

方 成

中国科学院院士  
南京大学教授

黄光力

中国科学院紫金山  
天文台研究员

颜毅华

中国科学院国家  
天文台研究员

联合  
推荐

# 太阳之美

一颗恒星的过去、现在和未来

谭宝林 著

太阳是从哪儿来的呢？  
太阳离我们到底有多远？  
太阳风暴会干扰人类的美好生活吗？  
太阳耀斑爆发会毁灭我们的地球吗？

天津出版传媒集团

天津科学技术出版社

# 太阳之美

一颗恒星的过去、现在和未来

谭宝林 著



天津出版传媒集团

 天津科学技术出版社

图书在版编目 ( CIP ) 数据

太阳之美：一颗恒星的过去、现在和未来 / 谭宝林

著. — 天津：天津科学技术出版社，2019.1

ISBN 978-7-5576-5829-8

I . ①太… II . ①谭… III . ①太阳—普及读物 IV .

① P182-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 274125 号

---

太阳之美：一颗恒星的过去、现在和未来

TAIYANG ZHIMEI: YIKE HENGXING DE GUOQU XIANZAI HE WEILAI

责任编辑：方 艳 张建锋

出 版：天津出版传媒集团  
天津科学技术出版社

地 址：天津市西康路 35 号

邮政编码：300051

电 话：(022) 23332695

网 址：www.tjkjcs.com.cn

发 行：新华书店经销

印 刷：北京天恒嘉业印刷有限公司



---

开本 787 × 1092 1/16 印张 20 字数 300 000

2019 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

定价：138.00 元

# PREFACE

## 前言

曾经有一首歌唱道：“大海航行靠舵手，万物生长靠太阳。”太阳带给我们春光明媚、夏花满园、秋果累累、冬雪飘飘。太阳让我们的世界生机盎然、多姿多彩，也让我们的生活更加美好。每当我们抬头望日，那一轮耀眼的光芒让我们炫目，也让我们心生疑惑：太阳是从哪儿来的呢？太阳离我们到底有多远？太阳有多重？太阳到底有多大？亿万年来太阳如此温暖闪耀，能量是从哪儿来的？为什么太阳的高层日冕大气竟然比低层的光球还要热上数百倍？为什么太阳活动具有周期性？太阳风暴会干扰人类的美好生活吗？用何种方式干扰我们的生活？太阳耀斑爆发会不会毁灭我们的地球？这些问题让我们激动，也让我们困惑。有些问题在科学家那里已经有了明确的答案，但是，有些问题仍然还在困惑着科学家，他们还在冥思苦想，去寻求更合理的答案。也许，有些问题甚至还需要未来的科学家——也就是年轻的你们去探索。

过去的人们，因为不了解科学，当有疑问时，尤其是对大自然产生疑问时，总是把它们和某种神话联系在一起，例如羲和洗日、后羿射日、夸父追日、女娲补天……这些神话在感叹古人们面对自然灾害不屈不挠地抗争的同时，也反映了人们对天文现象缺乏正确的认识。

事实上，在浩瀚的宇宙沧海里，太阳仅仅只是数亿万颗恒星之一。和其他恒星相比，她既不是特别大，也不是特别小；既不是特别亮，也不是特别暗；既不是特别老，也不是特别年轻——她仅仅只是一颗普通的恒星。和其他恒星相比，太阳与众不同的地方就是她是距离我们最近的恒星。太阳是唯一一颗直接决定地球生命起源和繁衍的恒星。在人类长长的历史记忆里，太阳是美好的，她光芒灿烂，她带给地球温暖光明和四季更迭。太阳也是唯一一颗我们可以进行高分辨率仔细研究其细节特征和活动规律的恒星。我们关于天上星星的许多知识，如它们的物质构成、它

们的能量来源、它们的演化规律，等等，都是基于对太阳的认识而类推和反演得来的。我们关于其他恒星的许多研究结果，都总是要拿到太阳上来进行验证——把太阳当成了天然的天体物理实验室。从对太阳的探索中，我们也基本了解了宇宙中其他恒星的过去、现在和未来。

在《太阳之美——一颗恒星的过去、现在和未来》一书里，我精选了 100 个问题，分七个部分进行介绍：太阳的前世今生、如何观测太阳、太阳的内部结构、太阳的外部大气、太阳活动、太阳风暴以及太阳的未来。每一个问题用千字左右的篇幅，力求简明通俗、准确真实地将有关问题的来龙去脉介绍清楚，尽可能将科学家们最新的研究成果和存在的问题呈现给大家。也许，限于小朋友们的知识水平，有些内容不一定马上就能读懂。但是，如果他们能带着这些似懂非懂的问题去求学，相信随着知识的逐步积累，一定会获得越来越深刻清晰的理解。这就好比在他们幼小的心灵里撒下一粒探索科学的种子，随着知识的增长和积累而逐渐生根发芽并茁壮成长。

因为本人承担着大量科研和教学工作，在过去一年多的时间里，只能利用工作之余的深夜和节假日撰写这本书。如果读完这本书，读者朋友们能有某些收获，能获得某种启发，那么我将感到十分欣慰。本书在撰写过程中，山东大学物理系学生王雨婵同学、中国科学院大学博士研究生谭晓宇同学，以及其他几位朋友分别试读了本书初稿，从读者角度提出了许多有益的意见。北京博采雅集文化传媒有限公司为本书的撰写和出版提供了全面支持，在此一并表示感谢！

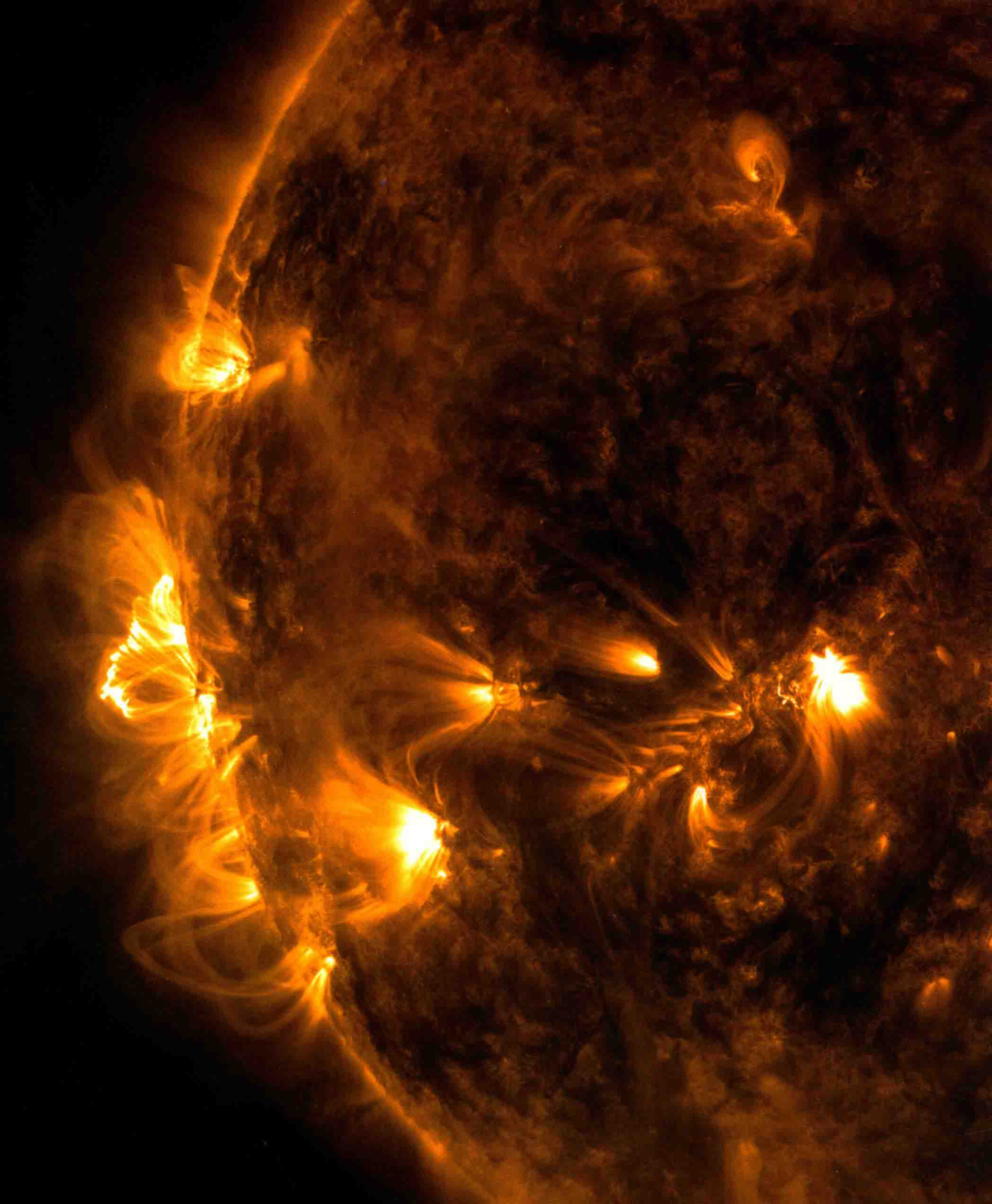
希望朋友们能在空余时间里拿起这本书，让这里的文字给大家带来对天文学的兴趣、对科学的热情、对美好未来的向往！并用夸父追日般的毅力去追求科学，追逐梦想，享受美好的人生！

中国科学院国家天文台 研究员

中国科学院大学天文学与空间科学学院 教授

谭宝林

2018 年 5 月 9 日



# CONTENTS

## 目 录

### 第一章 太阳的前世今生

- 002 太阳的传说
- 005 为什么太阳与众不同?
- 008 太阳在哪里?
- 012 太阳是从哪里来的?
- 016 太阳离我们有多远?
- 019 太阳有多大?
- 022 如何知道太阳的总质量有多少?
- 025 太阳的能量是从哪儿来的?
- 028 太阳有多热?
- 030 为什么核聚变反应没有引起太阳爆炸?
- 035 太阳是由什么物质组成的?
- 038 太阳上有暗物质吗?

### 第二章 如何观测太阳?

- 042 为什么从早到晚太阳的颜色不一样?
- 045 如何观测太阳?
- 047 太阳望远镜有哪些?
- 051 为什么太阳光学望远镜总是建在湖边?
- 053 为什么射电日像仪要建在偏远的草原上?
- 056 如何测量太阳磁场?
- 060 如何测量太阳表面物质流动的速度?
- 062 为什么观测日全食?
- 066 为什么不同的日全食, 时间长短不同?
- 068 贝利珠是怎么形成的?
- 070 什么叫日冕仪?
- 076 为什么要到太空中去观测太阳?
- 078 如何探测太阳中微子?
- 081 为什么我们还要继续探测太阳中微子?

### 第三章 太阳的内部结构

- 086 太阳核心区有多大?
- 088 什么叫太阳辐射带?
- 090 太阳对流层是怎么形成的?
- 092 太阳磁场是如何产生的呢?
- 094 什么叫磁制动?
- 097 太阳磁通量管是怎么形成的?
- 101 什么叫太阳子午环流?
- 103 太阳上有个发电机吗?
- 105 什么是标准太阳模型?
- 107 什么是非标准太阳模型?
- 109 太阳米粒组织是如何形成的?
- 111 超米粒组织是什么?
- 113 太阳上也有地震吗?

### 第四章 太阳的外部大气

- 118 太阳大气是什么样的?
- 122 什么叫太阳光球?
- 124 太阳表面的边缘在哪里?
- 126 太阳色球是什么样的?
- 128 什么叫太阳针状体?
- 131 什么叫太阳过渡区?
- 133 什么叫日冕?
- 136 散射日冕和发射日冕有何不同?

- 139 日球层是什么样的呢?
- 141 日冕中真的有个大洞吗?
- 143 临边昏暗是怎么形成的?
- 145 临边增亮又是怎么回事呢?
- 147 为什么太阳日冕比光球热?
- 151 宁静太阳一定是宁静的吗?

### 第五章 太阳活动

- 158 为什么太阳黑子是暗的?
- 160 太阳黑子是怎么形成的?
- 162 太阳黑子里面是什么?
- 166 埃维谢德流是怎么形成的?
- 168 什么叫埃勒曼炸弹?
- 170 什么叫日浪?
- 172 日珥是怎么形成的?
- 176 什么叫光斑?
- 178 什么叫太阳活动区?
- 182 什么叫磁重联?
- 185 什么是太阳耀斑?
- 189 太阳耀斑的能量从哪里来?
- 193 什么叫白光耀斑?
- 195 什么是微耀斑?
- 199 感应耀斑是如何激发的呢?
- 202 什么叫阿尔芬波?
- 206 太阳交响乐是怎么回事?

- 210 什么叫磁激波?
- 213 太阳色球如何蒸发?
- 215 太阳大气中喷流是如何形成的?
- 218 什么叫日冕物质抛射?
- 224 太阳射电爆发和其他波段爆发有何不同?
- 227 太阳射电Ⅲ型爆是如何形成的?
- 230 太阳射电尖峰爆发是如何形成的?
- 233 太阳微波斑马纹结构是如何形成的?
- 236 什么叫太阳活动周?
- 240 太阳活动有哪些周期性?
- 243 什么叫太阳龙卷风?
- 247 太阳高能粒子是怎么产生的?
- 250 史上最强太阳高能粒子事件

## 第六章 太阳风暴

- 254 什么叫太阳风暴?
- 256 太阳耀斑可以预报吗?
- 260 什么是太阳风?

- 265 如何探测在行星际空间传播的太阳风?
- 269 太阳风是如何被加速的?
- 273 极光是如何形成的?
- 276 地面太阳宇宙线事件是怎么回事?
- 279 什么是范艾伦辐射带?
- 281 太阳风暴如何影响我们的通信与导航?
- 284 太阳风暴会影响我们的电力输送吗?
- 286 太阳风暴如何影响航空航天活动?
- 289 太阳风暴如何影响军事活动?
- 292 卡林顿事件是怎么回事?
- 294 什么叫空间天气学?

## 第七章 太阳的未来

- 298 太阳爆发能导致地球的末日吗?
- 302 太阳的寿命有多长?
- 305 太阳最终的结局是什么?

## 309 后 记

第一章



# 太阳的前世今生

TAIYANGZHIJING

## 太阳的传说

对古代的人们来说，太阳是天地万物间最神秘的存在了：它每天早上从东方地平线上辉煌地升起，带给人类一天的光明；傍晚在西边天际黯然落下，带走最后一片晚霞。它是如此的灿烂辉煌，和人类的生活密切相关，它又是那么的遥远而不可即。它来了，带来了温暖和

勃勃生机；它走了，大地重归黑暗、寂寥。有了它，才有了人类家园的万物生长、繁茂昌盛。因此，自古以来，太阳一直是人们顶礼膜拜的对象，世界各地都有各种或神秘，或浪漫的关于太阳的传说。

在中国的古老传说里，先民们把祖先炎帝尊奉为太阳神。不过，在《山海经》里，太阳神是羲和的儿子。羲和与上古帝生了十个儿子，他们住在东方大海的扶桑树上，十个儿子每天轮流在天上值日，这就是太阳了。因此，羲和也被称为“太阳之母”。后来，十个兄弟不满值日的先后次序，十日并出烘烤大地，以致世间酷热难熬、灾害连连。后羿不忍人间悲苦，替天行道，用神箭射杀了其中九个太阳，这便是“后羿射日”的由来。山东省日照市汤谷镇天台山中国太阳神祭坛遗址公园，

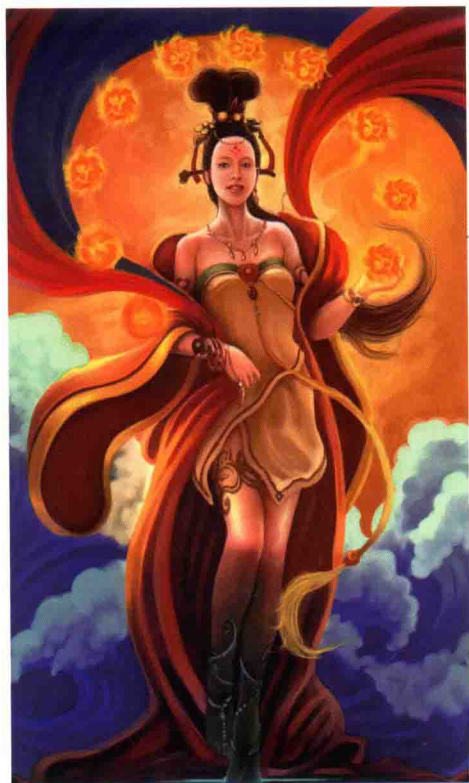


图1 《山海经》中关于羲和与十个太阳的传说

有太阳神石、太阳神陵、观测天文的石质日晷、祭祀台、老母庙等。根据《山海经》《尚书》和《史记》记载，羲和族人祭祀太阳的地方很可能就是天台山，当地每年农历6月19日过太阳节的习俗由来已久。战国时期楚国著名诗人屈原写的诗篇《九歌》中的第七篇《东君》，这里的“东君”指的也是太阳。

为了认识和利用太阳，《山海经·海外北经》里有关于“夸父追日”的传说：“夸父与日逐走，入日；渴，欲得饮，饮于河、渭；河、渭不足，北饮大泽。未至，道渴而死。弃其杖，化为邓林。”关于这段传说，有一种解读是这样的：夸父为了弄清太阳在一年四季对农作物的影响，能够让人们熟悉大自然的规律以及合理利用阳光，拿着一根桃木棍儿从东至西测量日影规律以确定四季，

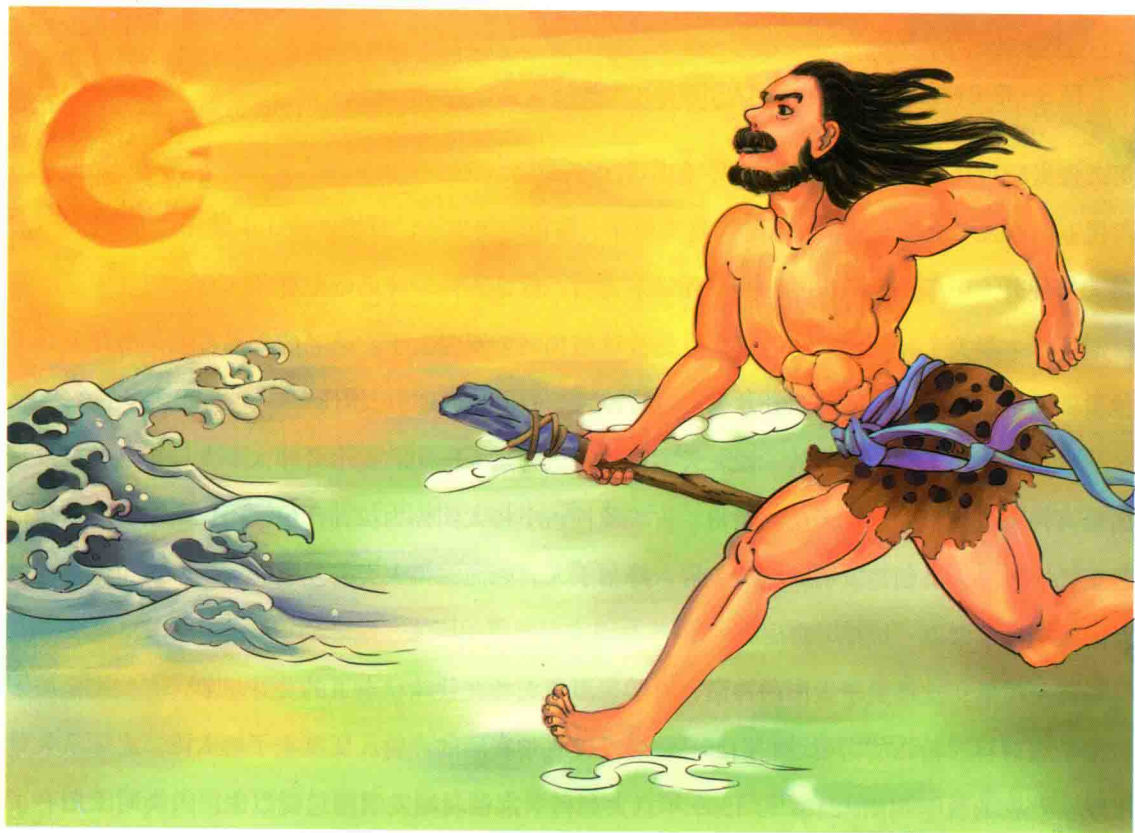


图2 夸父追日



图3 希腊神话中驾着太阳车的太阳神赫利尤斯

再从黄河和渭河的涨水痕迹上标出洪水水位的变化规律，这样可以帮助人们合理安排农作物耕种。至于为什么夸父拿的是桃木棍儿，可能是古代人迷信，认为桃木可以避邪。如此说来，夸父或许就是中国古代农业科学家的先祖。

古希腊的神话里，有好几位太阳神。最著名的便是阿波罗神（Apollo），全名为福玻斯·阿波罗（Phoebus Apollo），其中，福玻斯即为“光明、明亮”之意，他是万神之王宙斯与黑夜女神勒托（Leto）之子。

第二位太阳神是赫利尤斯（Helius），他是真正的驾着太阳车的太阳神，是海佩瑞昂（Hyperion）与提亚（Thea）之子。赫利尤斯是个高大魁伟、英俊的美男子，身披紫袍，头戴光芒万丈的金冠，每天驾驶着太阳车从天空驶过，给世界带来光明。但是，许多神话中把赫利尤斯与阿波罗混同在一起了，一些关于赫利尤斯的故事往往都被移植到阿波罗身上了。第三位太阳神便是海佩瑞昂，他被认为是原始太阳球体的化身，也是希腊神话里最早被提到的太阳神。

日本神话里，有天照大神一说。天照大神被认为是天地间的统治者和太阳女神，是神道教里的最高神，也被奉为日本天皇的始祖。古埃及神话中将太阳称为拉神，拉神不仅是造物主、众神之王，还教会人类创造发明，祛灾免邪，降福于人，因而深得人类的爱戴和颂扬，以至许多古埃及的法老也常常以“拉神”自居。

无须质疑，这些关于太阳的神话，有些是源于人类在蒙昧状态下的美好想象，有些则是源于统治阶级对自己粉饰的需要。它们都是缺乏严谨科学观测的产物。要真正了解太阳，必须从大量准确、严密的科学观测入手。自1609年意大利科学家伽利略发明望远镜以来，人类对太阳有了越来越深入的科学了解。

## 为什么太阳与众不同？

每当夜幕降临，我们抬头仰望星空，浩瀚的星辰大海里有无数颗明亮的星星。我们知道，除了金星、水星、木星等少数几颗星星是我们太阳系里的行星外，其他星星几乎都是来自遥远的恒星——和我们的太阳一样的恒星。在这亿万颗恒星中，有的比我们的太阳大几倍、几十倍甚至上百倍，有的又比太阳还小许多，是太阳的几十分之一或几百分之一！因此，太阳仅仅只是宇宙中极为普通的一颗恒星。在天文学家对恒星进行统计分类的赫罗图上，太阳位于主序星的中部，是一颗颜色偏黄、质量偏小的 G 型矮星。那么，为什么唯独太阳（Sun）对我们这么重要呢？

我们生活的地球位于太阳系（Solar system），是太阳系中八大行星之一。按照其轨道距离太阳由近及远的顺序，太阳系的八大行星依次为：水星（Mercury）、金星（Venus）、地球（Earth）、火星（Mars）、木星（Jupiter）、土星（Saturn）、天王星（Uranus）、海王星（Neptune）。此外，还有谷神星（Ceres）、冥王星（Pluto）等若干颗矮行星（Dwarf planet），火星和木星轨道之间还有数十万颗小行星，许多行星周围还有卫星。除此之外，还有大量的彗星（Comet）和流星体（Meteoroid）等小天体。但是，所有这些大行星、矮行星、小行星、卫星、彗星和流星体的质量加在一起，还占不到整个太阳系总质量的 1%，剩下 99% 以上的质量都属于太阳。太阳是整个太阳系家族里的超级大王，是主宰。太阳的质量比太阳系其他任何成员的质量都要大 1000 倍以上，是地球的 33 万倍！从体积上说，太阳的半径是地球的 109 倍，体积是地球的 130 万倍。即使是太阳系最大的行星——木星，其体积也只有太阳的 0.1% 左右，质量还不到太阳的 0.1%。

太阳强大的引力严格控制着太阳系各成员的运动，即使是质量比地球大 300 多倍的木星也必须乖乖地绕着太阳运动。当然啦，我们的地球也绝对逃不出太阳的掌控，几十亿年以来也只能老

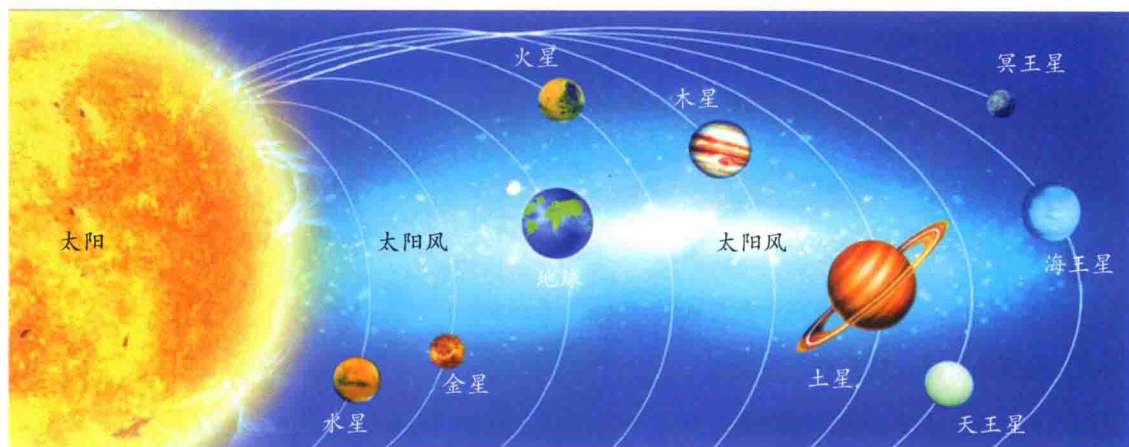


图4 太阳是太阳系的主宰

老实地绕着太阳运转。

太阳也是离我们最近的恒星，距离地球只有 1.5 亿千米。如果用光年为单位来计算，只有大约 0.000015 光年。与此对比，离地球最近的恒星——比邻星（半人马座  $\alpha$  星）距离我们 4.22 光年，是太阳到地球距离的 28 万倍！天空中最著名的亮星天狼星（大犬座  $\alpha$  星）距离地球也有 8.65 光年之远，几乎是太阳到地球距离的 60 万倍！

正因为太阳离地球近，所以我们每天都能感受到太阳的温暖和光芒，地球上才有了四季变迁和万物生长。对于我们人类的家园地球来说，

太阳为地球送来光和热，在地球大气层顶，每平方米面积上所接收到的太阳辐射能量高达 1367 瓦，而整个地球所接收到的总太阳能高达 17 亿亿瓦，比目前全世界所有发电站发出的电能总和还多

### 太阳系家族

如果我们把太阳系看成是一个家庭的话，家长无疑就是太阳。这个家长通过强大的引力控制着众多家庭成员，包括 8 颗大行星、若干颗矮行星、数十万颗小行星、数以万计的彗星和流星体，以及缥缈浩瀚、若隐若现的众多行星际介质云。大行星周围还存在许多卫星，例如地球有一颗卫星——月球，火星有 2 颗卫星，木星迄今已经发现有 68 颗，土星有 67 颗，天王星有 27 颗，海王星有 14 颗，实实在在的一个非常庞大的家族啊。

100 倍以上。因此，太阳是地球上一切生命之源，说“万物生长靠太阳”也毫不为过。

我们人类的家园——地球每时每刻都浸泡在来自太阳发射的电磁波辐射和各种高能粒子辐射的背景中。每时每刻都有太阳风（Solar wind）从我们的地球周围吹过。太阳上发生的任何变化，比如太阳耀斑（Solar flare）、日珥爆发（Filament eruption）、日冕物质抛射（Coronal mass ejection）等剧烈活动现象，都对我们地球周边的环境产生物质和能量的输入，直接决定了地球及其周围空间环境及其变迁。太阳对我们的影响，是其他任何遥远的星星都无法比拟的。因此，我们说太阳是对人类生存产生最大影响的、最为特殊的一颗恒星。

# 太阳在哪里？

我们已经知道，地球不是宇宙的中心，太阳也不是宇宙的中心。我们人类家园——地球之外的空间，是一个广阔无垠的浩瀚星海，太阳仅仅只是其中毫不起眼的一颗星星而已。早上，太阳出现在我们的东边；傍晚，太阳运行到我们的西边。地球绕着太阳公转，公转一周为一年。太阳是太阳系的大王，可这个大王在宇宙中又位于什么位置呢？

首先，太阳位于银河系中。天文学观测表明，银河系是由 2000 亿 ~ 4000 亿颗恒星构成的一个巨大的、高度扁平的恒星系统，整体形状类似于一个圆薄饼。薄饼的直径大约为 16 万光年，厚度大约为 5000 光年，称为银盘。银盘的中心平面称为银道面。银盘的中央是一个长轴大约为 14000 光年的椭球状的核球，是恒星分布高度密集的地方，核球的中心则是一个质量大约是太阳 400 万倍的巨型黑洞。综合光学、红外和射电观测资料，天文学家们发现，银盘是由 4 条旋臂构成的旋涡状结构。在旋臂上，恒星分布的密度较高；而在旋臂之间的区域，恒星分布的密度较少。在银盘周围有一个恒星分布比较稀疏的巨大的银晕，直径大约为 30 万光年。

## 宇宙大爆炸理论

1946 年，著名物理学家伽莫夫为了解释 1929 年天文学家哈勃发现的宇宙红移现象，提出宇宙是由大约 137 亿年之前的一次大爆炸逐渐演化而来的。大爆炸发生之后，随着温度和密度的逐渐降低，依次产生了电子、质子、中子等粒子，并随后形成了原子和分子等。在宇宙极早期，均匀分布的物质云因局部密度扰动而产生不均匀性。其中，密度较大的地方引力强，通过引力塌缩聚集而形成星系；密度小的地方引力弱，物质被吸走，自然形成宇宙大空洞。这是当代最有影响力的一种宇宙学模型。