



人与太空系列 51



太阳的奥秘

章志彪 张金方 主编

中国建材工业出版社

世界科技全集百卷书 ⑤

· 人与天象系列 ·

太阳的奥秘

编写 成栋

中国建材工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

世界科技全景百卷书:人与太空系列/章志彪、张金方主编。—北京:中国建材工业出版社,1998.8

ISBN 7-80090-768-6

I. 世… II. ①章…②张… III. ①科学技术—世界—百科全书②空间科学—世界—百科全书 IV. N61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 21396 号

中国建材工业出版社出版发行

(100037. 北京市三里河路 11 号)

北京后沙峪印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

*

787×1092 毫米 32 开 398 印张 8112 千字

1998 年 8 月第 1 版 1998 年 8 月第 1 次印刷

印数:1~12000 定价:520.00 元

目 录

太阳家族的家谱

威严的“家长”	(2)
太阳的儿女们	(18)
太阳家族的小兄弟	(19)
行星的卫士们	(24)
太阳家族的邻居	(28)

太阳家族之谜

中微子失踪案	(30)
太阳伴星之谜	(35)
冕洞之谜	(41)
耀斑之谜	(46)
太阳黑子之谜	(53)
黑洞之谜	(59)
白洞之谜	(64)

扣开太阳之门

太阳能量探源	(69)
丰富多彩的太阳活动	(73)
千姿百态的日珥	(87)
太阳的红脸膛	(88)
神奇的太阳风效应	(90)
太阳活动与旱涝	(94)
饱览日面	(97)

太阳的未来.....	(102)
------------	-------

邂逅太阳

发射太阳船.....	(107)
------------	-------

太阳能的利用.....	(110)
-------------	-------

太阳能电站.....	(112)
------------	-------

太阳家族的家谱

太阳系是以太阳为中心的天体系统。由五花八门、丰富多彩的天体组成，并形成一个“家族”似的系统——在这个家族中太阳是一位“至高无上”的家长，用她那巨大的“引力之手”指挥着它周围的无数个大小不一的家族成员。咱们居住着的地球也是太阳系家族的一个普通成员，与其他 8 个大行星——水星、金星、火星、木星、土星、天王星、海王星和冥王星，好像一母所生的九个子女，一同围绕太阳母亲运行。比九大行星小一辈的天体是卫星，它们像是行星的子女，围绕各自的行星运行。与大行星同辈的小行星，算是大行星的小弟弟，形体虽小，但它们“人丁”兴旺，被发现（正式编号）的已有 3000 多颗。还有为数众多、形态奇特的彗星，它们也都是绕太阳运行的天体。

太阳系家族还有数量极多的流星体，它们有的像一座小山，有的像一颗砂粒。当它们闯入大气时，便与大气摩擦而燃烧，形成流星现象。有些大流星体来不及烧完撞到地面成为陨星。

尽管太阳系内天体品种很多，有些品种数量很大。太阳质量占太阳系总质量的 99.8%，它将太阳系里的所有天体牢牢地控制在其周围，使它们不离自己旋转。同时，太阳又作为一颗普通恒星，带领它们绕银河系的中心运动。

如果把我们的太阳系比作一个家庭，那么太阳就是一家

之主了。

威严的“家长”

清晨，当你站在茫茫大海的岸边或登上五岳之首的泰山，眺望东方冉冉升起的一轮红日时，一种蓬勃向上的激情会从心底油然而生。人们热爱太阳，崇拜太阳，赞美太阳，把太阳看作是光明和生命的象征。

太阳的身份证

光芒万丈的太阳是自己发光发热的炽热的气体星球。它表面的温度约 6000°C ，中心温度高达 1500 万摄氏度。太阳的半径是 696000 公里，是地球半径约 109 倍。它庞大的身躯里可以容纳 130 万个地球。太阳的质量为 1.989×10^{27} 吨，是地球质量的 332000 倍，是九大行星总质量的 745 倍。知道了太阳的体积和质量，你能不能知道太阳的密度呢？先想一想。太阳的平均密度是每立方厘米 1.4 克，约为地球密度的 $1/4$ 。

太阳与我们地球的平均距离约 1.5 亿公里。这是一段多么遥远的空间距离啊！光的速度每秒约 30 万公里，从太阳上发出的光到达地球需要 8 分多钟。这段距离在天文学家们的眼里，认为并不遥远，他们常常把这段距离当作测量太阳系内空间的一把尺子，给它一个名称叫“天文单位”。拿这把尺子去衡量水星与太阳的平均距离是 0.387 个天文单位。木星与太阳的距离是 5.2 个天文单位。你看，这是多么大的一把尺子啊！正因为如此，我们从地球上看到的太阳才好似“圆盘”大小。它在天空中对我们的张角大约半度。然而，我们

已充分感受到了太阳强烈的光芒和酷热的照射。你可以静静地想一想，地球上的动物、植物和微生物，不都是靠太阳来维持生命吗？埋在地下的煤、石油和水，不也是太阳能量的转换产物吗？地球大气和海洋的活动现象不也是太阳能量的作用吗？地球上除原子能以外，太阳是一切能量的总源泉。“万物生长靠太阳”确有它深刻的内涵。

说到这里，不知你有没有想到这样的问题：太阳慷慨无私，向我们免费提供如此巨大的能量，整个地球接收的太阳能有多少呢？太阳发射出的能量有多大呢？科学家们设想在地球大气层外放一个测量太阳总辐射能量的仪器，使它垂直太阳的光束，这样测得的辐射不受地球大气影响，在每平方厘米的面积上，每分钟接收的太阳总辐射能量是 1.97 卡。这个数值叫太阳常数。这个能量足以使 1 立方厘米的水温升高约 2°C 。如果将太阳常数乘上以日地平均距离作半径的球面面积，这就得到太阳在每分钟发出的总能量，这个能量约为每分钟 2.273×10^{28} 焦耳。如果再把这个热辐射能换算成机械功率，约为 3.68×10^{23} 千瓦。然而，太阳虽然作出如此惊人的奉献，但是地球上仅接收到这些能量的 22 亿分之一。可是，就是这微乎其微的能量，足以使地球上享受到温暖和充足的阳光。太阳每年送给地球的能量约相当于 100 亿亿度电的能量。比全世界总发电量要大几十万倍，太阳能取之不尽，用之不竭，又无污染。随着科学技术的飞速发展，人类必将在利用太阳能方面再创辉煌。

太阳的“内脏”

太阳内部结构可以分三层：太阳中心为热核反应区；核

心之外是辐射层；辐射区之外为对流层；对流层之外是太阳大气层，太阳大气层从里向外分为光球、色球和日冕。

(1) 热核反应的中心区

太阳中心是热核反应区。它的范围约占整个太阳半径的 $1/4$ ，约为整个太阳体积的 $1/64$ 。然而它所包含的太阳质量却足足占整个太阳质量的一半以上。这表明太阳中心区的物质密度大得惊人，每立方厘米可达 160 克。水的密度为每立方厘米 1.4 克。太阳在自身强大重力吸引下，太阳中心区处于高密度、高温和高压状态。核物理学理论指出，在这种条件下是物质的热核反应。太阳能量的 99% 都是从这里产生。关于太阳能的产生方式，我们在下面还有专门介绍。因此，太阳中心区是太阳的热核反应区，是太阳巨大能量的发祥地，是太阳充满活力的心脏。

(2) 辐射层

太阳中心产生的能量要不停地向外传输出去，这样它才能维持自身结构的平衡。太阳中心产生的能量是如何传播到外层空间去的呢？我们知道，热的传播方式有传导、对流和辐射三种方式。生活中使用的保温瓶的制造原理是断绝这三种热的传播，保持瓶内外的热量不能交换传递。太阳中心产生的能量要不断地传递出去，主要是靠辐射形式。太阳中心区之外就是辐射层。辐射层的温度、密度和压力都是从内向外递减。辐射层的范围是从热核中心区顶部的 0.25 个太阳半径向外到 0.86 个太阳半径处。从体积上说，辐射层占整个太阳体积绝大部分。从太阳内部传出能量，主要是通过辐射形式，但是这并非唯一的途径，还有对流的过程。对流现象主要发生在辐射层之外，即从 0.86 个太阳半径向外处，到

达太阳大气的底部，这一区间叫对流层。这一层气体性质变化很大，温度、密度和压力都比辐射层减少，变化很不稳定，形成明显的上下对流运动。这是太阳内部结构的最外层，起着输通内部、主导外部的重要作用。

说到这里，我们谈的太阳内部结构是理论上的推导。但是这个模式是否科学？是否可靠？这个模式是科学的，不是随意臆造的。是以现代核物理学理论作为基础，是经得起检验的。理论的认识虽然抽象，但它的认识比直观感觉更深刻。当然，理论认识又必须由实际观测来检验。天文学从某种意义上说，它的试验手段就是观测。

(3) 光球

我们看到耀眼的太阳就是太阳大气层中的光球发出的强烈的可见光。光球层位于对流层之外，属于太阳大气层中的最低层或最里层。若把整个太阳大气层比作一座楼房，那么光球层就是第一层楼。光球发出的光子向外传播的阻力很小，所以可见光很强，因此而得名光球。我们说太阳表面平均温度是 6000°C ，指的就是这一层。太阳光球层是太阳上温度最低的一层，从光球层向里，温度逐渐增加；到太阳中心达 1500 万度。从光球向外，大气层的温度又逐渐升高到百万度。这一层的厚度约 500 公里。这与约 70 万公里的太阳半径相比，好似人的皮肤和肌肉之比。但是，不可小看太阳这层“皮肤”，我们接收到的太阳能量基本上是从光球发出的；我们进行一系列的白光观测，是观测光球层的活动，得到的太阳光谱，也是光球层的光谱。

太阳光谱是连续光谱。这是 1666 年年仅 24 岁的牛顿最早发现的。他用三棱镜将日光分解为七色光带，并对七种彩

色的光带给予正确的解释。他认为这是白光中各色光线通过玻璃时产生不同的折射形成的。这一发现成为光谱学的分析基础，也开辟了研究太阳的新途径。研究太阳连续光谱的主要目的是测量连续光谱的能量分布和上面介绍过的太阳常数。同时，在太阳连续光谱背景上又出现许多暗线，已知有数万条暗线。这些暗线是怎么产生的呢？它们说明了什么呢？我们知道，从太阳光球辐射出的光要经过太阳大气层和行星际空间才能到达地球。天文学家们对这数万条暗线要一一进行证认，分析出哪些是来自太阳，哪些是存在于行星际空间，哪些是属于地球大气层。从太阳来说，太阳大气可能吸收某些特定能量的光子，从而被激发和电离，使得太阳光谱出现对应的吸收线，即暗线。天文学家们从这些吸收线中了解太阳光球层的许多信息。如温度、密度、压力、化学成分，磁场和速度场等。现在已知太阳上有 94 种稳定和放射性化学元素，在这些元素中氢的含量最高。

光球层中的气体电离程度不高，主要是中性原子。光球层以内的气体几乎是不透明的，光球层以外的气体则几乎是透明的。我们对光球层的了解远比其他层了解得更具体、更详细。

临边昏暗。太阳光球的万丈光芒虽然给人留下了极深刻的印象，但是，如果通过天文望远镜给太阳光球照相，就会发现日面中心最亮，越往日面边缘越暗。这是什么缘故呢？首先，这不是照相技术的问题，也不是感光材料的毛病，更不是光球自身有什么“缺憾”，而是观测者看到光球整体的投影现象。我们看到日面中央的光和热是来自光球最深层，这里的温度高、辐射强。相反，日面边缘的光和热是反应光球层

的辐射，这里温度低，辐射能量也少，所以显得比中央要暗些。日面的这种现象叫临边昏暗。这是我们通过天文望远镜观测太阳光球时的一大特征。

太阳黑子。通过天文望远镜观测太阳光球的时候，在光球上经常可以看到许多黑色的斑点，叫太阳黑子。当太阳上出现大黑子群时，在太阳位于东西方地平附近，有时用眼睛也能直接看到。太阳黑子在日面上的大小多少、位置和形态等，每日都不一样。黑子是光球层活动的重要标志。我国古代有世界上最早的黑子纪事。据不完全统计，我国古代史书中有 100 多次太阳黑子记载。其中在《汉书·五行志》中载有：汉成帝河平元年，“三月己未，日出黄，有黑气，大如钱，居日中央”。这是指公元前 28 年 5 月 10 日见到的大黑子群。我们祖先用不足 20 个汉字记载了黑子出现的年、月、日和时刻，天气状况、黑子的形态和在日面上的位置，真是非常珍贵的科学史料。美国著名太阳物理学家海耳在著作中称赞中国古代关于太阳黑子的记载，他说：“中国古人测天之精勤，至可惊人，黑子之观测，远在西方人之前约 2000 年。历史记载不绝，且相传颇确，自可徵信。独怪欧西学者，在此长期中，何以竟无一人注意及之。直至十七世纪应用天文望远镜之后，方得发见，不亦奇哉。”古代的太阳黑子记录对我们今日研究太阳活动规律和日地关系有重要的现实意义。

那么，太阳黑子是怎样形成的呢？前面已经介绍，光球的高温气体处于剧烈的运动之中。太阳黑子是光球上物质剧烈运动形成局部强磁场的区域。黑子表面的温度在 4500°C 左右，大多数黑子是成群出现的，成双出现的较多，靠日面西边的叫前导黑子，在东边的叫后随黑子。地球不停地从西

东自转着，那么太阳有没有自转呢？太阳有自转，自转运动的方向也是由西往东。我们观测太阳黑子时就会发现，日面上的黑子每天都有规律地从东向西移动大约 13 度，它们好像列队齐步走一样。这是为什么呢？这是黑子在日面上移动吗？不是，这是太阳自转造成的。既然太阳和地球都有自转运动，那么太阳和地球自转的形态完全一样吗？前面已经讲过，太阳是一个炽热的气体星球，地球是固态的球。太阳这个气体星球，在自转的过程中，日面上不同的纬度自转的快慢是不一样的。太阳赤道区域自转一周约 27 个地球日，两极区自转一周约 31 个地球日。地球自转时就不会出现这种情况。

长期观测太阳黑子就会发现，有的年份黑子多，有的年份黑子少，有的甚至几天、几十天日面上连一个小黑子也找不到。可以说日面上干干净净。我国对太阳黑子的联合观测，从 60 年代到 70 年代，连续每日定时观测太阳黑子 14 年之久，对黑子这种“戏剧”性的变化深有体会。这种变化的原因是什么呢？天文学家们早已统计得很清楚。太阳黑子从最多（或最少）的年份到下一次最多（或最少）的年份，大约相隔 11 年。也就是说，太阳黑子有平均 11 年的活动周期。黑子是光球上的一种活动现象。这 11 年的活动周期正是整个太阳的活动周期。从而使我们步入到认识太阳的物理本质。天文学家们把太阳黑子最多的年份，也就是太阳活动最剧烈的年份定名为“太阳活动峰年”。而把太阳黑子最少的年份，也就是太阳活动最平静的年份定为“太阳活动宁静年”。

米粒组织。当用天文望远镜观测黑子时，常常会发现日面上有许许多多似隐似现的米粒状的组织。它们不像黑子那么明显，但是数目多得惊人，几乎是覆盖整个日面，是观测

黑子时的“副产品”。特别是在地球大气透明度好的情况下，米粒组织更清晰可辨。米粒组织是如何产生的呢？我们知道，光球底部的温度很高，上部温度低，而且低很多。光球上下温差大，极易产生上下对流。这种对流形式便把太阳内部的热量传递到太阳表面。类似我们烧开水时，壶底部的水被加热后，通过上下对流将热传到水的上部。米粒组织正是这种炽热的气浪迅速上升和冷的部分下沉的运动。米粒组织的形态很不规则。每个米粒组织直径一般在1000公里左右。这是多么大的沸腾气流啊！它们的温度比光球温度要高一点。每个米粒组织存在的寿命约为几分钟到十几分钟。

光斑。通过天文望远镜观测黑子时，经常会发现在日面边缘的黑子群周围伴生着比光球还要明亮的呈纤维状结构的光斑。它们大约比光球的亮度要高出10%。光谱观测表明，光斑的温度比光球温度平均高约 100°C 。它们和黑子形成鲜明的亮度对比。光斑和米粒组织绝然不一样。光斑出现的数量远比米粒组织少，比米粒组织亮。存在的时间一般在几天到十几天。那么，光斑是怎样形成的呢？它们很可能是光球层顶部的炽热气团。光斑一般长约50000公里，宽约5000~10000公里。

(4) 色球

如果把太阳大气层比作一座楼房，那么色球就是光球之上的二楼，也就是太阳大气中的第二层。平时由于地球大气把强烈的光球的光散射开，色球被淹没在蓝天之中，我们是看不到这一层的。只有在日全食的时候，才有机会直接饱览它的姿彩。当然，天文工作者每天可以通过色球望远镜观测这一层。我国古代记录的日全食特征时，载有“三焰食日”。

“三焰”就指日全食的时候，在日面周围看到三个红色的“火焰”状的现象。这红色的火焰就是色球层的喷发物，叫日珥。古人还以为就是这三个火焰把太阳吃掉了，从而发生日全食。直到18世纪，欧洲的天文学家还在探讨日全食见到太阳周围薄薄一层玫瑰色的光辉到底是何物。因为只有当月亮把日面全遮住时才能见到它。有人认为它可能是月亮上的大气层，有人认为可能是太阳上的大气层，还有人认为可能是一种特殊现象等。1842年7月8日，在欧洲发生日全食，天文学家们事先就决定把观测的注意力都放在这红色的光辉上，企图找出合理的解释。但是，在短短的几分钟内只是观察到了这种昙花一现式的天象，没能给予正确的科学解释。1851年7月28日，在欧洲又发生一次日全食。天文学家们经过仔细的观测研究，确认这红色光芒不是月亮上的现象，而是来自太阳。经历10年得出这个结论是多么艰辛，又是多大的进步啊。1860年7月18日，在欧洲再一次发生日全食时，照相术已经发明，天文学家们使用这种新技术观测日全食，其结果确凿地证明这红色的光辉是太阳外层大气。这个结论为探索太阳物理结构铺平了道路，从而诞生了太阳物理学。自从1892年，美国著名的太阳物理学家海耳发明太阳单色光相技术和1933年法国杰出的天文学家李约发明双折射滤光器后，科学家们成功地制造出色球望远镜，天文工作者随时可观测太阳色球的活动。

太阳色球是充满磁场的等离子体层，厚度约2500公里。其温度，在与光球层顶衔接的部分为4500℃，到外层达几万摄氏度，密度随高度的增加而减小，整个色球层的结构不均匀，也没有明显的边界。由于磁场的不稳定性，色球层经常

产生爆发活动。等离子体是什么物态？大家都知道物质有三态：固态、液态和气态。这是指在一定的温度、压力条件下，物质所处的相对稳定的状态。在日常生活中，大家接触的物质三态，从物理学角度说，主要是分子原子和原子集团三种聚集状态。当气体中的分子运动加剧，形成高度电离，则由离子和电子的混合集团组成的物质，这种物质称为等离子体物态，属于物质的第四态。闪电和极光就是地球的天然等离子体的辐射现象。天然的等离子体在地球上虽然不多见，但是在广阔的宇宙间却是物质存在的主要形式。因此，我们在认识太阳、恒星和恒星际空间的时候，必须要知道这物质的第四态。

耀斑。原子弹和氢弹为什么具有强大的威力？主要是因为它们可以在短时间内，大量地释放能量。这里要介绍的是在太阳高层大气活动中，在短短的时间内日面局部有大规模的能量释放现象，几分钟内释放的总能量可达到 $10^{23} \sim 10^{26}$ 焦耳，接近太阳平时 1 秒钟辐射出的总能量。通过色球望远镜观测这种现象时这种突然发亮的辐射强度和面积迅速增大，达到最大时，能维持几分钟、几小时甚至 1 天，然后缓慢减小至消失。这种现象就叫耀斑。在日面上增亮的面积超过 3 亿平方公里的叫耀斑。小于 3 亿平方公里的叫亚耀斑。我们整个地球的表面积为 5.1 亿平方公里。你可以想一想耀斑的区域和它释放的能量有多大了。有人作了一个概括性的说明：一个耀斑从产生到消失，它释放的总能量约相当于 100 亿个百万吨级氢弹爆炸的能量。

日珥与暗条。色球的结构是不均匀的，从色球中不停地向外喷射许多细而明亮的流焰状的火舌，看上去色球边缘成

锯齿状。这些火舌是色球层上升的气流。天文学家们给它们起了一个形象的名字，叫针状物。这种针状物在太阳的色球层上经常可见。前面已经介绍过，在日全食的时候见到色球上有巨大的红色喷发物，叫日珥。平时它们也被强烈的光球光芒所淹没，我们是看不到的。同样，天文工作者通过色球望远镜每天都跟踪监视太阳色球上的活动，其中就包括日珥活动。日珥的形态是多姿多彩的。有的如色球外的浮云有的像喷泉，有的似环形拱桥。有的日珥可以高达几万到几十万公里。它们的底部在色球，而活动已深入到日冕广阔的空间。日珥的精细结构十分复杂，主要由气流组成。日珥出现的次数和抛射的高度都与太阳活动的11年周期有密切关系。一般来说，一次日珥活动要经历几小时到几十天。根据日珥的形态和运动特征，把日珥分成三种类型：爆发日珥、宁静日珥和不规则日珥。最为壮观剧烈的是爆发日珥。它的物质以每秒几百公里的速度向外抛射。1995年10月24日，我国学者赴泰国观测日全食，北京大学附中的同学就观测到这种爆发日珥。与爆发日珥形成鲜明对比的是宁静日珥。它们犹如色球层的浮云，几天之内都没有多大变化。当代天文学对太阳认识的最大成果之一，就是揭示出太阳的磁场性质。日珥的形态和运动都取决于贯穿日珥，也因外界扰动使等离子体瞬间被激活，从而加强运动或被完全瓦解。

如果你有机会通过色球望远镜来观察太阳的话，你也许一眼就认出日面边缘的日珥，但是会被色球上的一些暗条所迷惑。其实，这些暗条就是日珥，只不过不是处于日面边缘的日珥，而是位于日面上的日珥，它们与观测者的视线平行，投影在日面上。由于日珥的温度比色球层的温度低，才呈现