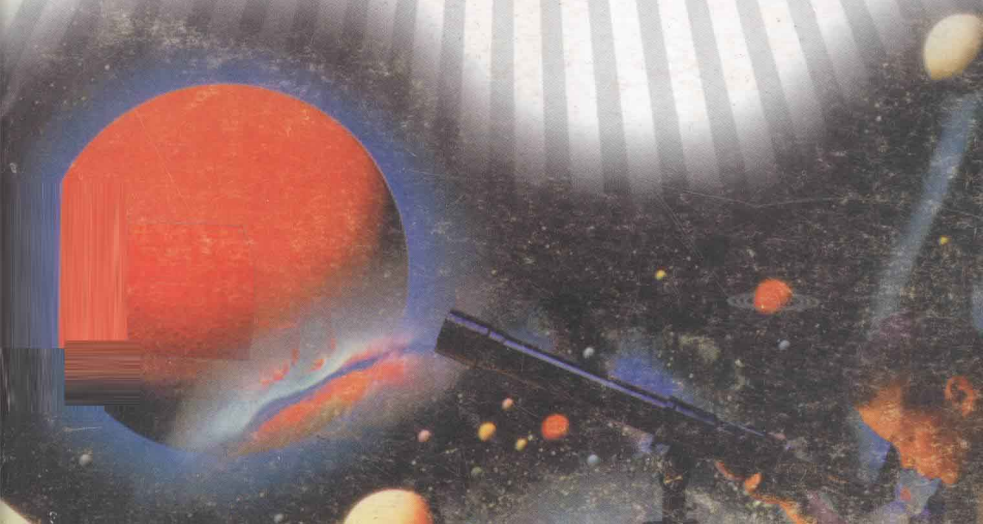


图 示 天 文 学

蒋世仰 编著

湖南师范大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

图示天文学 / 蒋世仰编著 . — 长沙 : 湖南师范大学出版社, 2001.6

(科学家谈未来科技)

ISBN 7—81031—991—4/P·002

I . 图 ... II . 蒋 ... III . 天文学 — 普及读物
IV . P1—49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 030627 号

图示天文学

编 著 : 蒋世仰

策 划 : 龚维忠

组 稿 : 孙利军

责任编辑 : 沈文选

责任校对 : 全 健

湖南师范大学出版社出版发行

(长沙市岳麓山)

湖南省新华书店经销 湖南省岳阳印刷厂印刷

850×1168 32 开 4.5 印张 102 千字

2001 年 6 月第 1 版 2001 年 6 月第 1 次印刷

印数 : 1—5200 册

ISBN7—81031—991—4/P·002

定价 : 9.00 元

总 序

徐冠华

(国家科学技术部部长)

《科学家谈未来科技》丛书与广大读者见面了。它们精练地介绍了现代科学技术基础知识，并主要论及其未来发展趋势。

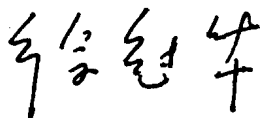
丛书共有 14 册，它们涉及物理世界、化学世界、宇宙繁星、茫茫太空、广阔深邃的海洋、人类居住的行星地球、生命之谜、太空生存与地外文明、太空航行、绿色能源、造万物的材料、制造自动化、信息世界、社会可持续发展等。全书图文并茂，向读者展现出自然界的图景，以及人类在生存和发展中改变自然环境的多种技术。它们包含着大量的知识，引导读者不断地追求知识，进入无限宽广的科学技术世界。

在人类发展的历史长河中，科学技术是人类创造的最成熟的知识体系，正是它使人类认识自然、认识自我，摆脱愚昧，从而建立起近现代文明，并将一直指引着人类走向更加文明的世界。

在构筑人类文明的过程中，中华民族曾创造了灿烂辉煌的古代文明，但自近代以来，我们落后了。华夏儿

女从反思中觉醒，并经一百多年的艰苦奋斗，才从近代社会转向了现代社会。在未来社会中，更需要崭新的科学技术知识，这就使我们立志，必须终身不断地学习，创造崭新的知识，最大限度地从整体上提高全民的科学文化素质。惟其如此，在新的历史时期，中华民族才能再现辉煌。

丛书的宗旨就在于启迪广大民众，特别是广大青年，在进入人类知识的海洋中，奠定牢固的基础，开拓视野，激起求知的兴趣，立志攀登科学技术的高峰。

Handwritten signature in black ink, reading '谢震华' (Xie Zhenhua).

2001年1月3日

目 录

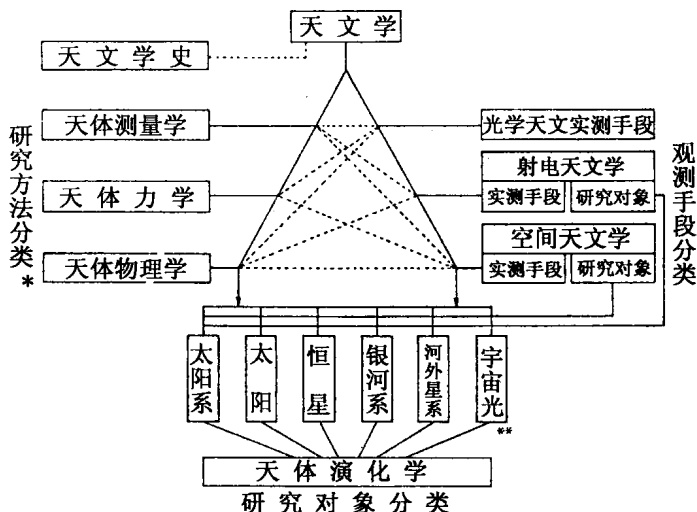
一、你知道吗?	(1)
二、太阳和它的子孙们.....	(9)
三、千姿百态的恒星世界	(65)
四、银河和银河系.....	(110)
五、河外星系和分类.....	(112)
六、玄而又玄的宇宙论.....	(125)

一、你知道吗？

1. 什么是天文学？

年轻的朋友们，你知道什么是天文学吗？什么是天文学研究的范围吗？这是一个既简单而又有趣的问题。天文学就是研究一切与“天”有关的事物的科学。什么是“天”呢？从古至今“天”的观念变化很大，但总是相对于“地”而言的，也就是“地”以外的一切事物。到了现代我们可以把天文学定义为：研究地球大气外全部物质世界的有关事理和规律的学科。因此与古代不同，现代天文学与天气预报风马牛不相及。只是在研究日地关系时才会互相涉及。天文学是一门极其古老的科学。自从我们的老祖先伏羲和女娲来到人世，就面对着美丽神秘的天体世界而好奇生趣，进而循其规律而日作夜息，四季耕牧。所以古圣哲制造日晷和璇玑玉衡来确定日月星辰的运动规律并编定历书，从而诞生了天文学。多才的诗人屈原大胆遐想而问天，揭开了宇宙学研究的宏伟篇章。成书于战国时代的《墨经》把宇宙定义为“宇，就是全部的空间，宙就是全部的时间，万物是在空间和时间的运动中”；同是战国人尸佼也明确地指出了宇宙的时空四维属性：“上下四方为宇，往古来今为宙。”且当时道家的宇宙创始和演化理论与近代的“量子宇宙理论”的定性说法几乎是一样

的，即宇宙生于无，由极小而变极大，有生有灭，这一个毁灭了另一个又诞生了，是以天外有天，以至无穷，毫无尽头。古人常以知天文下知地理来形容一个人的知识渊博，足以说明天文学内容之深广及其对于民生的重要。



* 这里所说的“方法”包括理论和实验两方面的内容。* * 指现代宇宙学研究的对象。

图1 天文学的研究对象和方法

伴随着人类智慧的发展和生产力的不断提高，通过系统细致的观测和认真耐心的推演，人们对于宇宙和太空的认识越来越深广，天文学的内容也越来越多更新更奇。从直观上看太阳和天体在东升西落，且太阳在恒星间沿黄道每天西行约1度。但是战国时尸佼已意识到这只是地球运动的反映。秦朝宰相李斯更明确地提到与地球公转有关的“地日行一度”。1800年后哥白尼正式提

出以太阳为中心，否定了教会以地球为中心的学说。开普勒从帝谷的观测资料中整理出天体运动的三大定律。牛顿力学和光学望远镜的发明，不仅使我们对太阳系有了完整而正确的了解，还揭开了工业革命而改变了人类的生活面貌。我们认识的太阳系由五大行星扩大成了九大行星，还有一大群小行星加上彗星在不停地绕太阳运转。地球和地外行星还拥有各自的卫星，有的还有大小和厚薄不同的光环。自 1957 年前苏联发射成功第一颗人造地球卫星以来，人类已经发射了上千颗卫星，还发射了多艘飞出太阳系的宇宙飞船。1969 年 7 月 20 日阿波罗 11 号飞船登月舱第一次实现了人类登上月球的愿望，使古老的嫦娥奔月神话成了现实。伴随着人类逐步移居月球和火星，21 世纪天文学研究的重心将由地面转向空间。

2. 何处是天文台的理想台址？

天文学研究的对象在天上，最基本的工作是观测天体，也就是接受和分析来自天体的信号。而这些信号是负载在各种波长的电磁波上的。因此天文学家的首要任务是利用各种“望远镜”去收集天体的电磁波。可是地球大气会吸收电磁波且对不同的电磁波吸收程度也不同。所以天文学家就要尽量避免地球大气的吸收，把现代天文台建筑在晴朗干燥的高山上，或干脆建筑在地球大气之外。同时还要避免环境信号和太阳的干扰。在地球上，很多的观测只能在夜晚进行，因为大气散射日光使得天空十分明亮。到了大气外，这种散射非常微弱，只需要挡住日光直射就行了。在地球大气外也有几类地方，我们可以列出下表加以比较：

天文台址比较

	地面	地球轨道	月基	外太空轨道
无大气		✓	✓	✓
稳定性	✓		✓	
射电宁静			✓	
低热背景		✓	✓	✓
不间断观测			✓	✓
低引力		✓	✓	✓
就地取材	✓		✓	
低造价	✓	✓		
磁场屏蔽	✓	✓		✓
温度稳定	✓			✓
低流星危险	✓			

可以看出月基和外太空台址有很多优点。最大的问题是造价较高。但是随着生产力的提高，社会越来越富，造价将是可承担的。

对于光学/红外/亚毫米波望远镜，在未来的 100 年内，地面观测仍然有一定优势。特别是中国西藏的定日高原，那几年晴夜数超过 300，水气含量极低，应当加以利用。目前中国的国民生产总值还太低，国家无力投资开发，30 年后，一定可以在那儿建立天文台。

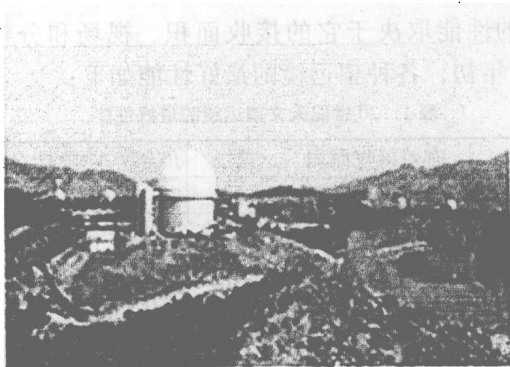


图2 北京天文台兴隆观测站

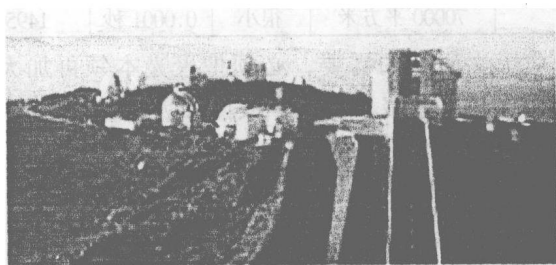


图3 欧洲南方天文台

3. 使用什么样的天文仪器？

近代天文学家使用着各种天文望远镜：中微子望远镜，Gamma 射线望远镜，X 射线望远镜，紫外望远镜，光学望远镜，红外望远镜，亚毫米波望远镜，毫米波望远镜和射电望远镜等接收天体电磁波的望远镜。20 世纪 80 年代起又在研制接收引力波的引力波望远镜。

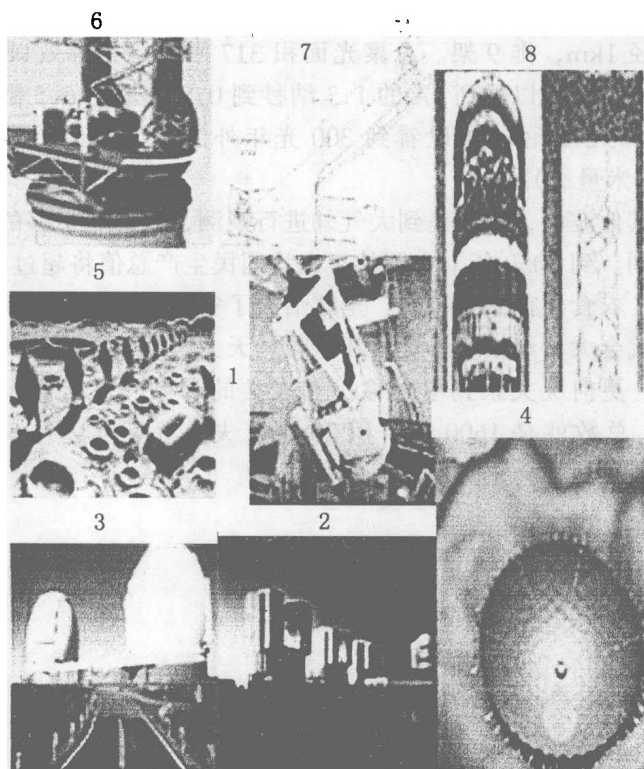
望远镜的性能取决于它的接收面积、视场和分辨细节的本领。到 2000 年初，各种望远镜的最好性能如下：

表 1 20 世纪天文望远镜的最好性能

望远镜种类	有效接收面积	视场	角分辨本领	32.6 光年处线长度
中微子望远镜	12.5 兆加仑纯水		方向性差	
Gamma 射线望远镜	2050 平方厘米	1 弧度	5~30 分	3000 天文单位
X 射线望远镜	1.13 平方米		0.1 秒	1 天文单位
紫外望远镜	1 平方米		0.1 秒	1 天文单位
光学望远镜	201 平方米	20 平方度	0.01 秒	0.1 天文单位
红外望远镜	同上	同上	0.1 秒	1 天文单位
亚毫米波望远镜	78.5 平方米	很小	0.002 秒	2990000 千米
毫米波望远镜	177 平方米	很小	0.001 秒	1495000 千米
射电望远镜	70000 平方米	很小	0.0001 秒	149500 千米

要想适应天文研究的需要，必须把聚光本领再加大 100 倍，角分辨本领再提几个量级。在光学波段加大望远镜的聚光本领不能完全靠加大口径，因为望远镜的焦距与口径成正比，焦距太长会极大地限制可用视场，单纯加大口径还会大大地增加制造难度和成本。必须采用射电仪器行之有效的多望远镜综合口径法，欧洲南方天文台的甚大望远镜阵已经采用了这种办法，投入 4 亿马克，获得 201 平方米，平均每平方米 2 百万马克。分辨本领能够达到 0.01 秒，但视场大小半度。简单地复制 100 台这组仪器，需要 400 亿马克，2000 亿人民币。这个价格是目前中国国民生产总值的 2.2%，显然负担不起。30 年后，计算机技术的进步和国民生产总值的提高，这个比例将降低到 0.13%，就完全是可行的了。角分辨本领可以达到要求，但视场不能扩大。如果简单复制中国正在建造的“大天区面积多目标光谱巡天望远镜”，就需要 1600 台，每台 3 亿人民币，总造价 4800 亿人民币。视场够

了，负担提高到 0.32%，仍然是可以考虑的。因此 30 年后中国可以考虑到西藏的定日高原建立地面上满足天文学家需要的最大光学/红外/亚毫米波望远镜阵。



1. 中国 216 望远镜；2. 欧共体 16 米望远镜；3. 美国 13 米凯克望远镜；4. 美国空间望远镜；5. 月基望远镜；6. 中国大天区多目标光谱巡天望远镜；7. 下一代空间望远镜；8. 康普顿伽马射线望远镜

图 4 形形色色的天文望远镜

30年后中国有能力到月球上建立天文台。可以考虑建立远红外干涉仪、引力波望远镜和低频射电望远镜阵。而一个最佳的月面望远镜计划是月基光学-紫外-红外综合孔径望远镜,由42架3.1米望远镜排成两个同心圆。外圆直径20km,排33架,内圆直径1km,排9架。总聚光面积317平方米,等效口径20米。角分辨率可以达到1A的1.3纳秒到0.5微米的6.5微秒和400微米的5毫秒,可以看到300光年外的恒星表面上的黑子(10万千米量级)。

在其他波段,主要是到大气外进行观测,只要有足够的钱就可以办到。到2050年,中国的年人均国民生产总值将超过10万人民币,衣食住行富裕有余。全球消灭了贫困,和平安定而无须军备,就会大量地投资于玩乐和探险。天文研究无疑是最具魅力的项目,更何况关系到星际移民和人类的未来。每年每人投入100元,总数就是1600亿。积20年工夫,就可以达到3.2万亿,上天入地都会是方便的。

二、太阳和它的子孙们

1. 洄游不止的太阳系

在遥远的古代，白天，人们能看见光芒四照的太阳；夜晚能看到形状常变的皎洁月亮和亮暗不等的星星，并注意到许多星星的相对位置是固定不变的。但有 5 颗亮星却在众星之间不断地移动。人们把“不动”的星星称为“恒星”，“动”的星星称为“行星”。水星、金星、火星、木星和土星就是肉眼能看见的五大行星，中国古代统称为“五星”，再加上太阳、月亮总称为“七曜”。这也就是阴（月亮）阳（太阳）五行的由来。

近两个世纪，天文学家又发现了 3 颗大行星（天王星、海王星和冥王星），成为九大行星。离太阳最近的是水星，依次是金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星和冥王星。除了水星和金星之外，所有的行星都有卫星。在火星和木星之间存在着数十万颗大小不等、形状各异的小行星，这个区域叫小行星带。加上许多彗星、流星以及稀薄的微尘粒和气体等就构成了太阳系。以冥王星为边界的太阳系的直径将近 118 亿千米，或约等于地球到太阳距离（叫做天文单位）的 79 倍。但是实际的大小可以延伸到 10 万个天文单位以上。太阳质量占太阳系总质量的 99.8%，所以太阳系中大部分地区几乎是空旷无物的。

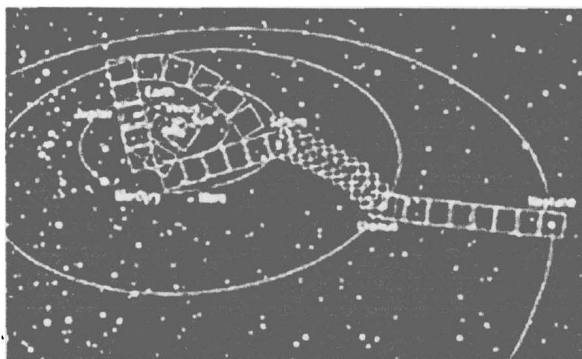


图5 太阳系鸟瞰

2. 生命和光明的母亲——太阳

(1) 各国人民崇拜的太阳

太阳是光明和生命的根本，没有太阳就没有生命。从古至今世界上的任何民族都对它顶礼膜拜，不少国家的国旗上绘有太阳的形象。中华民族的先民把自己的祖先之一的炎帝尊为太阳神。彝族的祖先十分崇拜太阳而推演出12个月的太阳历和火把节。

太阳位于太阳系的中心，是一颗质量不大的充满活力的壮年恒星。它处于银河系距银心约1万秒差距（一秒差距等于3.26光年，一光年为光线在真空中一年内走过的距离，等于94670亿千米）的旋臂内，银道面以北约8秒差距处。太阳的直径为139.2万千米，



图6 太阳

是地球的109倍；体积为141亿亿立方千米，是地球的130万倍；质量近2000亿亿亿吨，是地球的33万倍，是太阳系99.865%的质量：因此是个绝对至高无上的“国王”。

(2) 分层平衡的太阳结构

太阳是离地球最近并能让人们观测到表面细节的惟一恒星。我们直接观测到的是它的大气层，从里向外可以分为光球、色球和日冕三层。通常我们只能观测到明亮的光球，在光球上的张角接近半度（32分）。

太阳是个炽热的分层气体星球，没有固体的星核。从中心到边缘可分为核反应层、辐射层、对流层和大气层。太阳中心的密度和温度极高，发生着由氢聚变为氦的热核反应，而该反应足以维持太阳能源100亿年，因此太阳目前正处于中年期。太阳大气的主要成分是氢（质量约占71%）与氦（质量约占27%）。



图7 太阳表面结构

光球就是我们肉眼看到的太阳圆面，有一个清楚的圆周界线，太阳的可见光几乎全是由光球发出的。光球的表面是气态的，平均密度只有水的亿分之八。光球厚达500千米，极不透明。光球上密密麻麻地分布着极不稳定的斑点，叫“米粒组织”。其寿命只有几秒到几分钟。随着观测仪器和技术的进步，可以看到越来越小的细节。米粒组织可能是光球下面气体对流产生的现象。另外，还有超米粒组织，其直径与寿命要比米粒大得多。在光球上还分布着太阳黑子和光斑，偶尔还会出现白光耀斑。这些活动现象有着相差悬殊的亮度、物理状态和结构。

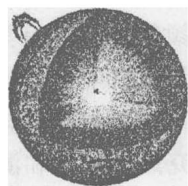


图8 太阳内部结构

所谓太阳黑子是光球层上的黑暗区域。发展完全的黑子是由