

基础前沿科学史丛书

给青少年讲
宇宙科学

王爽 著

清华大学出版社

清华大学出版社
北京

版权所有，侵权必究。举报：010-62782989，beiqinquan@tup.tsinghua.edu.cn。

图书在版编目（CIP）数据

给青少年讲宇宙科学 / 王爽著. — 北京：清华大学出版社，2022.10
（基础前沿科学史丛书）

ISBN 978-7-302-61944-4

I. ①给… II. ①王… III. ①宇宙—青少年读物 IV. ①P159-49

中国版本图书馆CIP数据核字（2022）第180869号

责任编辑：胡洪涛

封面设计：意匠文化·丁奔亮

责任校对：王淑云

责任印制：宋林

出版发行：清华大学出版社

网 址：<http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址：北京清华大学学研大厦A座 邮 编：100084

社总机：010-83470000 邮 购：010-62786544

投稿与读者服务：010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈：010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印装者：三河市龙大印装有限公司

经 销：全国新华书店

开 本：165mm×235mm 印 张：11 字 数：119千字

版 次：2022年11月第1版 印 次：2022年11月第1次印刷

定 价：55.00元

产品编号：097598-01

丛书序

给面向青少年的科普出版点一把新火

2022年是《中华人民共和国科普法》通过的第20年，在这样一个对科普工作意义不凡的年份，由北京市科学技术委员会（以下简称市科委）发起，清华大学出版社组织的“基础前沿科学史丛书”正式出版了。这套书给面向青少年的科普出版点了一把新火。

2022年9月4日，中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于新时代进一步加强科学技术普及工作的意见》，进一步强调“科学技术普及是国家和社会普及科学技术知识、弘扬科学精神、传播科学思想、倡导科学方法的活动，是实现创新发展的重要基础性工作”。科学技术普及是科技知识、科学精神、科学思想、科学方法的薪火相传——是“薪火”，也是“新火”。

市科委搭台，出版社唱戏，这套书给面向青少年

的科普图书出版模式点了一把新火。市科委于2021年11月发布了“创作出版‘基础前沿科学史’系列精品科普图书”的招标公告，明确要求中标方在一年的时间内，以物质科学、生命科学、宇宙科学、脑科学、量子科学为主题，组织“基础前沿科学史”系列精品科普图书（共5册）出版工作；同步设计制作科普电子书；通过网络媒体对图书进行宣传推广等服务内容。这些服务内容以融合出版为基础，以社会效益为初心。服务内容的短短几句话，每一句背后都是特别繁复的工作内容。想在一年的时间内，尤其是在2022年新冠肺炎疫情期间，完成这些工作的难度可想而知，然而秉承“自强不息，厚德载物”的清华大学出版社的出版团队做到了。

中国科学家，讲好中国故事，这套书给面向青少年的科普图书选题内容点了一把新火。中国特色社会主义进入新时代，新一轮科技革命和产业变革正在深入发展，基础前沿科学改变着人们的生产生活方式及思维模式。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》提出：在事关国家安全和发展全局的基础核心领域，制定实施战略性科学计划和科学工程。物质科学、生命科学、宇宙科学、脑科学、量子科学等领域，迫切需要更多人才参与研究，而前沿科学人才的建设培养，要从青少年抓起。这5本书的作者都是中国本土从事相关专业领域工作的科学家，这5本书都是他们依托自己工作进行的原创性工作。虽然内容必然涉及科学史的内容，但中国科学家尤其是近些年的贡献也得到了充分展示。

初心教育，润物无声，这套书给面向青少年的科普图书科普创作点

了一把新火。习近平总书记提出：科技创新、科学普及是实现创新发展的两翼，要把科学普及放在与科技创新同等重要的位置。因此，针对前沿科技领域知识的科普成为重点。如何创作广受青少年欢迎的优秀科普图书，充分发挥科普图书的媒介作用，帮助青少年树立投身前沿科学领域的梦想，是当前科普出版工作的重点之一，这对具体的科普创作方法提出了要求。这套书，看得出来在创作之初即统一了整体创作思路，在作者进行具体创作时又保持了自己的语言习惯和科普风格。这套书充分体现了，面向青少年的科普图书创作，应该循序渐进，张弛有度，绘声绘色，娓娓道来，以科学家的故事吸引他们，温故科学家的研究之路，知新科学家的科研理念，以科学精神润物细无声。

靡不有初，鲜克有终。2022年10月16日，习近平总书记在中国共产党第二十次全国代表大会报告中强调“教育、科技、人才是全面建设社会主义现代化国家的基础性、战略性支撑”。且将新火试新茶，诗酒趁年华。希望清华大学出版社的这套“基础前沿科学史丛书”为广大青少年推开科学技术事业的一扇门，帮助他们系好投身科学技术事业的第一粒扣子，在全面建设社会主义现代化强国的新征程上行稳致远。

中国工程院院士

清华大学教授



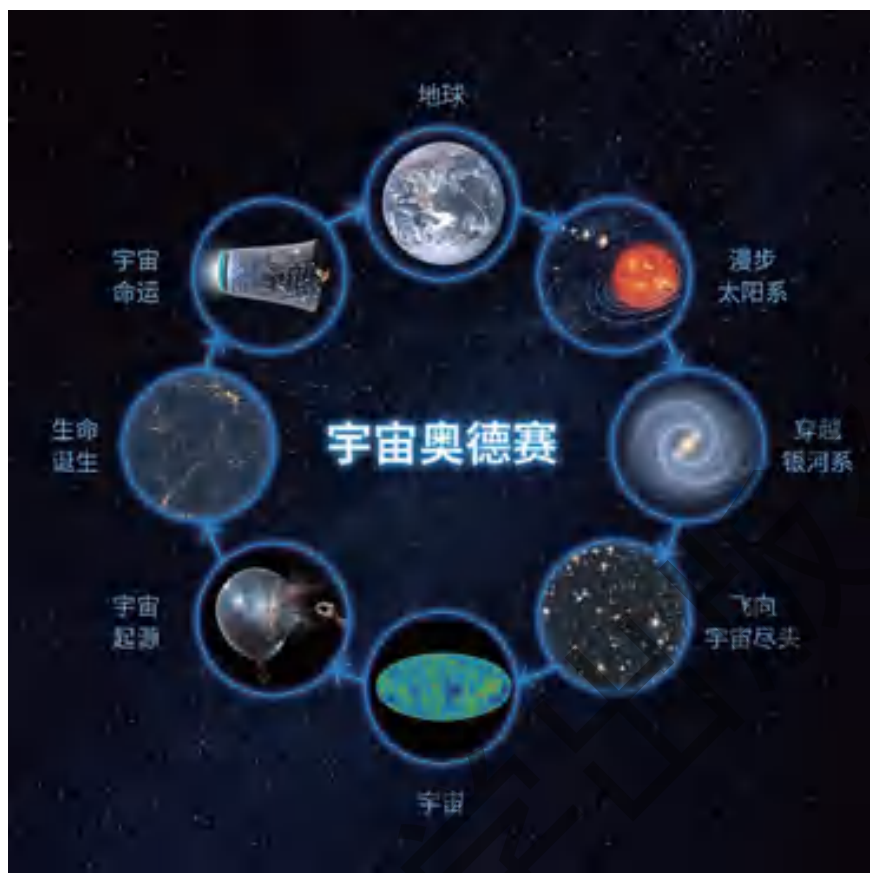
清华大学出版社

前言

2017年夏天，我开始规划一场名为“宇宙奥德赛”的环游宇宙之旅。

下图就是宇宙奥德赛之旅的规划图。旅程的前半段是空间之旅。我们从地球出发，按照由近及远的顺序，依次游历以太阳系为代表的行星世界、以银河系为代表的恒星世界和银河系之外的星系世界，最终到达宇宙的尽头，同时也是时间的起点。旅程的后半段则是时间之旅。我们会从宇宙创生的时刻出发，在时间长河中顺流而下，依次探寻宇宙起源、生命诞生和宇宙命运的奥秘，并最终回到今天的地球。旅程结束后，我们就能真正了解人类终极的三大哲学问题（我是谁？我从哪里来？我将往何处去？）的答案。

图中除“地球”和“宇宙”以外的每一个圆，都代表一本科普书。换言之，我计划用6本科普书的篇幅，来完成这场宇宙奥德赛之旅。



“宇宙奥德赛”系列的前两本书,《宇宙奥德赛:漫步太阳系》和《宇宙奥德赛:穿越银河系》,目前的豆瓣评分分别为9.1和9.2,双双跻身于读者口碑最好的中国本土科普书之列。此系列的第三本书,《宇宙奥德赛》也将于今年年底出版。

今年年初,清华大学出版社的胡洪涛主任问我,能不能写一本为青少年介绍宇宙科学的科普书。很自然地,我就想到可以写一个宇宙奥德赛之旅的简略版,也就是本书。

本书的逻辑主线,就是上图所展示的宇宙奥德赛之旅。我从这趟环游宇宙之旅中精选了12个最重要的主题,包括日心说和地心说、天文距离测量简史、标准烛光、银河系的大小、可观测宇宙的大小、宇宙

膨胀、暴涨、宇宙大爆炸、宇宙微波背景、恒星的一生、暗物质与暗能量、宇宙的终极命运。前6个主题，描述了前半段的宇宙空间之旅；而后6个主题，则描述了后半段的宇宙时间之旅。对这12个精选主题的阅读，可以为你构建一个关于宇宙的知识体系的骨架。

写作手法上，本书有两个最核心的特点：1. 内容可视化。全书几乎没有数学公式，所有科学知识都转化成了可视化的物理图象，再用通俗易懂的比喻来加以解释。2. 故事驱动。为了增加趣味性，书中穿插了大量的科学家的逸闻趣事。此外，我也借鉴了评书的创作技巧，在每一章的结尾都留下了一个承前启后的科学问题。相信你能感受到此书中倾注的心血和诚意。

准备好了吗？那我们就开始这场环游宇宙之旅吧。

清华大学出版社

目 录

- 1 日心说和地心说 / 1
 - 2 天文测距简史 / 15
 - 3 标准烛光 / 28
 - 4 银河系的大小 / 42
 - 5 可观测宇宙的大小 / 61
 - 6 宇宙膨胀 / 77
 - 7 暴胀 / 89
 - 8 宇宙大爆炸 / 103
 - 9 宇宙微波背景辐射 / 114
 - 10 恒星的一生 / 125
 - 11 暗物质与暗能量 / 143
 - 12 宇宙的终极命运 / 155
- 图片来源 / 162

清华大学出版社

日心说和地心说

1

估计很多人都听过这样的说法：1543年，波兰大天文学家哥白尼（Kopernik）提出了日心说，从而一举打破了长期居于绝对统治地位的地心说，实现了天文学的伟大变革。

我要告诉你的是，这种说法是错的。地心说和日心说的斗争历史，其实异常的曲折和漫长。

所以这门宇宙科学的第一节课，我就来讲讲地心说和日心说斗争的曲折历史。

早在2000多年前，古希腊人就提出了地心说和日心说。

人类很早以前就观察到，日月星辰似乎都在周而复始地绕着地球旋转。所以绝大多数人都认为，地球位于整个宇宙的中心。地心说就是这么起源的。

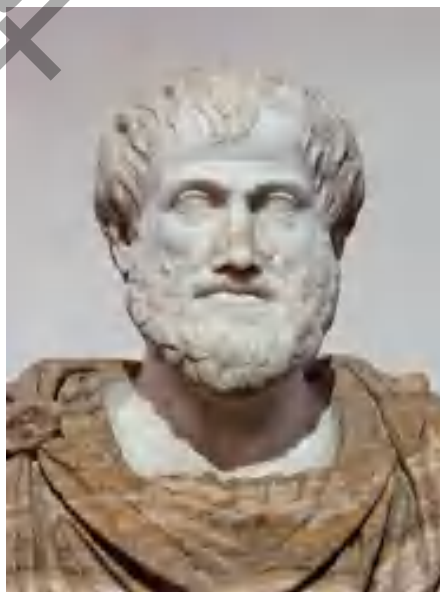
图1就展示了地心说的基本图像。地球位于宇宙的中心，就像是位于一个城市的市中心。地球周围有



图 1

7个圆形的轨道，相当于城市的7环：按从内到外的顺序，依次是月球、金星、水星、太阳、火星、木星和土星。这7个天体都在各自的圆形轨道上，沿着相同的逆时针方向绕地球旋转。在7环之外，还有一个大天球，其他的星星就散布在这个天球之上。

顺便说一下。地心说最大牌的支持者，是古希腊大哲学家亚里士多德 (Aristotle)。他提出了下面这个思想实验，来论证地球必须静止不动：



一个人原地向上跳，如果地球在运动，那么当此人落地时，就无法落回原地，而会落到其他的位置。但真实情况是，此人肯定会落回原地。所以亚里士多德就宣称，地球一定是静止不动的。

当然，以我们今天的眼光来看，亚里士多德的论证无疑是错的。聪明的读者，你猜到他到底错在哪里了吗？

不过，尽管有亚里士多德这样的超大牌支持者，地心说在古希腊时代并没有一统天下。因为它有一个很致命的缺陷，那就是行星逆行。之前说过，地心说认为，所有的行星都必须沿逆时针方向绕地球旋转。但是人们很早就发现，很多行星的旋转方向经常会突然变成顺时针。这种行星旋转方向突然改变的现象，就是所谓的行星逆行。这对早期的地心说来说，可谓是致命一击。



所以，就有了一群反对地心说的人。其中的代表人物，是古希腊天文学家阿里斯塔克（Aristarchus）。

阿里斯塔克的理论源于一个哲学命题。他认为，世界的本源是火。



既然火是万物的本源，那么火一定得位于全宇宙最重要的位置，也就是中心。所以，宇宙的中心一定是太阳。这就是日心说的起源。

图 2 就展示了日心说的基本图像。太阳位于宇宙的中心。在太阳的周围还有 6 个圆形轨道，相当于城市的 6 环：按从内到外的顺序，依次是水星、金星、地球、火星、木星和土星。这 6 颗行星都在各自的圆形轨道上，沿着相同的逆时针方向绕太阳旋转。而在 6 环之外，则是一个



图 2

散布着各种星星的大天球。

与地心说相比，日心说最大的优势是它可以很轻松地解释行星逆行的现象。所以尽管阿利斯塔克远远不如亚里士多德大牌，日心说依然与地心说分庭抗礼了将近 500 年。

直到公元 140 年，一个超级天才的横空出世，才彻底打破了地心说和日心说之间的平衡。此人就是古罗马帝国大天文学家克罗狄斯·托勒密（Claudius Ptolemaeus）。



托勒密为什么能打破地心说和日心说之间的平衡呢？答案是，他对最早期的地心说进行了修改，从而破解了地心说无法解释行星逆行现象的世纪难题。

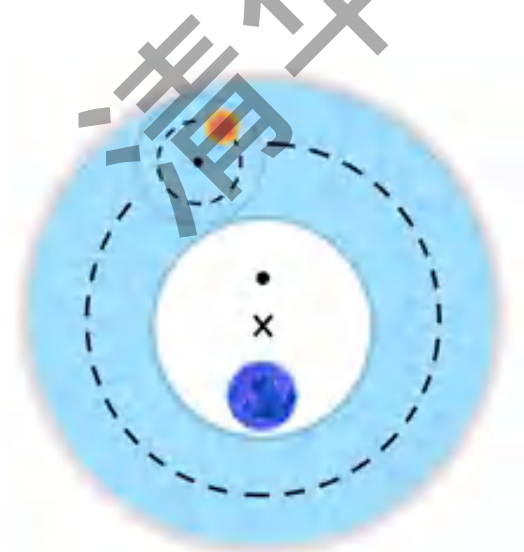
为了介绍托勒密的理论，我要拿一个在现实世界里很常见的事物进行类比，那就是游乐园里的旋转咖啡杯。

一般而言，旋转咖啡杯的中心会有一个茶壶。在茶壶的周围会有一个大的轨道，上面分布着一些圆形的咖啡杯。除了能绕茶壶旋转以外，



咖啡杯自己也可以旋转。当机器开动以后，游客会坐在咖啡杯的边缘，既绕着茶壶的大圆轨道旋转，又绕着咖啡杯的小圆轨道旋转。

托勒密的解决之道和这个旋转咖啡杯的图像非常类似。他认为，地球并不在宇宙的正中心，而是与真正的中心有一个很微小的偏离。更关键的是，包括金星、水星、火星、木星、土星在内的五颗行星，都像是乘坐旋转咖啡杯的游客：首先，行星会在一个叫本轮的小圆上旋转，就像是咖啡杯的小圆轨道；然后，本轮圆心又会在一个叫均轮的大圆上旋转，就像是茶壶的大圆轨道。因此，行星的运动轨迹是由本轮和均轮这



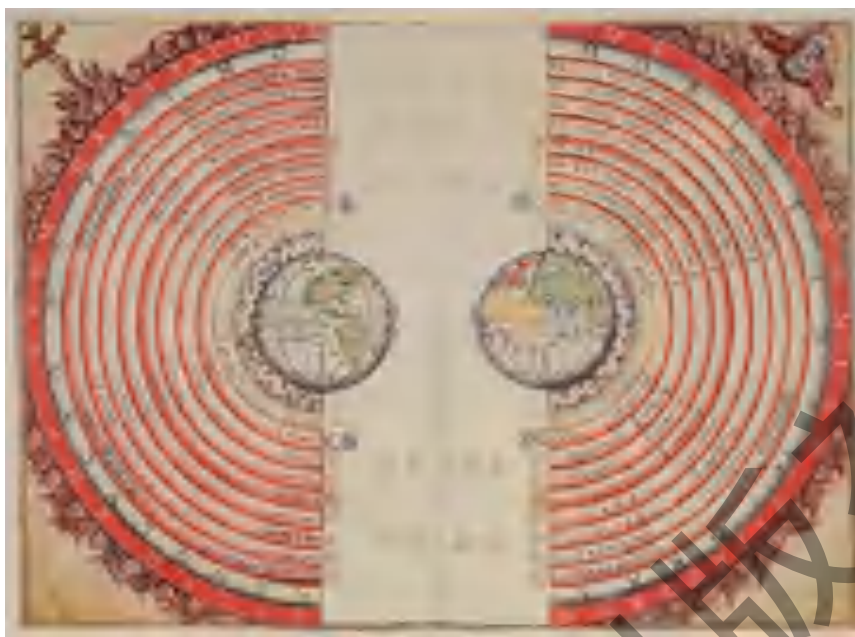
两个圆周运动组合而成的。

引入这个类似于旋转咖啡杯的本轮 - 均轮体系，能让行星的运动轨迹变复杂。此外，这个本轮 - 均轮体系还可以不断地拓展。例如，你可以把原来的本轮视为一个新的均轮（相当于把原来的咖啡杯当成新的茶壶，即第 2 层均轮），然后在它周围画更小的本轮（即第 2 层本轮）。也可以把第 2 层本轮当成第 3 层均轮，然后在它周围画第 3 层本轮。随着层数的不断增加，行星的运动轨迹就会变得越来越复杂。这样一来，行星逆行的现象就很容易解释了。



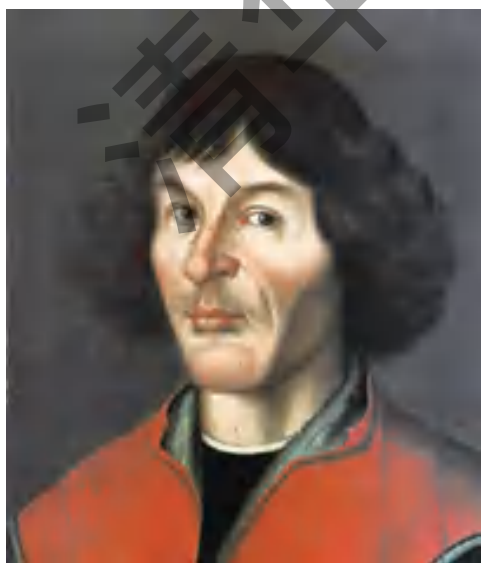
简单地总结一下。通过引入类似于旋转咖啡杯的本轮 - 均轮体系，托勒密在地心说的理论框架下，成功地解决了行星逆行的世纪难题。这样一来，经过托勒密改良的地心说（地球很靠近宇宙的中心，月球和太阳还是以圆形轨道绕地球旋转，五颗行星则位于多层嵌套的旋转咖啡杯上），就一举击败了与自己缠斗数百年的日心说。

而到了 13 世纪，一个叫托马斯·阿奎纳（Thomas Aquinas）的



神学家让地心说的地位更上一层楼。他把地心说融入天主教神学体系中。一旦质疑地心说，就相当于质疑天主教本身。这样一来，地心说就一统天下了。

但 300 年后，另一个人的出现，让胜负的天平再次发生了偏移。此人就是波兰大天文学家哥白尼。1543 年，他出版了一本宣扬日心说的



书，叫《天体运行论》。正是这本书，让被遗忘了 1400 多年的日心说死灰复燃。

有趣的是，这本书其实差点儿就被哥白尼带进坟墓。

这是因为哥白尼的本职工作是一名天主教教士，所以他心里很清楚，公开宣扬日心说会得罪整个天主教会。因此，尽管他在 40 岁的时候就已经开始在一个小圈子里宣扬自己的理论，却始终不肯著书出版。

那这本书后来为何又出版了呢？是由于一个不速之客。此人就是奥地利数学家格奥尔格·雷蒂库斯（Georg Rheticus）。

1539 年，雷蒂库斯了解到了哥白尼改良后的日心说，顿时觉得醍醐灌顶。为此，他专门跑到波兰去找哥白尼，想游说哥白尼著书出版此理论，结果却吃了闭门羹。

但雷蒂库斯锲而不舍。此后两年多的时间，他就像块牛皮糖，死死粘住了哥白尼，反复游说哥白尼一定要著书立说。最后，哥白尼终于招架不住，交出了《天体运行论》的书稿。

拿到书稿以后，雷蒂库斯就开始寻找愿意资助出版此书的出版商。一年后，他找到了一个愿意出钱的出版商。一切终于走上了正轨。

由于在《天体运行论》中有大量的公式和图表，必须得有一个专家来做此书的编辑，以保证内容的准确性。雷蒂库斯做了半年的编辑工作。但他后来有急事，不得不中途离开。临走前，雷蒂库斯找了个继任者，叫奥西安德尔（Osiander）。

既荒诞又搞笑的事情来了。

奥西安德尔接手了编辑工作以后才发现，这本书竟敢公然反对地心

说，顿时觉得自己上了一条贼船。为了避免池鱼之殃，他干了一件今天的编辑连想都不敢想的事情：瞒着哥白尼和雷蒂库斯，伪造了一篇前言，宣称此书“并不是一种科学的事实，而是一种富于戏剧性的幻想”。

不过这个伪造前言的恶行并没有受到追究。因为当此书正式出版的时候，哥白尼已经去世了。

很多中小学科学读物讲到这段历史的时候，都会说：“哥白尼提出的日心说一举打破了地心说的统治地位，实现了天文学的伟大变革。”

这个说法是错的。

在哥白尼重新提出日心说后的大半个世纪里，地心说的地位依然坚如磐石。直到 17 世纪初，两个科学巨人的横空出世，才让胜利的天平倒向日心说。

先讲讲日心说为何迟迟得不到学术界的认可。原因在于，它无法解释火星的轨道异常。

按照日心说的观点，太阳位于宇宙的中心；其他的行星，都沿着圆形轨道绕太阳公转。但人们后来发现，火星的运动轨道相当诡异，并不是一个完美的圆。哥白尼本人也意识到了这个问题。无奈之下，他引入了托勒密的本轮-均轮体系，把火星也放在一个“旋转咖啡杯”上。但这样一来，日心说就失去了它相对于地心说的最大优势：数学上简单明了。

破解这个难题的是我们要讲的第一个科学巨人——德国大天文学家约翰内斯·开普勒（Johannes Kepler）。

开普勒被后人称为“天上的立法者”。他之所以有这样的盛名，是



因为他在 17 世纪初提出了著名的“行星运动三定律”。在这三条定律中，最具颠覆性的是第一定律。它说的是，行星绕太阳公转的轨道并不是圆，而是椭圆。这就解释了火星的轨道异常。因为火星绕太阳旋转的轨道，正是椭圆。

开普勒的发现让日心说有了和地心说平起平坐的实力。但要想真正打败地心说，必须发现一种特殊的自然现象；这种自然现象用地心说根本说不通，用日心说却能完美地解释。

发现这种自然现象的人，就是我们要讲的第二个科学巨人，此人就是被后人称为“现代科学之父”的伽利略（Galileo）。

伽利略发现这种自然现象的故事，得从一个不相干的人讲起。

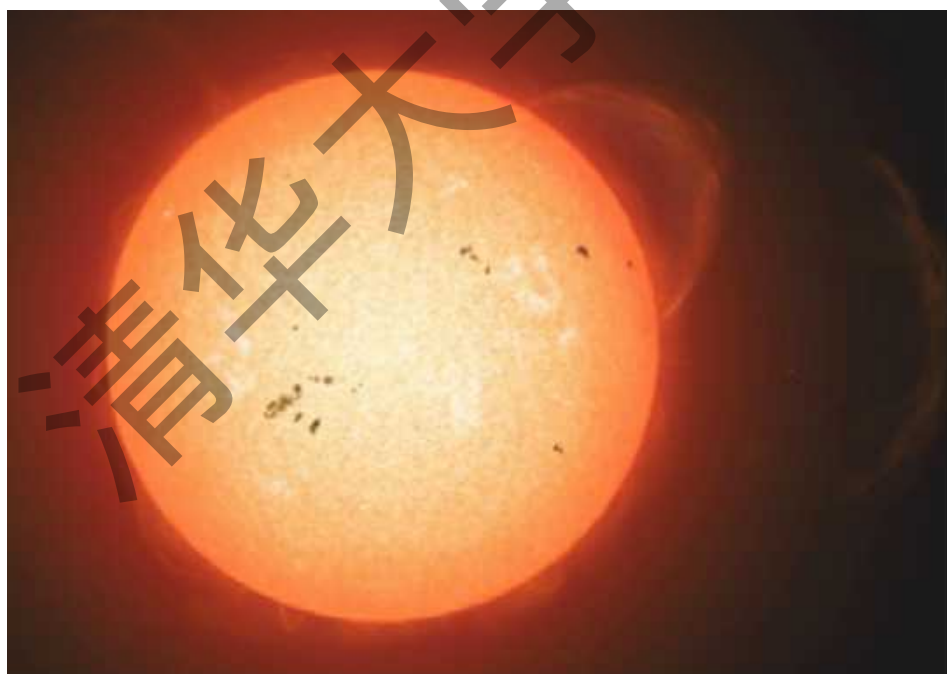
1608 年，一个荷兰眼镜店老板偶然发现用两块前后放置的镜片可以看清远处的物体，进而造出了人类历史上的第一架望远镜。这个消息传到了意大利，立刻引起了伽利略的浓厚兴趣。

1609 年，伽利略制造了一个质量更好的望远镜，能把远处的物体



放大 30 多倍。然后，他做了一件意义非凡的事情：把这个望远镜指向了太空。

这个举动，宣告了现代天文学的诞生。



伽利略第一次用望远镜仰望太空的心情，应该和阿里巴巴第一次看见满山洞财宝的心情差不多。用这个望远镜，他发现了很多人类前所未

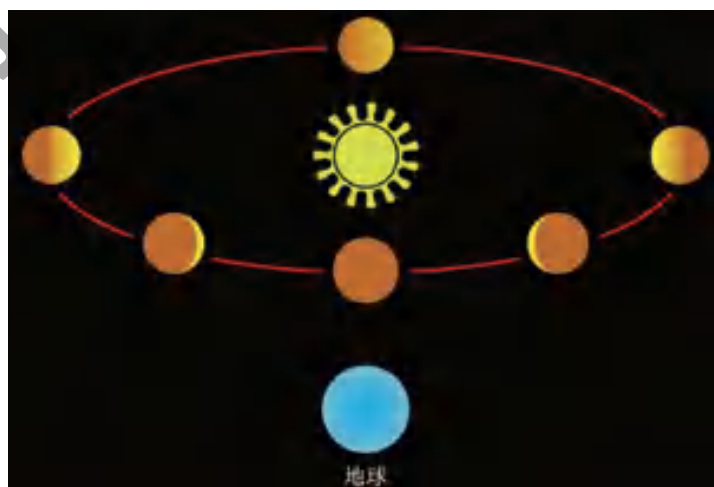
见的景象，比如太阳黑子、月球环形山和木星卫星。其中最有影响力的发现，直接导致了地心说的衰落和日心说的崛起，那就是金星盈亏。

什么是金星盈亏呢？我们不妨用月球盈亏来做一下类比。

相信很多人都知道，月球是有盈亏的。为什么月球会有盈亏呢？因为月球本身不发光，只能反射太阳光。由于月球一直在绕地球旋转，它既能跑到地球和太阳之间，也能跑到地球的背后。如果月球跑到了地球和太阳之间，它就会把后面射来的太阳光挡住，让我们无法看到它，这就是月球的“亏”；如果月球跑到了地球的背后，它就可以完全地反射太阳光，让我们看到一轮圆月，这就是月球的“盈”。

与月球不同的是，金星无法跑到地球的背后。不过，它有可能跑到太阳的背后。如果金星跑到了地球和太阳之间，它就会挡住后面射来的太阳光，让我们看不到它，这就是金星的“亏”；如果它跑到太阳的背后，就可以完全地反射太阳光，让我们看到一个最圆最亮的金星，这就是金星的“盈”。

知道了金星盈亏的概念，我们就可以来讲讲如何判断地心说和日心



说的对错了。问题的关键在于，金星到底是绕地球旋转还是绕太阳旋转。

天文观测表明，金星一直都在太阳周围活动。在地心说中，金星一直在绕地球旋转；要想解释金星总在太阳周围活动的观测结果，金星和太阳就必须以差不多的角速度绕地球旋转。在这种情况下，金星就只能一直处于地球和太阳中间，永远不可能出现“盈”的状态。

而在日心说中，金星一直绕太阳旋转，所以能自然而然地解释为什么金星总在太阳周围。更重要的是，在这种情况下，金星也可以跑到太阳的背后，从而出现“盈”的状态。

所以地心说和日心说就有一个最本质的区别。在地心说中，金星绕地球旋转，因此只能“亏”不能“盈”；而在日心说中，金星绕太阳旋转，因此既能“亏”又能“盈”。这样一来，通过观察金星能否出现“盈”的状态，就可以判断它到底绕着谁旋转，进而判断地心说和日心说的对错。

1610年，伽利略用他自制的望远镜，真真切切地看到金星确实出现了“盈”的状态。在一封寄给朋友的信中，伽利略富有诗意地写道：“爱之母（金星）正在效仿辛西娅（月亮女神）的风姿。”同一年，他把这个发现写进了自己的传世名著《星际信使》，从而敲响了地心说的丧钟。

打败地心说后，日心说就成了天文学界的经典理论；它的统治，一直延续到了20世纪初。

以今天的眼光来看，日心说的错误也是很明显的：宇宙的中心，当然不可能是太阳。那么，为什么今天看来错误相当明显的日心说，却能继续统治天文学界长达300年？

欲知详情，请听下回分解。

上节课的结尾，我们提出了这样一个问题：为什么今天看来错误明显的日心说，却能统治天文学界长达 300 年？要想回答这个问题，我必须先讲讲人类在 20 世纪以前测量遥远天体距离的历史。

图 3 就展示了 20 世纪前的天文距离测量的核心历史。简单地说，人类实现了“三级跳”：其中的一级跳，是利用几何学的知识，测出了地球的直径；而二级跳，是以地球直径为尺，通过观察金星凌日现象，测出了太阳和地球的距离（即日地距离）；至于三级跳，是以日地距离为尺，基于三角视差方法，测出了更遥远的恒星的距离。

听起来是不是有点儿云里雾里？那我接下来就详细介绍一下。

先说一级跳：如何测出地球的直径。

要测地球的直径，就相当于要测地球的周长。那



图3

么，地球的周长该怎么测量呢？

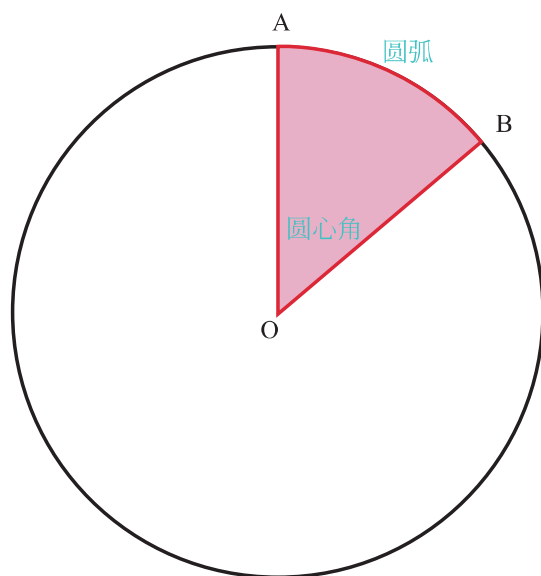
按常理来说，这根本就是个不可能完成的任务。因为地球表面70%的区域都被海水覆盖。由于海洋的阻隔，根本不可能沿地球赤道走一圈，进而用尺子量出地球的周长。

不过，有人想出了一个另辟蹊径的妙招：先用尺子量出地球表面一段圆弧的长度，再想办法确定这段圆弧对应的圆心角（如下图所示）。这样一来，就能确定这段圆弧相对于地球周长的比例，进而算出地球的周长和直径。

世界上第一个准确测出地球周长和直径的人，是古希腊大哲学家埃拉托色尼（Eratosthenes）。

埃拉托色尼被后世称为“地理学之父”。像经度和纬度的概念，都是他最早提出的。

但即使是这样的顶级“大牛”，早年过得也不是很如意。在前半



生，他一直被别人叫作“千年老二”。这是因为有个人样样都比他厉害。此人就是宣称“只要给我一个支点，我就能撬起地球”的阿基米德 (Archimedes)。

眼看自己没有斗过阿基米德的希望，埃拉托色尼选择了远走他乡。他接受了埃及国王托勒密一世的邀请，跑到埃及做了亚历山大图书馆的馆长。

托勒密一世希望，能在有生之年看到亚历山大图书馆变成全世界最大的图书馆。这并不是一件简单的事。因为当时的亚历山大图书馆与雅典的图书馆还有很大的差距。

埃拉托色尼用一种很好诈的手段，完成了托勒密一世的夙愿。他先向雅典的图书馆付了一大笔钱，把它的大量藏书都借到埃及展览。然后，他又找了一大批馆员来临摹藏书副本。这些副本临摹得特别好，几乎达到了以假乱真的程度。所以，最后还书的时候，埃拉托色尼就只还了这些藏书的副本，而把真品留在了自己的图书馆里。靠着这样的手段，亚

历山大图书馆很快成了当时全世界最大的图书馆。

在当馆长之余，埃拉托色尼也会利用图书馆的资源进行学术研究。他一生中最有名的研究工作，就是对地球周长的测量。他是怎么测量的呢？答案是，用到了一口特殊的井。

埃及南部有一个叫赛伊尼的城市。这个城市有一口有名的深井：在夏至日的正午时分，太阳光恰好能直射到这口深井的井底（之所以会有这样的现象，是因为这口井恰好位于北回归线上）。这个现象很有名，每年夏至日都能吸引到不少的游客。埃拉托色尼发现，它还能用来测量地球的周长。

听起来好像有点儿不知所云？其实只要用一点简单的几何学知识，就可以把它说清楚。

图 4 就是埃拉托色尼测量地球周长的原理图。此图展示了夏至日的正午时分，太阳光照射埃及的情况。

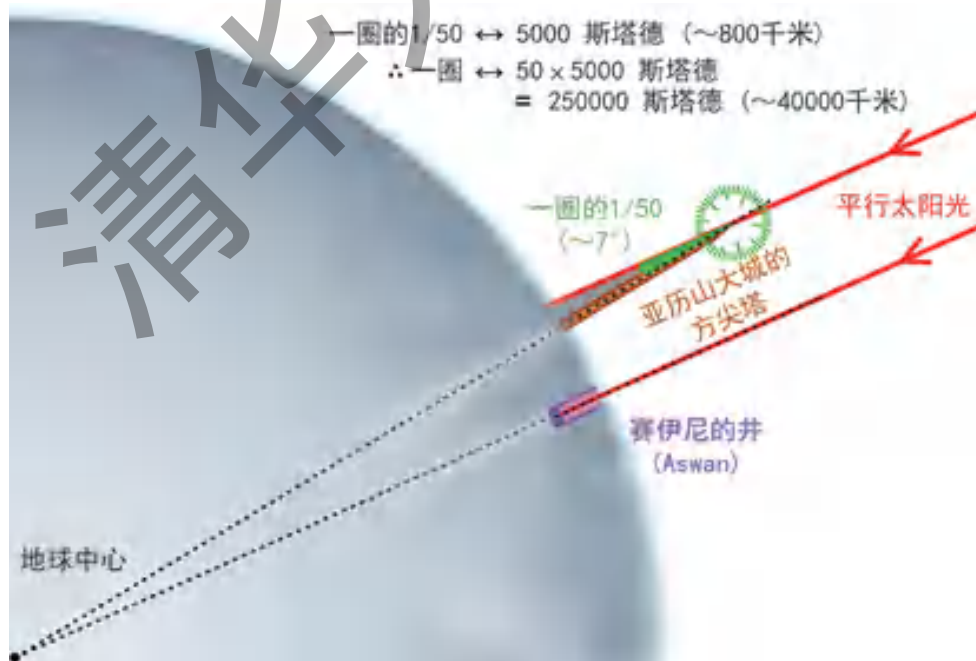


图 4