

理解科学丛书·卢昌海科普著作

10 BILLION YEARS
FROM PAST TO

FUTURE

The Story
of the Sun

上下百亿年

太阳的故事

卢昌海◎著

重返古希腊 天文自助游

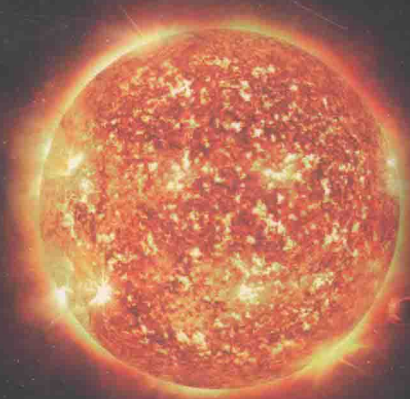
阳光里的奥秘 大气里的谜团

从地心说到日心说 从日全食到相对论

光子的逃亡 太阳的脉搏

小小的粒子 大大的模型

太阳的过去、现在和未来



清华大学出版社

10 BILLION YEARS
FROM PAST TO
FUTURE
The Story
of the Sun

上下百亿年 太阳的故事

卢昌海◎著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书将带读者从一次虚拟的古希腊之旅开始,逐步深入地了解太阳的奥秘,以及人类为探索这些奥秘所付出的艰辛和努力,所获得的成果和教训。除介绍知识外,本书还穿插了少许章节,引导读者运用逻辑推理及初等几何知识,再现古希腊先贤们的某些精彩推理,以及运用含义简明的物理学原理,推算太阳的某些物理参数,亲身体验科学探索的感觉。

本书融语言的生动风趣与内容的严谨翔实于一体,让读者在享受阅读愉悦的同时学到丰富的知识,并体验科学探索的严谨及科学发现的激动人心。本书适合广大天文爱好者及大、中学生阅读。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。
版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

上下百百年:太阳的故事/卢昌海著. —北京:清华大学出版社,2015
(理解科学丛书)
ISBN 978-7-302-40762-1

I. ①上… II. ①卢… III. ①太阳—青少年读物 IV. ①P182-49
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 161102 号

责任编辑:邹开颜
封面设计:蔡小波
责任校对:王淑云
责任印制:王静怡

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:010-62770175 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:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:165mm×240mm 印张:12.5 彩页:2 字 数:179千字

版 次:2015年8月第1版

印 次:2015年8月第1次印刷

定 价:32.00元

产品编号:064857-01



彩图 1 夕阳下的古希腊神庙遗址



彩图 2 月相的变化



彩图 3 简化版的地心说模型



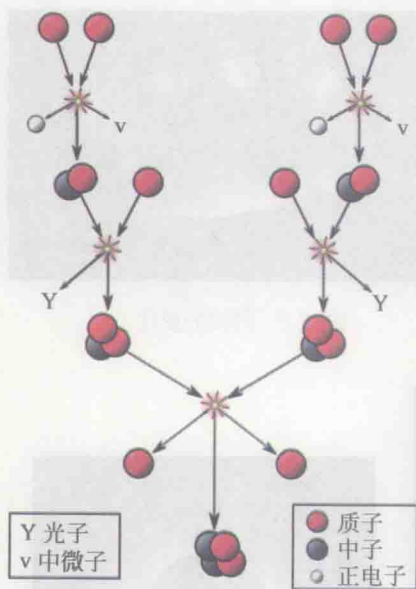
彩图 4 日全食



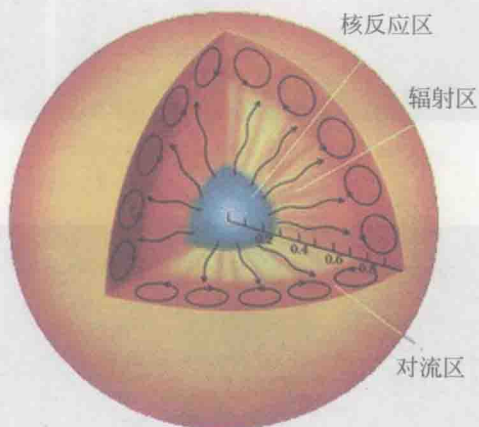
彩图 5 光的色散



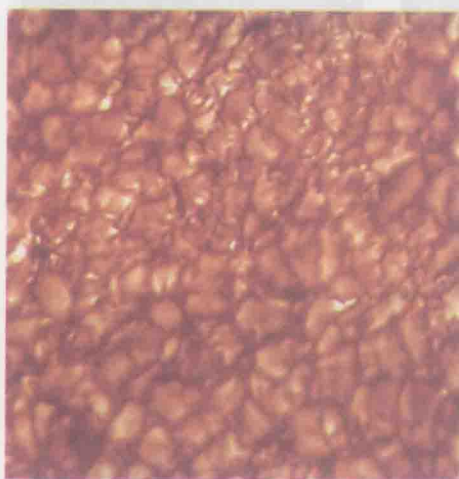
彩图 6 纪念夫琅禾费诞辰两百周年的邮票



彩图 7 第一类质子-质子链



彩图 8 太阳的内部结构



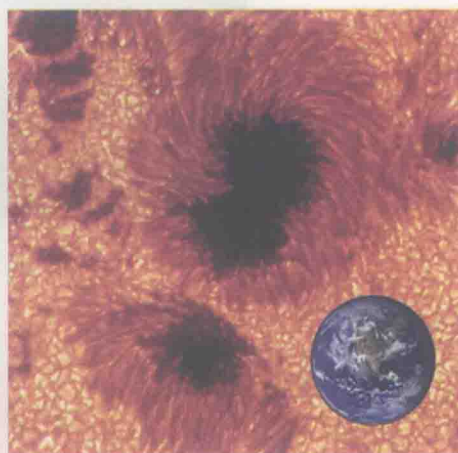
彩图 9 太阳表面的“米粒”



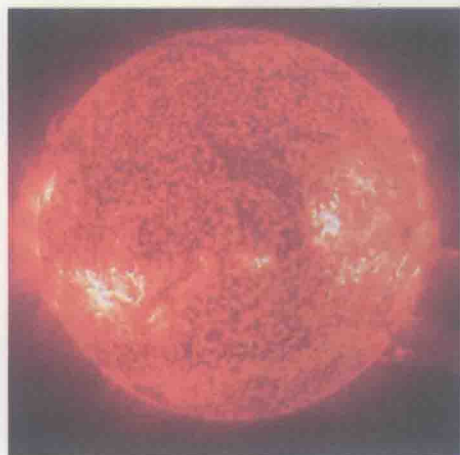
彩图 10 普通流体中贝纳尔胞



彩图 11 太阳内部的
声波模式



彩图 12 太阳黑子(右下角的
对照物为地球)



彩图 13 太阳耀斑



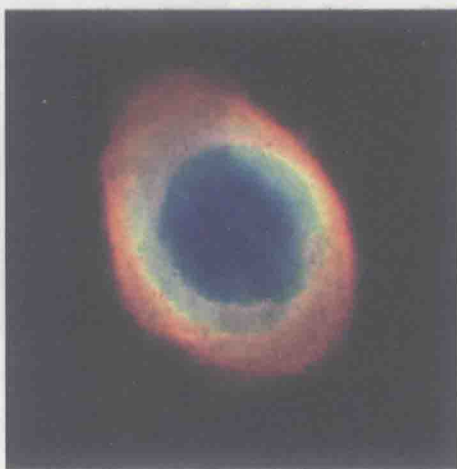
彩图 14 离我们较近的分子云：猎户星云
(Orion Nebula)



彩图 15 原恒星与吸积盘想象图



彩图 16 太阳变成红巨星后的地球想象图



彩图 17 行星状星云

序言

10 Billion Years from Past to Future:
The Story of the Sun

《太阳的故事》初版于2011年,是我的第二本书,也是我迄今所有书中最受冷遇的一本。如今,清华大学出版社以不怕亏损的绝大勇气为此书出修订版,本该“避亲”的我也不便袖手旁观,就厚颜为此书“吆喝”几句吧。

《太阳的故事》虽然书名超土,题材也不稀有,但在我眼里,却是比其姊妹篇《寻找太阳系的疆界》^①写得更用心力并且也更好的。为什么呢?因为后者是单纯的“历史题材”,而且是“寻找太阳系的疆界”这单一领域内的历史,受到惯常的全局性时间顺序的限制。昔日鲁迅的《中国小说史略》被诬为抄袭时,鲁迅在回应时说过这样一句话:“自然,大致是不能不同的,例如他说汉后有唐,唐后有宋,我

^① 《寻找太阳系的疆界》由清华大学出版社初版于2009年,修订版更名为《那颗星星不在星图上:寻找太阳系的疆界》,于2013年出版。

也这样说，因为都以中国史实为‘蓝本’。我无法‘捏造得新奇’。”像《寻找太阳系的疆界》那样的题材也有类似的尴尬：别人依天王星、海王星、冥王星的顺序写，我也只能这样写。不仅如此，由于“寻找太阳系的疆界”是比“中国小说史”还单一得多的领域，就连每个行星的发现者、发现过程等也都没得挑拣，更遑论“捏造得新奇”。因此对作者来说，虽可作——并且也作了——文笔上的发挥、细节上的考辨，以及局部结构上的规划等，总体的写作自由度是比较小的，相应地，独特性也就比较低。

《太阳的故事》则不同，它侧重于历史但不是单纯的“历史题材”，而是科普与科学史的融合；而且它的历史部分也并非单一领域内的历史，而是涉及天文和物理的多个分支。这种复杂性给了作者很大的写作自由度。作为结果，《太阳的故事》的整个结构——以“穿越”而始，由几何至物理，从核心到外围，最后以太阳“通史”为终——都是我自己规划，并且自认为比较独特的。这其中以《重返古希腊》为开篇的“穿越”式写法更是很很久以前就萌生的一个写作思路的贯彻，在我自己是颇为珍视的。另外，从内容上讲，《太阳的故事》涉及的知识点比《寻找太阳系的疆界》多得多，对科学方法和科学探索过程的介绍也深入得多；在写作过程中，则参阅和甄选了多得多的资料。这些对作者来说都是更用心力并且也更好的地方。

因此，《太阳的故事》出修订版是我非常乐意见到的。

不过另一方面，我也必须坦白，这修订版所“修订”的基本上也就只是“版”，以内容而论实在是微不足道的（因此已有初版的读者不必再次破费）。这一点其实是我所有作品的修订版共有的特点。之所以如此，主要是——如我在《小楼与大师：科学殿堂的人和事》^①一书的自序中所述——由于我写作速度较慢，“使得写作过程往往长到了对题材的兴趣将尽而书稿远未完成的程度”。由此造成的后果，则是书稿的完成之日，往往也就是兴趣的透支极限，从而在很长的时间之内都不会再对同一题材感兴趣，更不会去修订。从某种意

^① 《小楼与大师：科学殿堂的人和事》由清华大学出版社出版于2014年。

义上讲,一本书出版后,在我眼里它本身也就成为了历史,除订正笔误外,在文字上我一般是让它维持原貌的。对这种有懒惰之嫌的做法,容我略作辩白:我作为一个喜欢买书的人,屡次吃过大幅变更内容的“修订版”的亏。比如有一年我买了一套有关民国大师的三卷本的“大书”,还没高兴太久,就听说该书出了修订版,“新增10万字全新内容”,让“故事真正完整”。那一刻的心情,固然有一分是叹服作者的勤奋,却有九分是为自己的版本缺了“10万字全新内容”,及故事的并非“真正完整”而沮丧。我希望,喜欢我作品的读者无需在短短几年间就尝到同样的沮丧——当然,前提是作品本身不会在那样的时间内过时,而这,我寄望于写作时付出过的心力,以及科学史这个我所侧重的领域本身的相对稳定。

最后,让我以对修订之处的罗列,来结束自己的“吆喝”吧:

(1) 增添了一篇“序言”(即本文)。

(2) 订正了几处笔误(大都为措辞、标点、译名的微调)。

(3) 变更了书名——《太阳的故事》这个超土的书名作为本书受冷遇的替罪羊,遭到了编辑的撤换。我效仿昔日的历史畅销书《上下五千年》,提议了《上下百亿年》这一新书名。

(4) 增添了一些手绘插图。

(5) 增添了人名和术语索引。

以上就是对这本修订版的说明,但愿有更多的读者注意到并喜欢上本书。

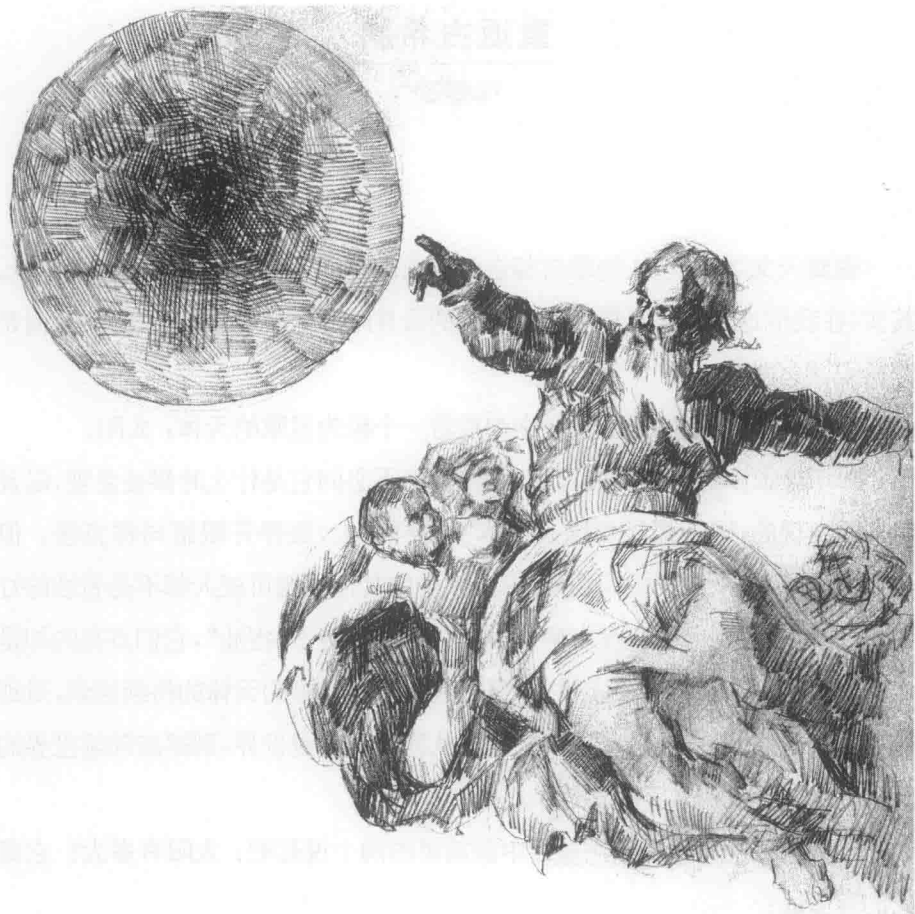


目 录

10 Billion Years
from Past to Future:
The Story of the Sun

- 1 重返古希腊 // 2
- 2 天文自助游：推算太阳的大小和
远近 // 9
- 3 地心说 vs 日心说 // 18
- 4 日食——既寻常又稀有的
奇观 // 30
- 5 插曲：爱丁顿在 1919 // 43
- 6 阳光里的奥秘 // 55
- 7 物理自助游：推算太阳的质量、
光度和表面温度 // 68
- 8 光明的源泉 恐怖的核心 // 82
- 9 细小的粒子 巨大的谜团 // 95
- 10 标准太阳模型 vs 粒子物理标准
模型 // 108

- 11 光子大逃亡 // 121
- 12 太阳的脉搏 // 133
- 13 谜团锦簇的太阳大气层 // 147
- 14 太阳的过去和未来 // 165
- 附录 太阳档案 // 178
- 人名索引 // 180
- 术语索引 // 183
- 参考文献 // 187



绘画：张京

1 重返古希腊



说到天文学，很多人的眼前都会浮现出深邃的天幕和宝石般闪亮的星辰。其实，在我们这个小小星球上所能看到的最显眼的天文现象并不在黑夜，而是在白天。

在每一个晴朗的白天，天空中都挂着一个极为显眼的天体：太阳。

对于像太阳这样显眼的天体，我们当然不必问它是什么时候被发现，以及怎样被发现的，因为那显然跟人类本身同样古老，跟睁开眼睛同样直接。但是，除了这两个不必问的问题外，有关太阳的其他问题可就大都不是省油的灯了，有些甚至直到今天也没有确切答案。不过虽然不“省油”，它们点亮的却是人类的智慧。从某种意义上讲，对这个天空中最显眼的天体的持续探索，对那些“不省油”的问题的认真求解，是人类从睁开眼睛看世界，到逐渐理解世界的某些方面所走过的几千年漫漫长路的一个缩影。

现在就让我们从那些问题当中最简单的两个说起吧：太阳有多大？它离我们有多远？

这两个问题的答案，在今天也许已是很多小学生都知道的常识——不就是两个数字嘛。但是，这两个问题的答案果真只是两个数字吗？让我们来作这样一个设想，假设我们用时间机器把一位知道这两个数字的小学生送回人类文明发源地之一的古希腊。我们想知道的是：这位来自 21 世纪的小学生能做什么？

显然,单以某些知识——比如有关太阳有多大和离我们有多远的这两个数字——而论,他(她)已经远远胜过了古希腊的任何一位先贤。但我们会在从古希腊流传下来的史书中读到有关这位博学强记的小学生的故事吗?他(她)能凭那些博学强记的知识就成为令后世之人高山仰止的先贤中的一位吗?我想答案是否定的。原因很简单,知道两个数字和让别人理解并信服那两个数字是完全不同的事情,后者恐怕不是每一位小学生能够做到的。如果仅仅能说出两个数字,却无法让别人理解和信服,那只会被当成信口开河,而不会被载入史书。

那么,假如不是小学生,而是本书的读者,您有幸(或不幸)被送回到了古希腊,您有办法让那些喜爱思考的古希腊先贤们相信那两个数字,相信天空中那个看上去只有贝壳大小的太阳其实是肚子里能装下一百多万个地球的庞然大物吗?或者换一个说法:若是您被送回到了古希腊,却忘记了那两个数字,您有办法凭自己的能力,以一种令人信服的方式重新找回它们吗?或者更一般地,如果您站在了古希腊的天空下,却忘记了所有的天文知识,您能凭借自己的能力找回其中的多少呢?

让我们就从这个假想的问题开始重温一下人类智慧的启蒙时代,并从那里开始讲述我们有关太阳的故事吧。

要想找回已被忘记的天文知识,您要做的第一件事情显然就是仰望天空,因为那里——并且只有那里——才是天文知识的直接来源。如果您的仰望天空只是偶一为之,您也许会觉得天上的日月星辰都是静止的,因为它们当中没有一个会像飞鸟一样在一瞥之下就让人察觉它们的移动。但即便如此,您也会一天之内就发现太阳的东升西落,因为它直接影响到周围环境的明暗和冷暖。要发现月亮的运动也很容易,因为在任何一个有月亮的夜晚,您仰望天空时都很难不注意到这个独一无二的天体,而一旦注意到它的存在,那么在下次仰望天空时,就很难不注意到它的位置变化。

对一般人来说,自己所能发现的天文知识也许就到此为止了。天上除日月之外虽然还有很多星星,星星虽然也和日月一样东升西落,但一个视力良好

的人在一个晴朗的夜晚所能看到的星星有几千颗之多，若非特别留意，除了有一种繁星似尘的感觉外，恐怕是不会对其中任何一颗星星留下具体印象的。而如果没有对任何一颗星星留下具体印象，那么在下一次仰望天空时就很难注意到它们的移动。

要想找回尽可能多的天文知识，您当然不能像一般人那样过目就忘。为了研究星星的运动，您开始进行细致的观测，并对不同时刻每颗星星的位置进行记录。您很清楚，观测越细致，记录越详尽，有可能找回的天文知识就越丰富。由于在苍穹之上缺乏参照，不易度量位置或角度，您也许会想到在地上立一些固定的物件作为参照，如果手下有一些可以使唤的人的话，您也许还会想要设计建造一些更复杂的参照物，那些东西若是建得足够牢固，以至于能一直保留到今天的话，就会变成重要的历史遗迹：古观象台。

无论您的记录详尽还是粗略，只要记录了，哪怕只记录几天，您也会发现所有的星星都和日月一样东升西落。用后世的术语来说，这是天体的周日视运动(apparent diurnal motion)，如图 1.1 所示。由此您也许还会进一步总结出一个规律，那就是日月星辰都在围绕着地球转动。在历史上，这是著名的地心说(geocentric model)，它后来受到宗教势力的维护，成为垄断天文界长达两千年的正统理论。随着观测数据的积累，以后您会发现很多理由让您放弃这一理论。它后来也的确被放弃了。在某些后世之人的眼里它甚至有些声名



图 1.1 星星的周日视运动

狼藉(那其实是宗教惹的祸)。但在一开始,在只有粗略观测数据的年代里,它是一种既符合观测数据,又符合直觉的理论。您有理由为发现这一理论而自豪。周日视运动的发现也意味着您已经发现了“日”这个时间计量单位,它是周日视运动的周期,也可以说是昼夜交替这一粗糙周期概念的精细版。^①

当您的天文观测坚持到几十天时,除了周日视运动外,您还会注意到另一种很重要的天文周期现象,那就是月相(phases of the moon)的变化(彩图2)。与太阳总是圆的,以及星星总是像一个点不同,月亮这个夜空中最显眼的天体在不同日子里会呈现不同的形状:有时是满月,有时是半月,有时则是弯月。这种变化被称为月相的变化,它大约每隔 29.53 天重复一次。注意到这种有趣而美丽的周期现象,意味着您发现了“朔望月”(synodic month)这一时间计量单位。很多早期的文明都曾用过这一时间计量单位,直到今天它仍有一定的应用,是阴历(lunar calendar)这一历法的基础。^②

① 从周日视运动的周期中衍生出的“日”的概念其实不止一种:由同一颗星星(行星除外)在两个相邻夜晚经过天空中同一个位置的时间间隔所定义的“日”称为恒星日(sidereal day);由太阳在两个相邻白天经过天空中同一个位置的平均时间间隔所定义的“日”则称为平均太阳日(mean solar day)。由于后文即将提到的太阳周年视运动的影响,平均太阳日比恒星日长了约 3 分 56 秒(感兴趣的读者可以用本节给出的数据自行推算一下这两种“日”的差异)。由于太阳与我们日常生活的关系远比星星密切,我们在普通日历中所用的“日”是指平均太阳日。细心的读者可能会问:平均太阳日中的“平均”二字是什么意思?那是指将地球公转轨道等效为一个平均圆轨道,以避免“日”的长短受地球公转轨道的椭圆性影响。当然,不作那样的平均也可以谈论“日”这个概念,那样的“日”被称为表现太阳日(apparent solar day),它的长短会随季节而变。

② 朔望月这一中文名称中的“朔”指的是新月,“望”指的是满月。要注意的是,朔望月只是月相变化的周期,而不是月球绕地球公转的周期,后者是所谓的恒星月(sidereal month),只有 27.3 天(感兴趣的读者可以用本节给出的数据自行推算一下这两种“月”的差异)。另外,朔望月不同于以太阳周年视运动为基础的阳历(solar calendar)中的月。之所以不同,是因为朔望月并不恰好等于阳历中一年的十二分之一,如果我们用它来表示“月”,就无法与“年”合拍,由此会导致很多不方便之处,比方说北半球的 7 月就无法稳定地对应于夏天(因为当“年”和“月”的不合拍累积到六个月时,它就会变成冬天)。不过有得有失,阳历中的“月”虽然保证了与“年”的合拍,却失去了表示月相的作用,比方说“中秋月圆”在阳历中就没有一个固定的日子。由于太阳与我们日常生活的关系远比月亮密切,我们日常所用的“月”是指阳历中的月。