



# 星空百亿年

曾耀寰/主编

问津银河  
星系的碰撞  
探索星球的诞生

变化万千的太阳  
宇宙创始者的面孔  
追寻太阳系的起源

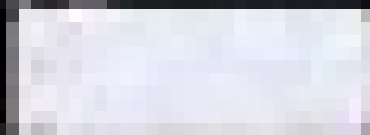
长 春 出 版 社  
全国百佳图书出版单位



# 星空百忆年

仰望星空  
探索的永恒  
是人类永恒的梦想

中国航天  
从神舟到天宫  
从嫦娥到玉兔

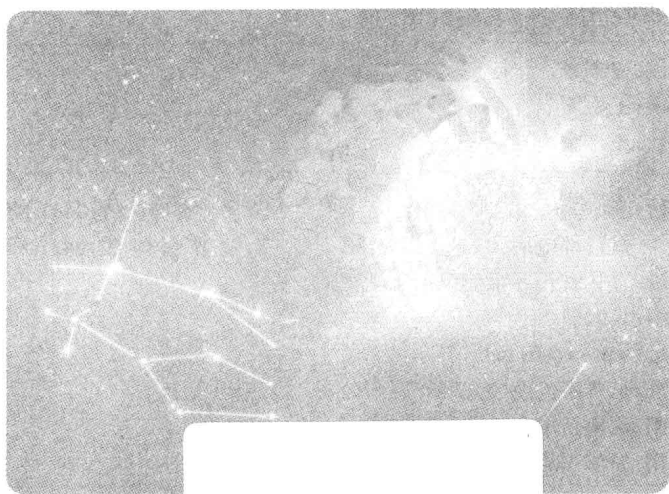


中国航天  
从神舟到天宫  
从嫦娥到玉兔

青少年科学启智系列

# 星空百亿年

曾耀寰◎主编



長 春 出 版 社  
全国百佳图书出版单位

## 图书在版编目(CIP)数据

星空百亿年 / 曾耀寰主编. — 长春: 长春出版社, 2013.1

(青少年科学启智系列)

ISBN 978-7-5445-2651-7

I. ①星… II. ①曾… III. ①天文学—青年读物  
②天文学—少年读物 IV. ①P1—49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 274940 号

著作权合同登记号 图字: 07-2012-3848

星空百亿年

本书中文简体字版权由台湾商务印书馆授予长春出版社出版发行。

## 星空百亿年

主 编: 曾耀寰

责任编辑: 王生团

封面设计: 王 宁

出版发行: **长春出版社**

发行部电话: 0431-88561180

总编室电话: 0431-88563443

邮购零售电话: 0431-88561177

地 址: 吉林省长春市建设街 1377 号

邮 编: 130061

网 址: [www.cccbs.net](http://www.cccbs.net)

制 版: 长春市大航图文制作有限公司

印 制: 沈阳新华印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 700 毫米×980 毫米 1/16

字 数: 118 千字

印 张: 13.75

版 次: 2013 年 1 月第 1 版

印 次: 2013 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 23.80 元

版权所有 盗版必究

如有印装质量问题, 请与印厂联系调换 联系电话: 024-25872814 转 2050

# 序

古未有天地之时，惟象无形，一切时空处于混沌状态，现今以管窥天，环顾所处的地球、太阳系、甚至是银河系，或更遥远的星系，各自不同尺度结构的形成，不同性质的星体存在，以及之间的关联，这些现象分别代表了宇宙历史洪流的不同演化阶段。从时间的角度来看，望远镜看到愈远的天体结构，代表了不同阶段的宇宙，这是因为光传送的速度是有限的，我们现在看到的太阳光是来自八分钟前的太阳，比邻星则是四年前的比邻星，而位在猎户座的参宿四则是 640 多年前，差不多是朱元璋的时代。从空间的角度来看，地球或太阳系的形成，却属于宇宙演化过程的后段，差不多是 45 多亿年前，从银河系的一团巨大分子云内的角落开始，经由自身的万有引力塌缩逐渐形成现在的太阳系。现在知道，银河系的大小约 3 万光

年，这团分子云的大小约 60 多光年，太阳则是由当中某个三光年大小的区域塌缩而成。

若从整个宇宙演化的宏观角度，宇宙演化可分成以下几个阶段：大爆炸初启的原生原子时代、星系时代、恒星时代、行星时代及生命时代。宇宙是如何由虚无之中诞生，又如何融合出现在看到的花花世界的基石——基本粒子，在接下来的演化中，星系结构是如何建构，各种不同类型的星系又是如何产生，乃至于闪烁耀眼的恒星如何从一团低温低密度的分子云，逐渐凝结成型，最后又如何恒星的四周分化出行星，进而孕育出生命物质。这些都是现今天文学家对宇宙所提出来的问题。

谁传道之？何由考之？何以识之？要回答这些问题，天文学家能够掌握的只有来自宇宙的微光，透过各种波段的望远镜接收这些微光，并尝试说明这些微光所代表的宇宙片段，到底这个微光是来自哪种物质？它的温度又是多少？是朝向我们？还是远离我们？而天文物理学家则要进一步编织宇宙的故事，本着历代科学家所建立的各种科学理论，不论是物理还是化学，都可以用来了解宇宙在各个阶段是如何运作以及如何变化，最后串接成一本宇宙大戏。本书则是遵循这样的脉络，以宇宙学、星系、恒星以及太阳系为对象，讲述精彩的天文故事，希望读者能从这些天文故事中，一览各个阶段的宇宙演化，能对天文学以及我们的宇宙有更进一步的了解和认识。

编者

# 目录

- 1 / 变化万千的太阳
- 13 / 追寻太阳系的起源
- 24 / 什么是陨石?
- 32 / 太阳系外的行星系统
- 41 / 脉冲星
- 57 / 超新星、星球演化和元素合成
- 70 / 宇宙创始者的面孔
- 82 / 无巧不成宇宙
- 98 / 暴胀与残陷
- 111 / 宇宙结构的形成
- 124 / 问津银河
- 145 / 星系的碰撞

- 155 / 大麦哲伦王的新衣服
- 171 / 盘子、棒子、盒子与花生米
- 185 / 探索星球的诞生
- 199 / 行星系统的起源



# 变化万千的太阳

□ 傅学海

太阳，这颗离我们最近的恒星，长年照耀大地，供给万物所需要的光与热。人类对太阳的观察，始终局限于太阳在天空中行走的路径，规定出年度与季节，而对太阳本身的观测，也始终像一般的感觉一样，是一个明亮耀眼的圆盘，亘古不变。以至于亚里士多德学派认为太阳是个完美无瑕的天体。1609年伽利略利用望远镜看到太阳表面上竟然有黑斑，称为“太阳黑子”（见图1、2），打破西方千年来的传统观念。虽然在中国史书上已有100多次有关太阳黑子的记载，但伽利略仍然是近代观测太阳本体的先锋。

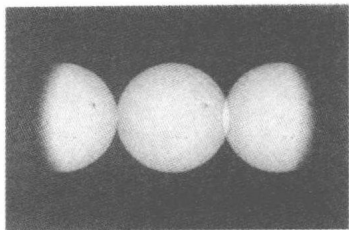


图1 1989年6月17日太阳黑子三重曝光,显示太阳东升西落的方向。

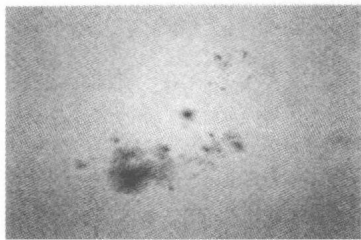


图2 1989年7月17日一个巨型复杂的黑子群。

太阳并不是平静无波的。相反的,太阳是个诡谲多变的星球。由可见光、无线电波、X射线等各波段来观测太阳,发现太阳活动不但频繁而且剧烈,甚至影响到地球的大气与磁场。有些学者认为地球上的天气变化也与太阳活动有关。让我们先从历史的进展程序来看太阳呈现的各种面貌。

平常看到的太阳圆盘,天文学家称为“光球”,也就是太阳表面。分析太阳的光谱,发现其表面温度约为 $6000^{\circ}\text{C}$ ,温度比铁的熔点还高两倍多,在如此高温下,所有元素都化为气体的形式。光球是最容易观测的太阳大气。

## 太阳黑子

伽利略持续观察太阳黑子,发现它每天的位置有规律地移动,表明太阳不但不是完美无瑕的,它还和地球一样自转,约三十天转一圈。经过将近四百年的观测,天文学家找出一些黑子变化的规律。

一、黑子的数量时多时少,大约按照十一年的周期循环

起伏，黑子最多的时候称为“极大期”或“高潮期”；最少时则为“极小期”或“宁静期”。最近一次极大期是在1990年。在黑子极大期时，不但黑子数量多，其他太阳活动也随之增加。因此太阳物理学家非常重视极大期的各种太阳活动（见图3）。

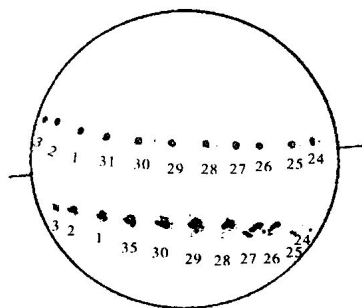


图3 依据台北天文台1988年7月24日至8月3日所观测的太阳黑子投影图,选取两个不同类型与大小的黑子群。下方的黑子群在几天内发展为大型而复杂的黑子群,在7月31日以后明显衰落消逝中,上方的单一黑子则可以维持数周以上。

## 二、黑子在太阳盘面上的

分布,也随十一年的周期而从南北纬三十度左右,逐年移向赤道附近。极小期时,黑子数量少,而且分布于纬度三十度左右。一年年过去,黑子分布区也逐渐移向低纬度区域。约十一年后消失于赤道附近。同时纬度三十度左右又出现黑子,开始另一个周期。

三、黑子本身具有磁性,也常成对出现。磁性的变化也有十一年的周期循环。成对的黑子磁性呈南北对称。也就是说,北半球配对的黑子中,前导黑子与尾随黑子的磁性是S-N配对;而南半球成对黑子的磁性则为N-S。在下一回周期中,北半球成对的黑子磁性则反转为N-S,而南半球则为S-N。因此考虑黑子的磁性变化,则太阳的活动周期是二十二年左右。值得注意的是,黑子磁性反转发生在极小期阶段。

一般说来,黑子有大有小,肉眼能看到的黑子直径至少

约有 700 千米。大型而复杂的黑子群面积可以涵盖几百个地球。一般黑子都具有中央黑暗的“本影”与周围呈淡灰色的“半影”。高解析度的照片中，半影区像菊花花瓣一样呈辐射状条纹。1991 年美国天文学家齐林（Zirin）提供出非常清晰、高解析度的浓缩录影带，明显看出半影区是对流区，丝状物不断地由周围流向本影与半影交界处。

### 米粒组织

早期利用高空气球把望远镜带到 30 千米的高空，在扰动的对流层之上拍摄到清晰度极佳的太阳表面照片。其间布满许多米粒状的结构，直径约为 1700 ~ 1000 千米，称为“米粒”，后来使用高山上的太阳观测台及太空中的观测设备，发现米粒组织处于运动状态，实际上是对流。也就是说太阳表面像沸腾的开水，底部的物质受热膨胀形成气泡状浮起，浮到表面（米粒组织中央明亮区），散热后又从对流胞周围（较暗区）沉入底部。整个过程平均约十分钟。

### 色球与日珥

日全食过程中，在月球完全遮住太阳的短短几分钟，太阳周缘呈现一圈淡红色。这薄薄 3000 千米厚的大气称为“色球”（chromosphere，见图 4）。其亮度只有光球的千分之一，所以平常无法看到。只有在日全食过程中，月球完全遮住明亮的光球时才能看到。

在 1733 年 5 月 2 日的日全食，Vassenius 在瑞典观测到太阳边缘有三四朵“红色火焰”。这些火焰现在称为“日珥”（见图 5），但当时认为是月球大气中的云朵。1834 年在法国与意大利可看到日全食，当时的天文学家相信这些日珥是太阳表面的巨大山脉。1860 年与 1868 年两次日全食观测中，首次应用光谱的方法来观测日珥，发现有明亮的光谱线，表明日珥是高温气体。有一条波长  $5876 \text{ \AA}$  的谱线是当时地球上还不知道的元素——天文学家称之为“氦”（He，是希腊神话中的太阳神 Helios 的缩写）。

色球与日珥的光谱中，亮度最强的是氢原子发出的  $H_{\alpha}$  谱线（是波长  $6563 \text{ \AA}$  的红光）。所以天文学家使用只让  $H_{\alpha}$  波段透过（其他波段全部滤掉）的滤镜，来观测色球与日珥。在盘面上，有许多长长短短的暗条纹，长的有几十万千米。这些“丝状体”是色球上温度较低的电浆物质，被磁场托住或沿着磁力线浮在数万千米的高空。当丝状体随太阳自转移到边缘时，由于没有明亮的色球背景衬底，暴露在黑暗的太空背景中，就成为明亮的日珥。目前还不完全明了日珥的形成与

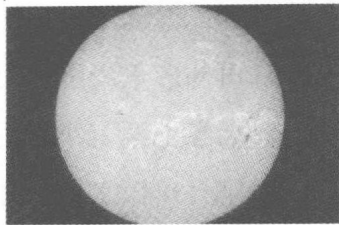


图 4 1991 年 2 月 28 日利用钙谱线（K 谱线）滤镜所摄之太阳色球。亮斑区是活动区。

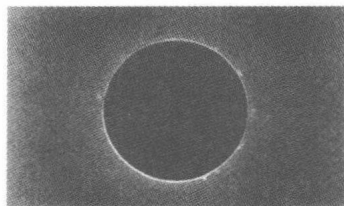


图 5 1989 年 7 月 13 日利用  $H_{\alpha}$  滤镜所摄的太阳边缘各型日珥。

演化过程，但已知与磁场关系密切。

日珥外形不规则，大都呈现拱形、喷泉状、树篱状、圈状等。如果把两三小时的照片或录影带记录浓缩成半分钟，可以看到日珥像水舞一样，变乱不已。外形变化和缓，大致可以保持几天甚至几个月的日珥，称为“宁静日珥”。另外

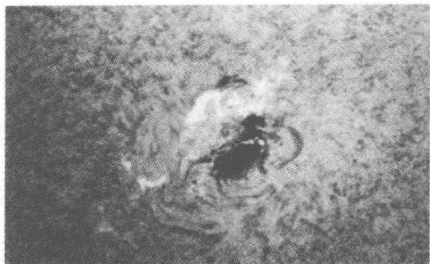


图6 1991年发生的太阳闪焰。

一种活动日珥，其外形在几小时内就有明显的变化。巨大而复杂的黑子群中，常常发生磁力线绷紧后突然中断的情形。这时储存其中的能

量猛然释放出来，形成“闪焰”（solar flare，见图6）。整个爆发过程在十几分钟至几个钟头内结束。太阳闪焰是目前所知太阳系中最剧烈的活动。

## 日冕

太阳最外层的大气称为“日冕”（corona），由色球层顶部向外扩展到几百万千米处。日冕发出的可见光总亮度约与满月相当，是光球的百万分之一。因此平时无法看见，只在日全食的时候或使用特别设计的日冕仪，才能观测日冕。一团白茫茫的光围绕着太阳，在清晰度的照片中，可以看到许多延伸至几百万千米远的日冕流。

分析日冕的光谱，发现一些非常特殊的谱线，是铁原子

或氧原子失去许多电子所发出的谱线。实验室中无法制造这些谱线，因此又称做“禁止谱线”。只有日冕的温度高达摄氏百万度以上，才能使原子中的大多数电子处于游离状态。另一方面，如果日冕温度真有摄氏百万度，应该发出X射线。早在1946年美国就利用德国的V2火箭，把仪器送到100千米的高空去探测太阳。1948年证实太阳发出X射线。1970年代太空实验室（Sky Lab）观测许多太阳X射线的影像，是太阳X射线观测的里程碑。

由X射线所观测，可以看到太阳的内层日冕，有许多亮点与亮区，显示磁场高度集中或剧烈变化之所在。另外也可以看到许多反映磁力线的弧线。最显著的是一些极宽的暗区（表示温度较低，不发出X射线），称为“日冕洞”（corona hole），这是磁场开放区。也就是说，由此日冕洞发出的磁力线并不弯回到太阳表面，所以以电子、质子为主的带电粒子沿着磁力线，源源不绝由日冕洞流向太空，形成“太阳风”。太阳风主控了行星际空间的性质。地球、木星、土星、天王星与海王星的辐射层，以及彗星的离子尾，都与太阳风有关。

## 太阳活动

仔细测量黑子在太阳盘面上的移动，以及测量光谱的多普勒效应，发现太阳的自转与地球不一样。太阳赤道区自转较快，约25天转一圈，南北纬三十度附近需时约30天，而

南北两极区则须三十五天左右。简单地说，太阳自转速率随纬度而有不同，是不均匀自转，称为“较差自转”（differential rotation），这表明太阳本身是个流体。太阳的差别自转，在解释太阳活动的周期性变化中，扮演了转折性的角色。

配合可见光、紫外线、X射线与无线电波的观测，发现黑子是太阳表面活动频繁的区域，磁场强度可达几百高斯（高斯是测量磁场强度的单位，地球表面平均 0.5 高斯。）磁场是贯穿太阳表面主要活动的要角。在大型或复杂的黑子群上空，利用 H $\alpha$  滤镜与紫光区的 K 滤镜观测下，都呈现明亮的块状斑。更高的日冕区中，发出很强的 X 射线与许多弧线。可见光日冕中则呈现盔状弧，同时也是发出强烈无线电波的区域。

太阳物理学家发展出“发电机”（dynamo）的理论，来解释太阳的周期性活动（见图 7）。在太阳宁静期，太阳内部对流层底的磁场呈南北走向。但随着太阳本身的较差自转，磁力线逐渐由南北走向转为东西走向。磁浮力把磁力线带到太阳表面。当局部的磁力线突出到太阳表面，就呈现为我们看得到的黑子。由此可解释黑子成对出现的原因与磁性。磁场浮至表面的过程中，受到科氏力的作用，东西走向的磁场会转为南北走向，但磁性与原来南北走向的磁场相反。这解释了成对黑子磁性每十一年转换的情形。

在太阳活动极大期中，黑子数量与面积都大增，闪焰与爆发日珥活动频繁。一般说来，巨大而结构复杂的黑子群形



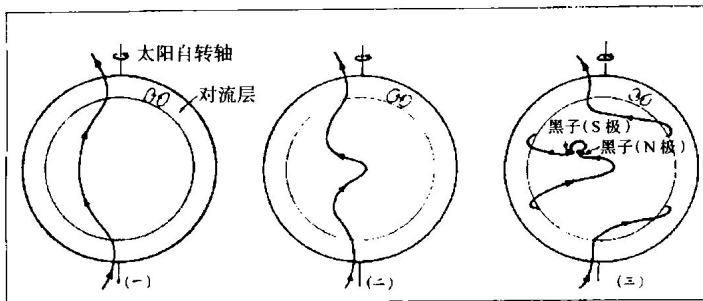


图7 发电机示意图。(一)由于太阳自转,在对流层底部形成一南北向的磁场;(二)由于太阳的“较差自转”,赤道区自转较快,磁力线被拉长(如图),同时由于磁浮力,磁力线逐渐浮向光球表面;(三)经过多次自转,磁力线被拉拽成东西向,同时部分磁力线给浮出光球表面,磁力线与光球交界处形成黑子。而温度较低的电浆沿着磁力线坠落或上升,是部分日珥的成因。磁场浮至表面的过程中,受到科氏力的作用,东西走向的磁场会转为南北走向,但磁性与原来南北走向的磁场相反。

成时,其磁场也变化难测。不断破坏重组,很容易形成闪焰。当巨大闪焰发生时,随之释出的带电粒子以每秒600千米以上的速率逃出太阳的重力,向太空逸去。少则一天多则三天,这些高能带电粒子即可到达地球附近。部分被地球的磁场捕获,而从南北两极地区闯入地球大气层,与高空大气分子交互作用的结果,产生诡谲梦幻的“极光”。另一方面,由于带电粒子干扰地球高空150~300千米处的电离层,破坏了电离层反射无线电波的功能,使得无线电噪音遽增,称为“无线电爆”。同时干扰短波无线电波的通讯与收播。通常也能轻微干扰卫星传送的电视画面。

闪焰发生时,紫外线、X射线辐射也遽增。这些高能辐射加热地球极高层的大气。结果大气受热膨胀,使得环绕地球的人造卫星受到更多的空气摩擦,速度减慢轨道降低,而