中国科技的梦想与荣光

中国天眼

——探寻宇宙深处的奥秘

韦中燊　刘树勇　娄可华　著



河北出版传媒集团
河北科学技术出版社

图书在版编目（CIP）数据

中国天眼：探寻宇宙深处的奥秘 / 韦中燊，刘树勇，娄可华著. -- 石家庄：河北科学技术出版社，2019.9

ISBN 978-7-5717-0055-3

Ⅰ. ①中… Ⅱ. ①韦… ②刘… ③娄… Ⅲ. ①射电望远镜—介绍—中国 Ⅳ. ①TN16

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第217251号

中国天眼——探寻宇宙深处的奥秘

韦中燊　刘树勇　娄可华　著

出版　河北出版传媒集团　河北科学技术出版社

地址　石家庄市友谊北大街 330 号（邮编：050061）

经销　新华书店

印刷　北京兴星伟业印刷有限公司

开本　700 毫米 × 1000 毫米　1/16

印张　14

字数　178 000

版次　2020 年 4 月第 1 版

印次　2020 年 4 月第 1 次印刷

定价　35.00 元

序

中国科技在古代曾经灿烂辉煌，为人类文明做出过重大贡献。但是自明末之后，中国科技开始渐渐落后于西方。新中国成立之初，中国科技特别是高新技术领域几乎一穷二白，在极其困难的情况下，中国科技工作者发扬自力更生、艰苦奋斗精神，奋起直追。1964 年 10 月 16 日 15 时中国第一颗原子弹爆炸成功，1967 年 6 月 17 日 8 时中国第一颗氢弹空爆试验成功，1970 年 4 月 24 日 21 时中国第一颗人造卫星发射成功……以“两弹一星”为标志，中国开始了自身现代历史上第一次自主科技创新的历程。1978 年全国科学大会召开，中国迎来了“科学的春天”，在航空航天、超级计算机、海洋科学、超级工程、医药科技等众多领域取得了举世瞩目的成就。进入 21 世纪以来，我国科技发展突飞猛进，取得了一批引领世界的科技成果。正如习近平总书记在党的十九大报告中指出：“创新驱动发展战略大力实施，创新型国家建设成果丰硕，天宫、蛟龙、天眼、悟空、墨子、大飞机等重大科技成果相继问世。”一系列“叫得响、数得着”的科技成果，惊艳世界。这些科技成果既增强了我国综合国力，又为改善人民生活水平做出了重大贡献。

河北出版传媒集团领导高度重视宣传我国发展伟大成就，亲自谋划选题，指导河北科学技术出版社组织有关专家、科普作家编写了这套《中国科技的梦想与荣光》科普图书。这套书主要介绍了包括太空探索、北斗导航、中国天眼、量子通信、中国大飞机、深海探测、巨型计算机、中国高铁等近些年对中国乃至世界产生重大影响的科技成

果。在这套书中，读者在了解当代最前沿科学技术知识的同时，还会从中看到我国科学技术工作者“坚持、坚忍、坚韧”的可贵品格和“勤奋学习，自主创新”的精神；在生动有趣的科学故事中，读者可以了解到其中蕴含的科学思想、科学精神和科学方法，潜移默化中提高自己的科学素养；读者也会从科技工作者的勤奋、创新、拼搏和献身精神中受到鼓舞，并以更大的决心去迎接未来的挑战，为实现中华民族的伟大复兴而努力奋斗。

2019 年是新中国成立 70 周年，把新中国取得的科技成就宣传好，让更多的人了解中国科技发展历程，了解中国科学家艰苦奋斗、勇于创新的精神，在全社会形成爱科学、学科学、用科学的浓厚氛围，是一件很有意义的事情，我愿意向广大读者推荐这套科普图书。

中国工程院院士 

2019/9.

前 言

“中国天眼”，这个名词对很多人来说，应该不算陌生了！可是，如果要追问一句，你知道“中国天眼”到底是什么吗？或许，你会说那不就是一个巨大的望远镜吗！是的，“中国天眼”确实是一个巨大的望远镜，但是，它又不是普通的望远镜。

那么，它与我们一般概念中的望远镜又有着怎样的不同呢？“中国天眼”只是人们对这个望远镜的爱称，它真实的学名又是什么呢？它是怎么诞生的？它又有着怎样的秘密？还有，拥有“天眼”对中国又有怎样的重大意义呢？

这一连串的问题，恐怕大家就不好轻易回答得出来了！

这本书的目的，就是带着大家认识人类观测星空宇宙的历史，了解望远镜发明与发展的历史。望远镜的发明和发展，大大地拓展了人类认识世界、认识宇宙的视野，“诱惑”着人们去尝试揭开一个个秘密——宇宙到底是怎么起源的？星空深处到底还有没有其他的智慧生命？

随着时代的进步，科技的发展，人类的本领也越来越大，但是，人类对自然环境的破坏也越来越严重。甚至，除了我们看得到的山山水水自然环境之外，就连我们看不见的电磁波环境也没有能够幸免于难。如果说，我们人类就生活在电磁波的海洋里，真的是一点也不夸张。或许，有人要问，谈电磁波的话题跟中国天眼又有什么关系呢？关系当然是有的，因为人类探索星空宇宙奥秘的时候，主要凭借的就是来自于星空深处天体的各种电磁波，这些电磁波携带着大量的信息，解读出这些信息，对人类更好地认识星空宇宙的奥秘至关重要。但遗憾的是，这些星空深处的电磁波“来客”，很容易被地球本土电磁波所干扰。于是，为了寻找最后的净土，为了在地球电磁环境被彻底破



坏之前争取最后的机会，全世界的天文学家们发出了倡议：要抓紧建造新一代功能强大的射电望远镜！

但是，不得不承认，在射电天文学方面，中国是落后的。在天文学家们发出倡议的时候，中国最大的射电望远镜口径只有 25 米，而在国外，百米以上口径的射电望远镜已经不是什么稀罕的玩意儿。

南仁东，一个后来被称为“中国天眼”之父的人，一个在当时还算不上名气太大的人，敏锐地意识到——中国必须抓住这个难得的机遇，迎难而上，制造属于中国自己的大射电望远镜。在南仁东的倡议下，在成千上万的科研人员、工人、当地居民团结协作，无私奉献建设下，最终“中国天眼”应运而生！

其实，“中国天眼”这个神奇望远镜的真名叫作“500 米口径球面射电望远镜”，对应的英文名为“Five-hundred-meter Aperture Spherical radio Telescope”，简称“FAST”。从此，“中国天眼”和“FAST”就成了这个大射电望远镜最常用的两个名字。

2016 年 9 月 25 日，中国天眼落成仪式上时任中共中央政治局委员、国务院副总理的刘延东同志宣读了中共中央总书记、国家主席、中央军委主席习近平发来的贺信。信中写道：

“浩瀚星空，广袤苍穹，自古以来寄托着人类的科学憧憬。天文学是孕育重大原创发现的前沿科学，也是推动科技进步和创新的战略制高点。500 米口径球面射电望远镜被誉为‘中国天眼’，是具有我国自主知识产权、世界最大单口径、最灵敏的射电望远镜。它的落成启用，对我国在科学前沿实现重大原创突破、加快创新驱动发展具有重要意义。”

当再回过头来看那段历史的时候，我们将被深深感动！“中国天眼”不仅代表了中国在这一领域已进入世界最前沿，还体现了中国人民不畏艰难奋发向上的民族文化精神，展现了中国强大的综合国力和众志成城实现中国梦的伟大决心。

编　者

2019 年 9 月

目 录

一、“肉眼观天”的时代…… 1
从“钦天监”说起…… 1
宇宙形象的代表——蟹状星云…… 5
超新星的记录…… 7
充满想象力的二十八宿…… 9
巴比伦星表…… 11
到底什么是“地心说”…… 12
哥白尼与日心说…… 15
观天牛人——第谷…… 17

二、中国古人的观天智慧…… 20
凝聚中国古人智慧的浑天仪…… 20
不可思议的水运仪象台…… 23
中国天文仪器制造史上的飞跃——简仪…… 26
充满历史感的古观象台…… 29

三、望远镜的发明与发展…… 32
父子发明权之争…… 32
伽利略发现的秘密…… 33
开普勒的改进…… 37
折射式望远镜的发展…… 39
牛顿与反射式望远镜…… 41
造镜大师威廉·赫歇尔…… 44

四、著名的大型光学望远镜…… 49
现代大型望远镜简介…… 49
此胡克，非彼胡克…… 51
望远镜里的海尔…… 54
双子座——凯克…… 56
甚大四兄弟…… 59
另一对“双子”…… 64
中国的兴隆 2.16 米…… 65
外形与众不同的郭守敬…… 67

五、立足太空的空间望远镜…… 72
空间望远镜的早期发展…… 72
最坚强的太空勇士——哈勃空间望远镜…… 74
千呼万唤难升空的詹姆斯·韦伯…… 83
功成身退的赫歇尔空间天文台…… 87
普朗克望远镜…… 90
欲与嫦娥长相守——月基望远镜的构想…… 92



六、颠覆传统观念的射电望远镜 94
射电望远镜简介及相关参数介绍 …… 94
射电望远镜发展简史 …… 96
昔日王者——阿雷西博望远镜 …… 101
生命力顽强的英国“洛弗尔” …… 105
当今世界之最——甚大阵射电望远镜 …… 110
阿塔卡玛大型毫米波天线阵（ALMA） …… 113
平方千米射电阵（SKA） 115

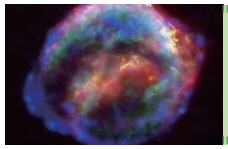
七、“中国天眼”诞生记…… 120
诞生的契机 …… 120
我想要个家 …… 123
撸起袖子加油干 …… 128
FAST 的成长简史 …… 134

八、“中国天眼”——工程与艺术结合的结晶 …… 135
话说“大锅”工作之原理 135
第一个里程碑式的节点 … 137
复杂而具开创性的索网结构 …… 139
促动器——主动变位的动力之源 …… 141
揭开反射面的神秘面纱 … 142
天眼之珠——馈源舱 …… 145
严防死守的屏蔽技术 …… 149
威力无穷的“机器人” … 150
独特的长短腿设计 …… 153
机器人中的驱动工程 …… 155
光纤——FAST 的“视觉神经” …… 160

九、“中国天眼”的用武之地… 163
宇宙灯塔脉冲星 …… 163
宇宙基石之中性氢 …… 173
“昙花一现”之快速射电暴 …… 177
最佳合作的典范——甚长基线干涉测量 …… 180
天体里的“四不像”——类星体 …… 182
探索外星生命的线索——星际分子 …… 186

十、“天眼之父”——南仁东… 189
认识南仁东 …… 189
“咱们没有，咱们也建一个吧！” …… 192
走进贵州的群山 …… 193
新的困境 …… 196
“自力更生”出来的新起点 …… 199
冲锋在前的旗手 …… 201
落成 …… 204
“中国天眼” …… 206
与人民在一起 …… 207
优秀的南仁东团队 …… 209

后 记 …… 216



一、“肉眼观天”的时代

日，有东升西落；月，有阴晴圆缺。斗转星移，星河灿烂，一切的一切，都悄然地发生在我们的视野之中。不知道从哪一刻开始，人类的视野从地面上升到了天空。视野的拓展，眼界的扩大，让人类变得更加智慧。最初的那个时代里，人类观天的工具绝对是原生态的，一双明亮的眼睛，再加上一点浪漫的想象，构建了人类最原始的宇宙观。

“不知天上宫阙，今夕是何年？”天上有宫阙否？还是让我们先追溯历史的足迹，看看“肉眼观天”时代的先辈们，借助那一双双“慧眼”到底看到了些什么。

从“钦天监”说起

对于看过古装剧的人来说，“钦天监”这个名词应该算不上陌生。那么，到底什么是“钦天监”呢？简单来说，就是中国古代国家天文台，



钦天监匾额

承担观察天象、颁布历法的重任。钦天监正，相当于国家天文台台长。把这个职能部门称为“钦天监”，开始于明朝，一直沿用到清朝。不过，具有类似功能的职能部门，早在我国的秦、汉时期就已经存在了。这样一个职能部门的存在，足以说明我国在“观天”这件事情上，有着非常悠久的历史。甚至，据说在公元前 24 世纪的尧时代，就已经设立了专门的天文官，专门从事“观象授时”了（所谓的观象，就是观天象；授时，则与农业有关，就是什么时候该播种，什么时候该收获，等等的意思）。

有专门的职能部门，有专门的工作人员，中国毫无疑问也就成了世界上天文学起步最早、发展最快的国家之一。不仅如此，天文学也成了我国古代最发达的四门自然科学之一（其他三门分别是农学、医学和数学）。



清朝的钦天监工作人员

几千年的积累，留下了非常可观的“观天”资料。著名的历史典籍《春秋》和《左传》之中，都有着丰富的相关记载。这两本书所描述的历史阶段，在我国历史上被称为春秋时期，从公元前 770 年到公元前 476 年，大概是距离现在两千五六百年的样子。虽然是“肉眼观天”的时代，没有什么先进的工具，但是观测到的内容还是涉及很多方面，诸如日食、太阳黑子、流星雨、彗星，等等。

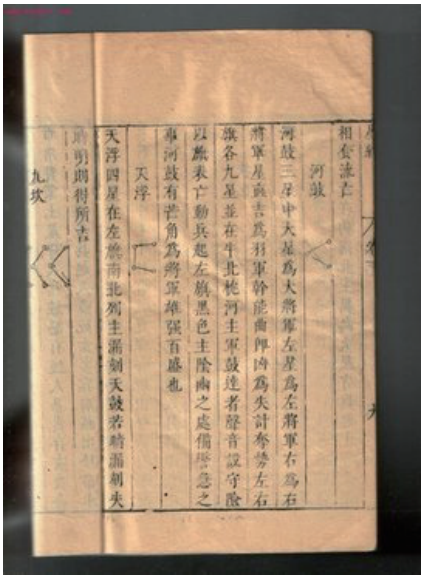
从鲁隐公元年（公元前 722 年）到鲁哀公十四年（公元前 481 年）的 242 年之间，一共记录了 37 次日食，其中的 32 次现在完全可以证明是可靠的。这份记录，应该是世界上最早的天象记录了。



甲骨文上的月食记载

鲁庄公七年（公元前 687 年）有这样的记载：“夏四月辛卯，夜，恒星不见。夜中，星陨如雨。”这段文字，正是天琴座流星雨的最早记载。流星雨，正是人类通过肉眼可以观测到的一种华丽的天文现象。

鲁文公十四年（公元前 613 年），“秋七月，有星孛入于北斗”。这里面描述的，正是人类历史上最早的关于哈雷彗星的记录。哈雷彗星之所以被称为哈雷彗星，是因为后来哈雷借助于牛顿的万有引力定律和相关的天文学记录，推算出了这颗特殊彗星的回归周期，人们为了纪念哈雷的功劳，才将这颗古老的彗星命名为哈雷彗星的。

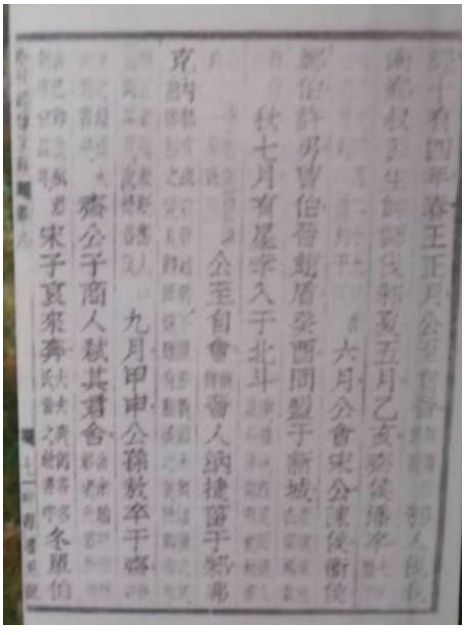


《甘石星经》内页

《甘石星经》是我国古代一部著名的天文学专著和观测记录，也是世界上现存最早的天文著作之一，仅次于公元前 1800 年出现的

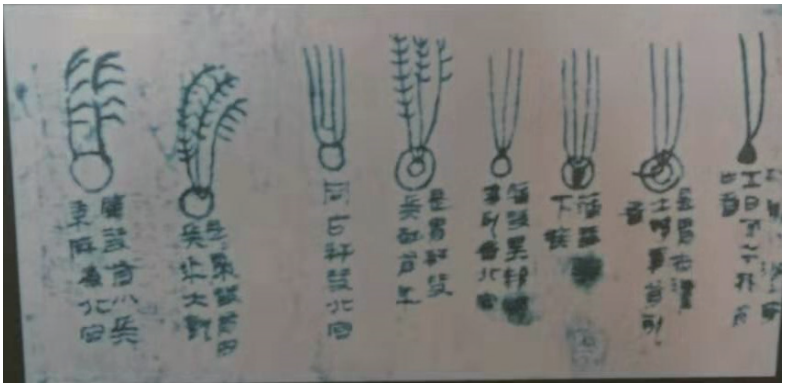
巴比伦星表。《甘石星经》的作者并不是一个叫“甘石”的人，而是两个人。其中的“甘”，叫甘德，是战国时期的齐国人，他留下的著作叫作《天文星占》，一共八卷。另一个“石”，叫作石申，是战国时期的魏国人，他的著作叫作《天文》，也是八卷。《甘石星经》其实是这两本书的合成，虽然里面有很多内容是涉及占星的，但是不可否认的是，里面确实有很多天文观测资料。

据我国科学家席泽宗研究证明：甘德已发现木星的 3 号卫星，比意大利伽利略和德国麦依尔的同一发现早了将近 2000 年；甘德、石申所测定的恒星记录，是世界上最早的恒星表。书中记录了 120 颗恒星的位置，以现在的观测结果来看，当时的观测数据还是比较准确的。它比欧洲第一个恒星表——希腊伊巴谷的星表早约 200 年。



我国古籍关于哈雷彗星的记载

我国最早的天象观察，可以追溯到好几千年以前。无论是对太阳、月亮、行星、彗星、新星、恒星，以及日食和月食、太阳黑子、日珥、流星雨等罕见天象，都有着悠久而丰富的记载，观察仔细、记录精确、描述详尽，其水平之高，达到令人惊讶的程度，这些记载至今仍具有很高的科学价值。在我国河南安阳出土的殷墟甲骨文中，已有丰富的天文现象的记载。这表明远在公元前 14 世纪时，我们祖先的天文学就已经很发达了。举世公认，我国有着世界上最早、最完整的天象记载。我国是欧洲文艺复兴以前天文现象最精确的观测者和记录的



长沙马王堆出土的古代关于彗星的相关记载

最好保存者。

宇宙形象的代表——蟹状星云

星云是由星际空间的气体和尘埃结合成的云雾状天体。蟹状星云，是人类目前观测到的众多星云之中极具代表性的存在。

蟹状星云位于金牛座，距离地球大约 6500 光年，大小约为 12 × 7 光年，亮度是 8.5 星等，肉眼是看不见的。蟹状星云的第一张照片，是美国天文学家在 1892 年拍摄到的。此后的 30 年时间里，天文学家们又陆续地拍摄到了很多蟹状星云的照片，在对比这些照片的时候，他们惊奇地发现蟹状星云居然是在不断扩张着的，而且扩张的速度居然达到了 1100 千米 / 秒。在这种情况下，人们不由得对蟹状星云的起源问题产生了兴趣。根据蟹状星云的扩张速度，天文学家采用逆推的方式，经过一番计算之后，得到了一个有意思的结论：在 900 多年前，蟹状星云很可能只有一颗恒星的大小。

1928 年，美国天文学家哈勃首次把蟹状星云与超新星扯上了关系，他认为蟹状星云是 1054 年的超新星爆发后留下的遗迹。

不过，在西方的史料中，人们并没有找到相关的任何记录，以证明哈勃的观点。但是，偏偏在中国的史料中，却找到了很多有关 1054



蟹状星云

年曾有过超新星剧烈爆发的珍贵记录资料。

1054 年，正是中国的宋朝时期，据说，那一年的七月，一名叫杨惟德的司天监官员，向皇帝奏报了一条重要的信息——天空中出现了一颗“客星”。事实上，当我们翻阅历史记录时，真的是可以找到数条相关记录的。

“己丑，客星出天关之东南可数寸。嘉祐元年三月乃没。”见：李焘，《续资治通鉴长编》（北京：中华书局，2004 年二版，卷 176，页 4263）

《宋史·天文志第九》：“至和元年五月己丑，出天关东南可数寸，岁余稍没。”

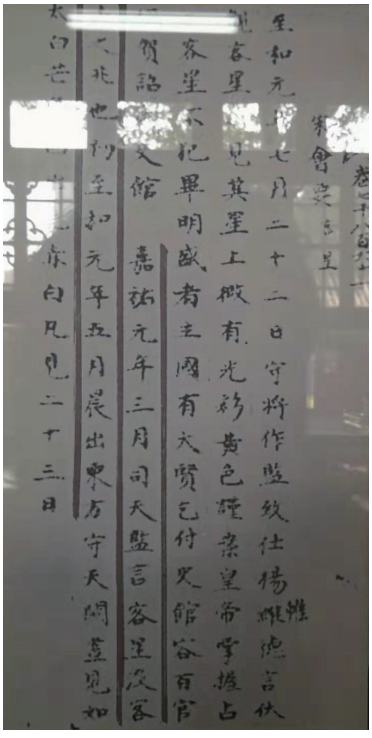
《宋史·仁宗本纪》：“（嘉祐元年三月）辛未，司天监言：自至和元年五月，客星晨出东方，守天关，至是没。”

《宋会要》：“嘉祐元年三月，司天监言：‘客星没，客去之兆也’。初，至和元年五月，晨出东方，守天关。昼如太白，芒角四出，色赤白，凡见二十三日。”

日本《明月记》：“天喜二年四月中旬以后，丑时客星出觜参度，见东方，孛天关星，大如岁星。”

概括上述记录，可以看到在“宋至和元年五月己丑”（即 1054 年 7 月 4 日）开始，有“客星”出现在天关（即金牛座 ζ 星）附近，星

的颜色是赤白。在最初的 23 天里，即使在白昼，其光度也如“太白”（即金星）。这颗“客星”一直到一年多后的“嘉祐元年三月辛未”（即 1056 年 4 月 5 日）才消失不见。



古籍上有关客星的记载

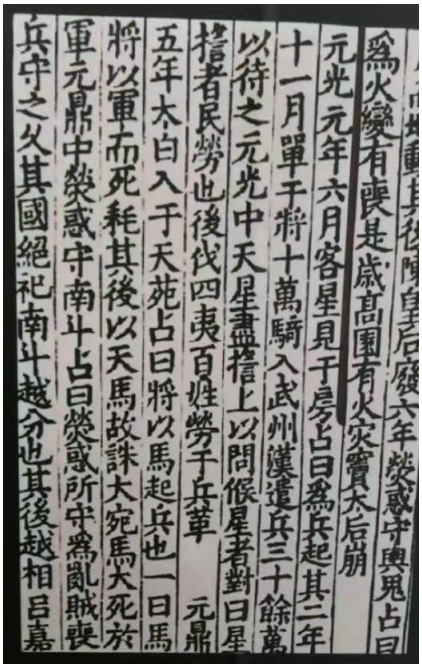
这个客星真是一个“不速之客”，来了就不走。在 23 天的时间里，像太白金星一样亮，白天都可以看到，即所谓“昼见如太白”，“凡见二十三日”。客星彻底看不到的日期是 1056 年 4 月 6 日，距离客星出现的日期 1054 年 7 月 4 日已经整整经过了 643 天。在这将近两年的时间里，只要能看到客星，司天监的人员总是坚持不懈地进行观测，他们详细地记录了客星的位置、颜色和亮度变化。这些详细的观测资料虽然大部分已经遗失，但仅仅就是这些流传下来的简短记载，已经让后人钦佩不已了。

一直以来，“蟹状星云”都是被人类研究最多的太空目标之一，它已经被科学家们看作是宇宙的形象代表。

超新星的记录

有些恒星本来很暗，但是因为内部突然发生剧烈的变化，它的亮度会在几天的时间里增加几千倍甚至几百万倍。天文学上把这样的恒星叫作新星，也叫作客星。

我国从汉代开始，史料上记录的新星大约有 90 多颗，其中大部分都是世界上其他国家没有记载过的。早在公元前 14 世纪的时候，也就

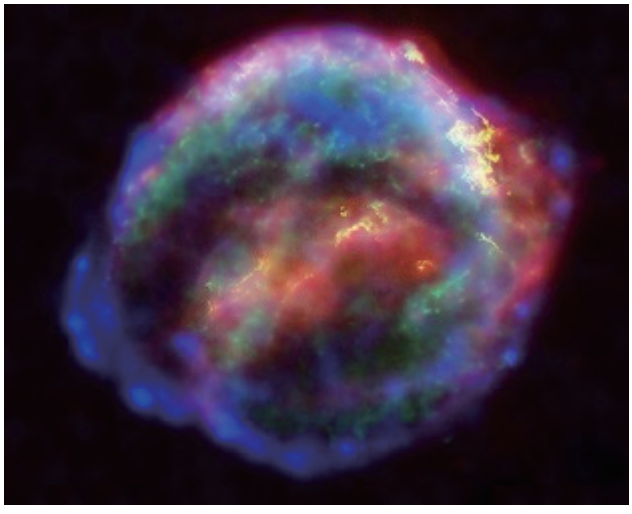


关于客星的古籍记载

是殷商时代的甲骨文中，就已经出现了关于新星的记载。被世界各国公认的一次是《汉书·天文志》中的记载：“元光元年（公元前 134 年）六月，客星见于房。”这里所说的“房”，指的是二十八宿里的房宿，相当于现在天蝎星座的头部。这里记载的这颗新星正是希腊天文学家喜帕哈斯所观察到那一颗。

超新星的亮度比新星的还要大上几百倍。从殷商时代开始，我国已经有了对超新星的观察和记录。

国外关于超新星的记录，现在已经确定的有 1006 年、1054 年、1572 年和 1604 年发现的四颗，而关于这四颗超新星的记载，我国史书上都有。当然，这其中以 1054 年记载的最为著名，也就是我们在上文中介绍蟹状星云时提到的那一颗。



超新星爆发图像

超星新爆发之后形成的星云中，既有光学脉冲、射电脉冲，

也会发射出 X 射线和 γ 射线。这些辐射都有一个基本稳定的脉冲周期，大概是千分之三十三秒。现代由于射电天文学的飞速发展，为了寻找银河系里射电源和超新星的对应关系，外国学者都开始很感兴趣地研究起我国古代关于新星和超新星的记录。经过分析之后，发现我国古代的十二个超新星记录中，有八九个是对应于射电源的。

从这个角度来说，我国古代在恒星观测上的这些成就，对现代天文学也是有着重大贡献的。

充满想象力的二十八宿

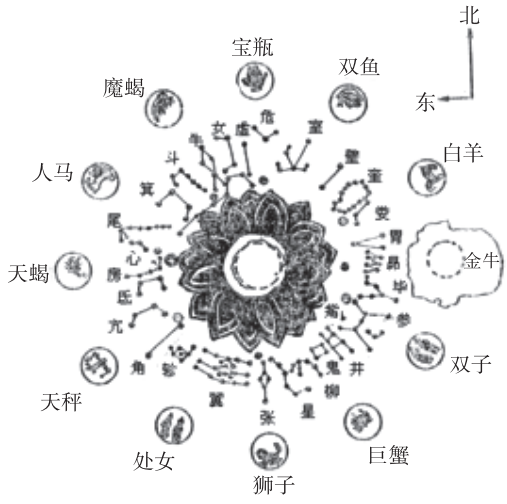
满天星斗，数不胜数。为了更好地辨识满天繁星，古人在有了足够的观测积累之后，开始有意识地对相关的星体进行分类划分。二十八宿，就是古人对漫天星体划分后的结果。

二十八宿，又名二十八舍或二十八星，它把南中天的恒星分为二十八群，且其沿黄道或天球赤道（地球赤道延伸到天球上对应的大圆）所分布的一圈星宿。它分为四组，又称为四象、四兽、四维、四方神，每组各有七个星宿，其起源至今尚不完全清楚。

最初的时候，古人为比较太阳、太阴（月亮）、金、木、水、火、土的运动而选择了二十八个星官，作为观测时的记录名称。“宿”的意思和黄道十二宫的“宫”类似，是星座表的意思，表示日月五星所在的位置。到了唐代，二十八宿成为二十八个天区的主体，这些天区仍以二十八宿的名号为名称。

二十八宿，东西南北四方各七宿。东方青龙七宿是角、亢、氐（dī）、房、心、尾、箕，北方玄武七宿是斗、牛、女、虚、危、室、壁，西方白虎七宿是奎（kuí）、娄、胃、昴（mǎo）、毕、觜（zī）、参（shēn），南方朱雀七宿是井、鬼、柳、星、张、翼、轸（zhěn）。

为了更好地弄清楚二十八宿的分布，在这里不妨先花一点时间了解

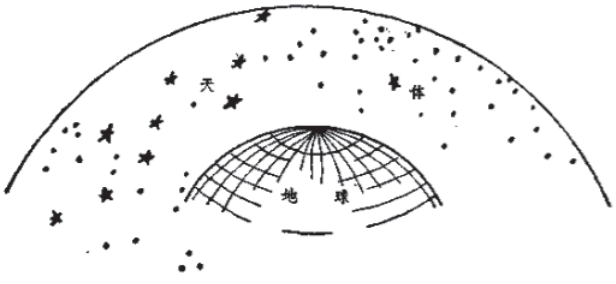


二十八星宿

一下古代天文学中经常涉及的几个概念。

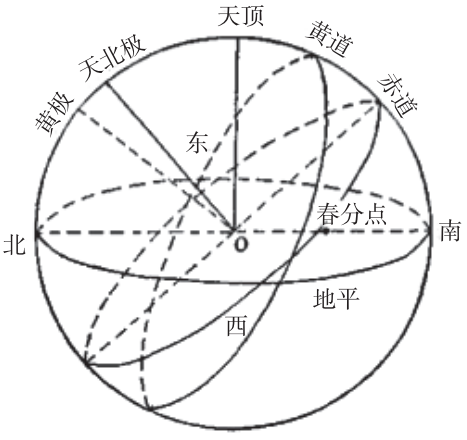
第一个概念就是“天球”。如果在晴朗的夜晚，天空布满繁星（当然，现在要想看到繁星，就必须要到空气质量极高的乡间了），当人们在空旷的原野上静静地仰望星空时，会感到天空恰好就像一个巨大的半球一样。由于地球的自转和公转，对于地上的人们来说，整个星空其实就好像在自东向西地移动着。时间长了之后，人们感觉到了这个巨大的半球并不是静止的，而是绕着一根无形的轴悄无声息地转动。那么，以观察者为中心，以视线为半径，就可以把笼罩在我们头上的星空设想为一个球，古人就把这个神秘莫测的球叫作“天球”。古人对星空的所有设想，都是在这个“天球”的范围内展开的。

第二个概念是“黄道”。以天球为背景，人们观测到的太阳和月亮各个时刻的位置都是在变化的，这些变化的位置就形成了它们在视觉上的运动轨迹。由于太阳是金黄色的，所以这条轨迹就被称为了“黄道”，至于月亮的视运动轨道，则被称为“白道”。在现代的天文学中，地球实



天球构想示意图

际上是绕着太阳公转的，所以相对而言太阳被认为是不动的。于是，就把地球绕着太阳公转的轨道在天球上的投影定为了黄道。或者，更为确切地说，黄道是地球公转轨道平面与天球相交的大圆。古人在黄道两侧各延伸出八度，然后把这一共十六度的范围内称为“黄道带”，凡是肉眼能够看到的一切星球的运动都是在这个黄道带之中的。



天球模型示意图

第三个概念是“天赤道”。天球的赤道，其实就是地球赤道在天球上的投影。更为严格地说，就是地球赤道所在的平面与天球相交的一个大圆。

古人发现日月五星在广阔无际的天空中往返不息，难以掌握它们的运动规律，就设想依据恒星在天球上的位置，将天球划分为一定的星空区域，也就是把黄道、天赤道附近的天空划分为二十八个星空区，这就是所谓的二十八宿。

当然，二十八宿的创立，并不是一次简单的划分，它是经过漫长的年代，无数人不断地观察，经历数次演变而最终形成的。

巴比伦星表

星表就是记载天体各种参数（如位置、运动、星等、光谱型等）的表册。据说，巴比伦星表应该是人类历史上最早的一部星表了。不过，严格意义上说，巴比伦星表与现代意义上的星表还是有很多不同的，因为巴比伦早期的天文学知识是和占星术混杂在一起的。当然，关于这一点也并不奇怪，在很长的一段历史里面，人类仰望星空，肉眼观天的目的，



楔形文字泥板

就是想从天上群星的运行之中寻求某种暗示，达到趋吉避凶的目的，即便是我们上面的提到的那部《甘石星经》，其中也不可避免有很多占星的内容。

巴比伦古老的文字，被称为楔形文字，是写在泥板上的，流传下来的内容中，有很多关于水、金、火、木、土五个行星的运行观测和日食预测等信息。

在巴比伦时代，观测天体是僧侣的职责，观星的目的是为了占星术服务。在观测的基础上，古巴比伦的僧侣们建立了星座的概念。在天神安娜的轨道（即天赤道）上，他们建立了 12 个星座。在地神恩里尔的轨道上，他们建立了 23 个星座——北半天的星；在水神伊阿的轨道上，他们建立了 12 个星座——南半天的星。在公元前 12 世纪的记载中，带有动物名称的星座名已经开始出现，诸如金牛、狮子、天蝎、摩羯等。

公元前 650 年的亚述巴纳帕尔时代，就已经有了将动物星座 12 等分的记载。另外，在波斯人征服迦勒底的公元前 538 年之前，迦勒底人也早就已经使用黄道的概念。他们的天文学就是以黄道为基准发展起来的，在这个基准的基础上，他们对日月星辰的运行进行了描述。

到底什么是“地心说”

“肉眼观天”获得大量观测结果积累到了一定的程度之后，人们便开始着手构建宇宙的结构。在这个过程中，逐渐形成了两个不同的派别：

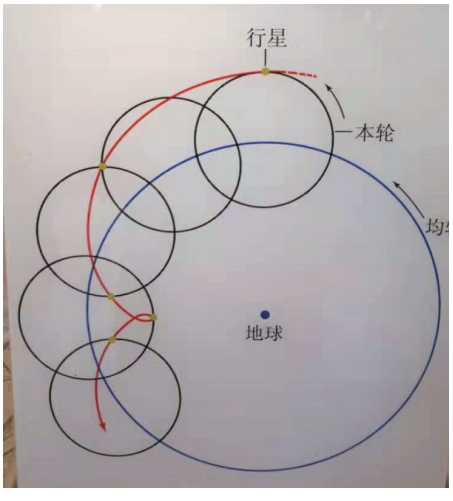
一种认为地球是宇宙的中心，另一种则认为地球不是宇宙的中心。其中，认为地球是宇宙的中心的派别最后形成的学说，就是所谓的地心说。

大概在公元前 5 世纪的时候，一个叫作菲洛劳斯（Philolaus，公元前 480—？）的学者在他的著作中告诉我们，毕达哥拉斯学派承认地球是一个球体，如果假定地球在运动的话，就可以非常简单地解释当时所能够看到的各种天体的视运动了。



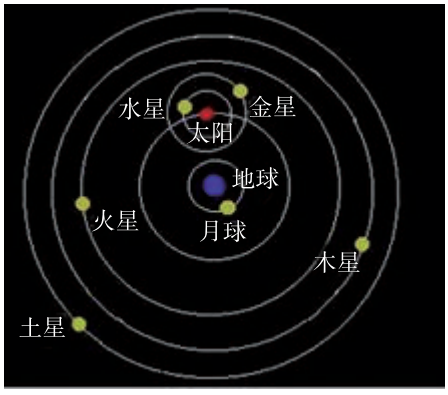
托勒密

完整提出地心假说的古代学者有两个人，一个叫希帕克（Hipparchus，公元前 161—前 125 年左右），另一个叫托勒密（C.Ptolemy，90—168）。希帕克在罗德斯观察台工作了 35 年，进行过很多观测，不仅发现了岁差现象，还编制了一份含有大约 1000 颗恒星的星表。



本轮均轮之说示意图

希帕克先假设地球是宇宙的中心，再进一步说明，只要假设日、月、行星等天体每一个都有一个对应的轨道，也就是所谓的本轮，而这些本轮又在一个更大的圆轨道之上，即均轮上，绕着地球运行，就可以解释日、月、行星等天体的视运动了。希帕克的假设，是建立在大量的实际观测基础上的，所以当时他的这套



地心说学说示意图

理论在预测日食和月食方面还是比较准确的。

托勒密是在希帕克等人工作的基础上，对相关见解进行了一次伟大的综合，从而提出了系统的地心假说。托勒密来自于古希腊晚期的亚历山大城，是一位著名的天文学家和地理学家。他所撰写的《大综合论》是当时最有影响的天文学百科全书。1175 年，这本书的阿拉伯文译本被翻译成了拉丁文，从此，在整个文艺复兴时代，它统治了欧洲天文学界的思想。

托勒密地心假说的基本内容是：地球不动地处于宇宙中心，但又稍微偏离中心。太阳、月亮在偏心圆上直接绕着地球运动。行星则在一个个小圆（本轮）上运动，这些本轮的中心则沿着一个大圆（均轮）绕地球运动。其中，水星和金星本轮的中心位于地球和太阳的连线上，而木星和土星到它们各自本轮中心的连线，总是平行于地球和太阳的连线。在这个学说中，所有的恒星都位于一个叫作“恒星天”的固体壳层里，至于恒星天以外的天层就是神的住所了。

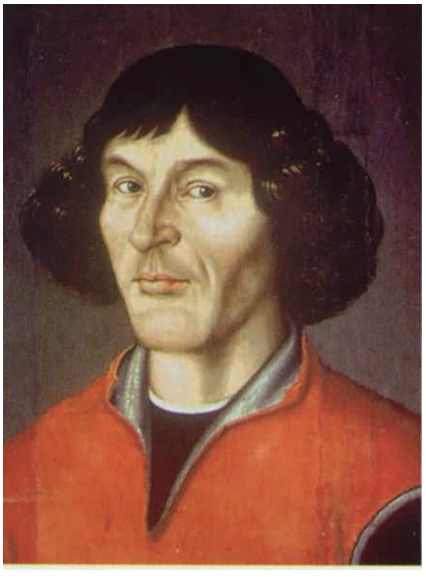
在只凭借肉眼粗略观测的情况下，托勒密的地心体系不仅较好地总结了历代天象观测资料，而且在后来很长的一段时间里，还能够结合各个时代的实际需要，在经过繁杂的计算之后，足够好地预言行星运行的路径。所以，在很长的历史时期里，托勒密的地心学说在航海等领域之中，的确是发挥了很大的作用。

只是，很遗憾的是，到了 13 世纪中叶的时候，教会的相关人员对相关学说进行了篡改，将它们变成了宗教禁锢科学思想的枷锁。所以，我们现在应该将作为天文学体系的托勒密地心学说与教会篡改、利用来禁锢科学思想的地心宇宙观区别开来，两者其实并不是完全的一回事。

哥白尼与日心说

上面提到的，关于宇宙结构的构建，有两种派别，第二种派别认为地球不是宇宙的中心，他们把太阳当作了宇宙的中心。第一个提出太阳中心猜想的人是古希腊天文学家阿利斯塔克（Aristarchus，公元前315—前230左右），他认为“恒星与太阳是不动的，地球沿着一个圆周的轨道绕太阳运动，太阳在轨道的中心”。地球绕轴自转，月球绕地球转动。很显然，这些观点站在今天的角度来看，基本都是正确的。只是，很遗憾的是这些观点在当时都缺乏有力的证据，再加上其他的一些原因，所以并没有能够发展起来，被暂时尘封在了历史之中。

日心说真正登上历史舞台，成为天文学发展的革命性标志，已经是哥白尼时代的事情了。



哥白尼

哥白尼（1473—1543）1473年2月19日出生在克拉科夫（现在的波兰南部），他的父亲是一个商人。但是哥白尼的父亲很早就去世了，当时哥白尼才刚满10岁，后来，担任主教的舅舅将他抚养成人。1491年，哥白尼进入克拉科夫大学，在学习传统的哲学、逻辑学之外，选修了天文学，与那里的天文学家有了往来。1497年，他来到了波隆那大学，主修教会法。但是，他在这里的时候，还花了一定的时间学习了医学、天文学和希腊文，而且就是在这里开始了天文观测。1500年，哥白尼在罗马仔细地观测到了发生在11月6日的月食。

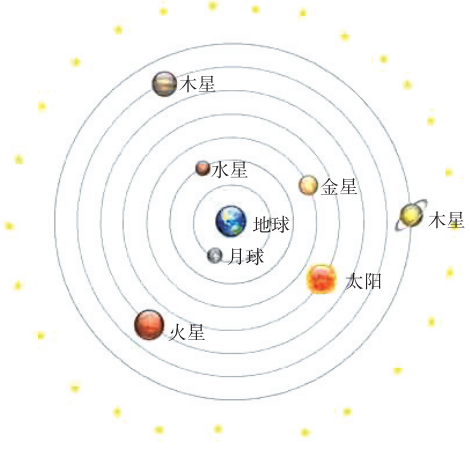
1503年，哥白尼获得了费拉拉大学的教会法博士学位。此后，他

回到故乡波兰，开始在教会任职。在教会任职的时候，他一边行医，一边坚持做天文观测。哥白尼的医术很高明，经常为穷人看病，有很高的声誉和影响力。

哥白尼对天文学的研究，很大程度上是受到他在波隆那时期的数学和天文学教授多明尼柯·玛利亚·达·诺瓦拉（D.M.de Norara，1454—1504）的影响，这位教授对托勒密的地心说很有意见，提出了不少的批评意见。与此同时，随着人类足迹的不断扩大，尤其是新航线的开辟，使得托勒密地心说中的矛盾不断地暴露出来。就是在这样的背景下，哥白尼开始了他长期不懈的天文学观测和研究。

1512 年，哥白尼把他任职城堡西北角的箭楼改建成了一个小型的天文台，在那里用自制的简陋仪器进行着天文观测和深入的计算、研究。他在《天体运行论》一书中所引用的 27 个观测数据，大部分是在这里记录下来的。

当时，哥白尼所使用设备的简陋程度简直是出乎人的意料。测量行星距离的“三弧仪”是用枞树杆削成的，再用墨水在上面画上刻度。照准器也是哥白尼自己雕刻的。测量月球和行星位置的“捕星器”，是用六根枝条绕制成圆圈做出来的。测定太阳中天时高度的“象限仪”，则是一块很大的右上角装着带刻度木环的正方形木板。搁架上的“水准仪”，也不过只是一个盛水的玻璃管。就是运用这些几乎原始的工具，哥白尼进行了有记录可查的 50 多次观测，其中包括日食、月食、火星、金星、木星和土星的方位等内容。



日心说模型示意图

1514 年 5 月，哥白尼写成了《天体运行论》，创立了“日心说”，推翻了“地心说”。但是他不敢把自己的这些认识公布于众，只能小心翼翼地以手抄本的形式在朋友之间流传。这个流传的过程，延续了数十年的时间，一直到了 1540 年的时候，哥白尼才同意把完稿十余年的《天体运行论》交给出版社正式出版。1543 年 5 月 24 日，《天体运行论》在纽伦堡正式出版，而当印好的著作交到哥白尼手中的时候，他已经处于弥留之际。

1543 年，也因此成了近代科学的开端，成为科学史上辉煌历史时期的起点。

《天体运行论》，又名《试论天体运行的假说》，长达六卷。第一卷中论述了太阳位于宇宙的中心，地球和其他行星都是绕太阳运行的。第二卷主要讨论地球的自转，指出地球是绕太阳运转的一颗普通行星。第三卷讲的是岁差问题。第四卷则谈了月球的运行及日月食的问题。第五、第六两卷则是用来阐述了水星、金星、火星、土星和木星五大行星的相关问题。

“日心说”的革命意义在于把唯心论哲学和宗教神学颠倒了的关于太阳系的认识纠正了过来，基本上恢复了它本来的面貌特征。这样的一次纠正，引发了一系列的连锁反应，最终导致了近代科学的发展壮大。

观天牛人——第谷

托勒密的地心学说在欧洲世界的影响，不管是积极的，还是消极的，总共延续了一千多年的时间。哥白尼日心说的建立，逐渐终结了地心学说的历史影响，但是这个过程并不是一帆风顺的，也不是一蹴而就的。依然有很多的重要人物，在这个过程中做出了自己的贡献。其中，就曾经有这么一位“肉眼观天”的牛人，用他的那一双“慧眼”，为哥白尼学说的稳固做出了不可磨灭的贡献，虽然他本人却信奉着托勒密的地心说，他就是丹麦天文学家——第谷·布拉赫（Tycho Brahe，1546—



第谷·布拉赫

1601）。他是最后一位，也是最伟大的一位用肉眼观测星空的天文学家。

1546 年 12 月 14 日，第谷出生在丹麦的斯坎尼亚省基乌德斯特普的一个贵族家庭。1559 年，年仅 13 岁的第谷进入了哥本哈根大学读书。1560 年 8 月的时候，他根据当时的预报成功地观察到了一次日食，这一次成功的观测大大地激发了第谷对天文学的兴趣。1562 年，第谷转学到德国的莱比锡大学学习法律。只不过，他将自己所有的业余时间都用在了天文学研究之上，是出了名的天文学谜，而且还小有成果。1563 年的时候，他就观测到了木星和土星相互靠近的现象，并因此写出了他的第一篇天文学观测记录。在撰写记录的过程中，第谷发现自己观测到现象的时间比当时的星历表预测的整整早了一个月，因此，他意识到当时的星历表其实并不够精确。于是，第谷的心中便有了一个想法，通过自己的长期观测，去编制一份更加精确的星历表。

1566 年，第谷开始到欧洲各国漫游，然后又在德国的罗斯托克大学专门攻读天文学。从这个时候开始，第谷开始了他毕生的天文学研究工作。

1572 年 11 月 11 日，第谷在仙后座发现了一颗新的明亮恒星，他便使用自己造的辅助仪器对这颗新发现的恒星进行了一系列的观测，这个过程一直延续到 1574 年 3 月，恒星变暗到看不见为止。前后 16 个月的详细观察和记载，取得了惊人的结果，彻底动摇了第谷内心对亚里士多德天体不变学说的坚持，为天文学的革命性发展奠定了坚实的事实基础。

1576 年，丹麦国王腓特烈二世将汶岛赐予了第谷，让他在这里建