



中国地震局地震科普图书精品创作工程

院士谈减轻自然灾害

空间灾害

S P A C E D I S A S T E R

陈颢 著



地震出版社



中国地震局地震科普图书精品创作工程

院士谈减轻自然灾害

空间灾害

SPACE DISASTER

陈颀 著



地震出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

空间灾害 / 陈颢著. -- 北京 : 地震出版社, 2019.5

(院士谈减轻自然灾害)

ISBN 978-7-5028-5017-3

I. ①空… II. ①陈… III. ①自然灾害 — 普及读物

IV. ①X43-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 298623 号

地震版 XM4221

空间灾害

陈 颢 著

责任编辑 : 董 青

责任校对 : 刘 丽

出版发行 : 地震出版社

北京市海淀区民族大学南路 9 号

邮编 : 100081

发行部 : 68423031 68467993

传真 : 88421706

门市部 : 68467991

传真 : 68467991

总编室 : 68462709 68423029

传真 : 68455221

<http://seismologicalpress.com>

经销 : 全国各地新华书店

印刷 : 北京鑫丰华彩印有限公司

版 (印) 次 : 2019 年 5 月第一版 2019 年 5 月第一次印刷

开本 : 787 × 1092 1/16

字数 : 80 千字

印张 : 3.5

书号 : ISBN 978-7-5028-5017-3/X(5732)

定价 : 58.00 元

版权所有 翻印必究

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

C 目录 Contents

日地空间 2

太阳系 2

太阳 6

地球 11

小行星 16

日地空间灾害 19

空间天气 19

通讯中断, 航天器受到影响 22

1989年北美大停电 25

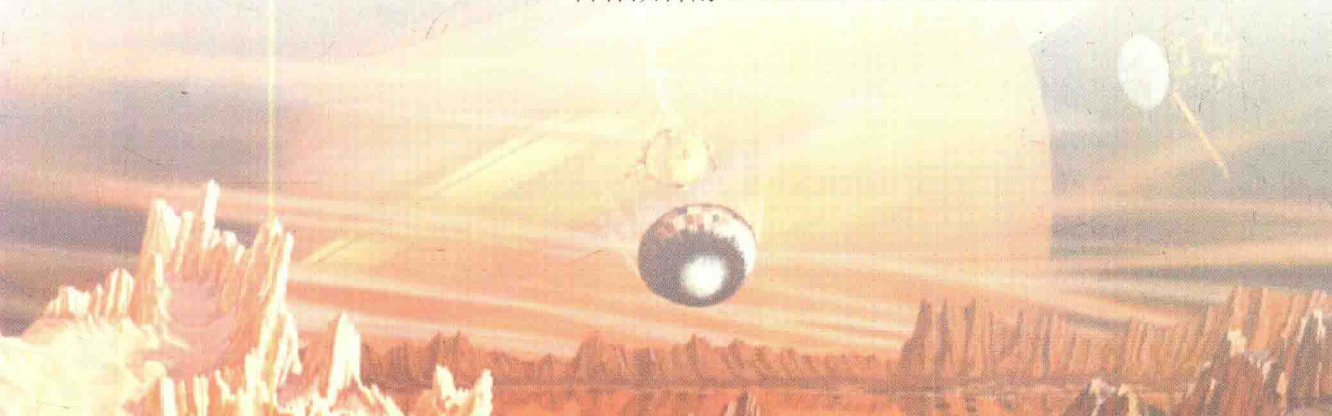
星体撞击 30

彗星撞上了木星 (1994年) 32

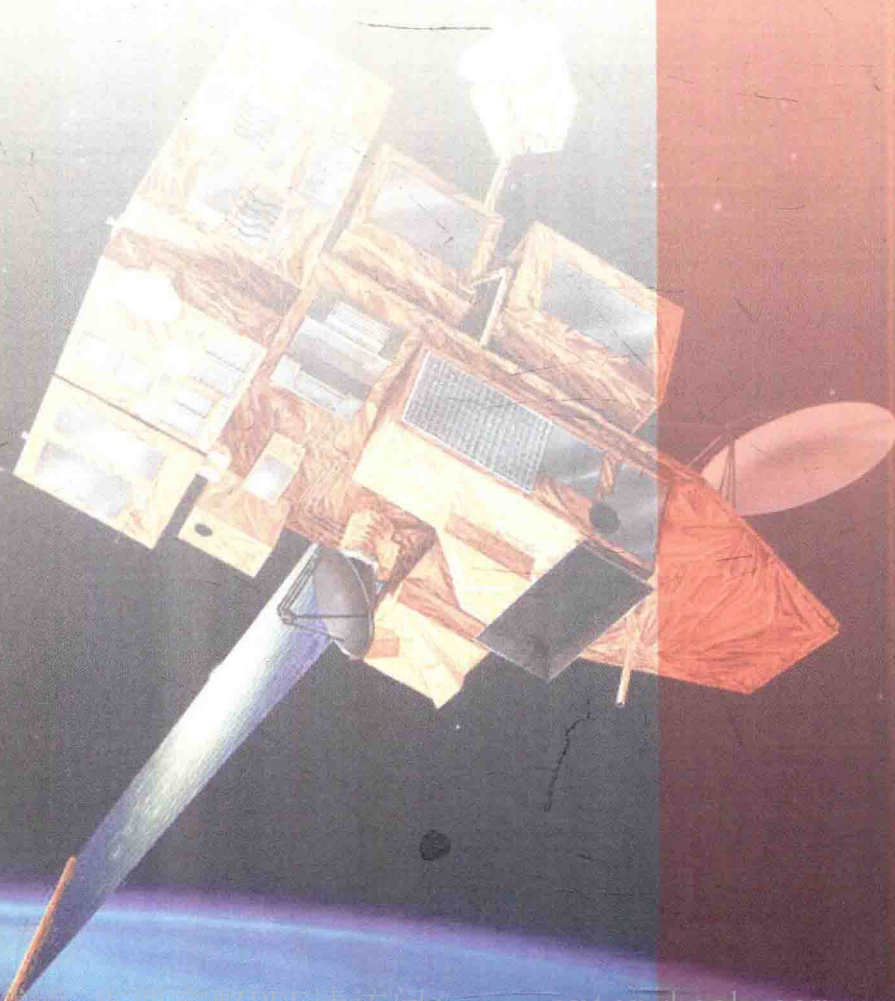
恐龙灭绝 34

通古斯大爆炸 38

吉林陨石雨 41



空间灾害的减轻	42
太空垃圾	42
发展空间探测	45
太空警卫	48
思考题	51
与空间有关的网站	51
致谢	52

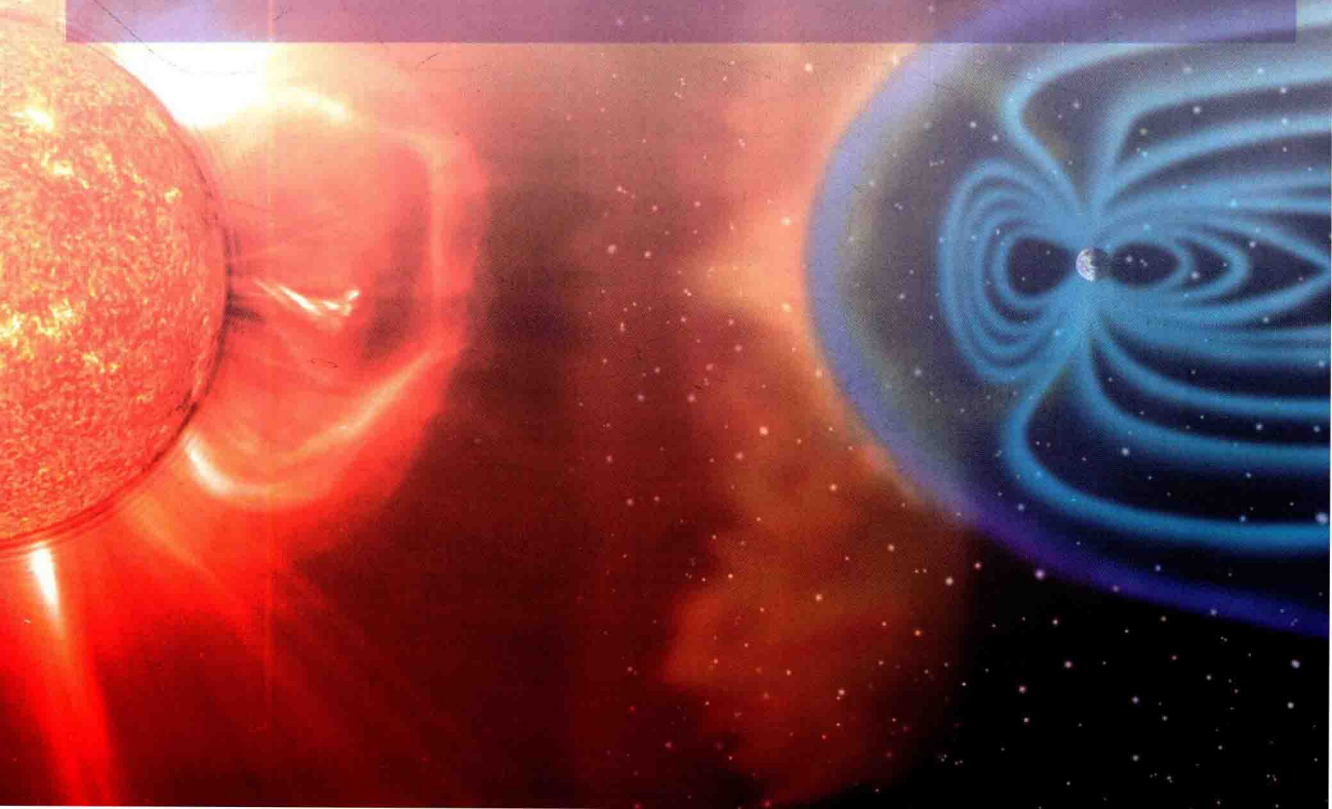


我们生活的这颗蓝色的小星球被称为“地球”。它的表面覆盖着岩石和液态水，外面还包裹着一层“空气毯子”，也就是我们所说的大气。大气层外面就是宇宙空间，是一片无限广阔、寂静和空旷的区域。宇宙是万物的总称，包括所有恒星（本身能够发光的星体）、行星（自身不发光，环绕着恒星的天体）和星系。宇宙中有数不清的星系团，事实上，无论你身处地球上的任何地方，当你拿起望远镜向天空望去，都能看到天空中有无数颗恒星，科学家们推测，宇宙中的恒星数量要比地球上所有沙滩的沙粒总和还要多。

宇宙包括天地间的所有一切：恒星、行星、星系以及它们之间的空间。没有人知道宇宙到底有多大，没有人知道它的起点和终点在哪里，也没有人知道我们的宇宙是孤独的还是还存在多个我们无法看到的宇宙，这些都距离我们太遥远了。这种遥远的宇宙空间不是本书讨论的主题。

本书讨论的“空间”是指与地球上的人类生活密切相关的那部分宇宙空间，主要的范围在太阳系内，指从太阳到地球的空间区域，也叫做日地空间，又称日地系统。

科学界一般把地球大气层中的航行活动称为“航空”，把太阳系内的航行活动称为“航天”，而把太阳系外的航行活动称为“航宇”。



日地空间

■ 太阳系

太阳是一颗恒星，恒星是一种自身能够发光发热的气体星球。行星通常指自身不发光，环绕着恒星的天体。一般来说行星需具有一定质量，行星的质量要足够得大，在引力作用下，其形状接近于圆球状，行星自身不能像恒星那样发生核聚变反应，因此不会发光。

太阳系是一个受太阳引力约束在一起的行星系统，包括太阳以及围绕太阳运动的天体。在直接围绕太阳运动的天体中，最大的八颗被称为行星，其余的天体要比行星小很多。

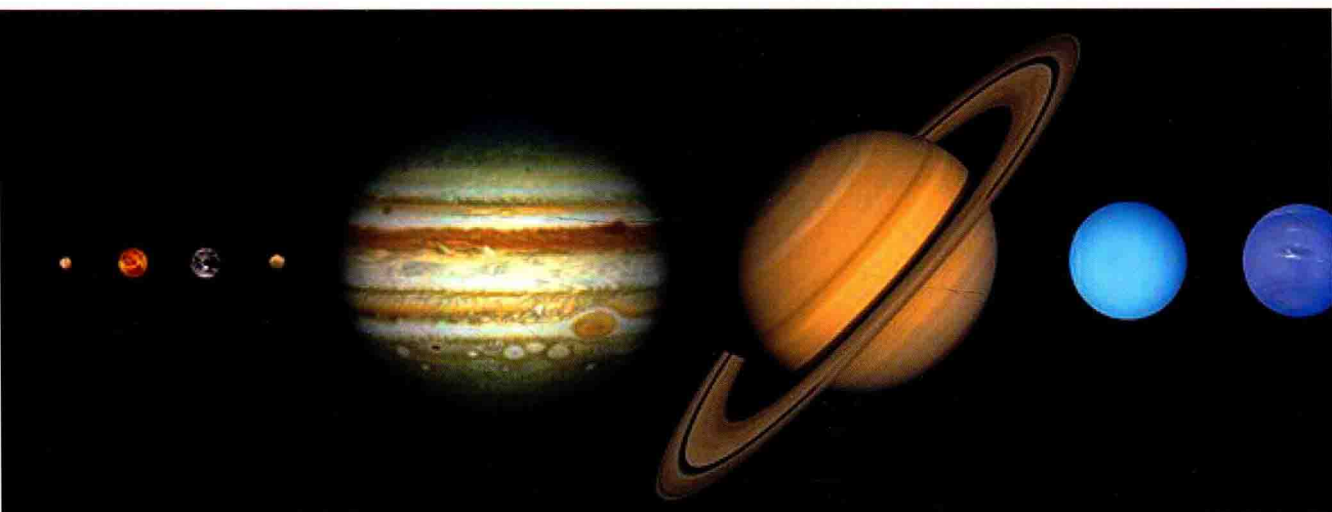


图1 太阳系的行星。图中仅大小按比例绘制，距离不依比例（天文学在太阳系内以天文单位AU来测量距离，1AU是地球到太阳的平均距离，大约是149 597 871km。在太阳系外用光年表示距离，1光年大约相当于63 240AU。按距离太阳的排序是：水星(0.39AU)，金星(0.72AU)，地球(1AU)，火星(1.5AU)，木星(5.2AU)，土星(9.6AU)，天王星(19AU)，海王星(30AU)。如果太阳至海王星的距离是100m的尺度，那么太阳只是一个直径大约3cm的小球（大约相当于高尔夫球直径的2/3），木星和土星的尺度都将小于3mm，而地球在这种规格下会比一只跳蚤（0.3mm）还要小得多。

轨道环绕太阳的天体被分为3类：行星、矮行星、太阳系小天体。

行星是环绕太阳且质量够大的天体。这类天体：有足够的质量使本身的形状成为球体；有能力清空邻近轨道的小天体。

能成为行星的天体有8个：水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星和海王星。

在2006年8月24日，国际天文联合会重新定义“行星”这个名词，首次将冥王星排除在行星外，并将冥王星等天体组成新的分类：矮行星。矮行星的质量较小，不需要将邻近轨道附近的小天体清除掉。

1930年美国天文学家汤博发现冥王星。由于冥王星是太阳系中最远的星体，观测不够充分，当时错估了冥王星的质量，以为冥王星比地球还大，把它当成了太阳系的第九颗行星。经过最近30年的进一步观测，发现冥王星的质量远比其他行星小，由于没有足够大的质量使其表面达到流体静力平衡的形状（近于球形），于是它被天文学家从太阳系的行星序列中除名。

从发现到八十几年后的“降级”，冥王星引发了许多人的深深同情，原本只有名词含义的“Pluto”（冥王星）一词被语言学家们赋予了动词含义，用来表示“使某人或某物降级或贬值”。而“Pluto”的过去式“Plutoed”也因此具有了“被降级、被贬值”的含义。例如：“You are plutoed”一句可以表示“你被降级了”；而“American Dollors are plutoed”则可表示“美元在贬值”。

环绕太阳运转的其他天体都属于太阳系小天体。卫星（如月球之类的天体），由于不是环绕太阳而是环绕行星、矮行星或太阳系小天体运转的，所以不属于太阳系小天体。

有时会将太阳系非正式地分成几个不同的区域：“内太阳系”，包括四颗离太阳近的行星和主要的小行星带；其余的是“外太阳系”，包含小行星带之外所有的天体。日地空间研究的重点在“内太阳系”。



图2 (左)太阳位于宇宙的中心——太阳崇拜。(右)宁夏贺兰山岩画中的代表作太阳神。

人类所塑造出的最早的神是太阳神，最早的崇拜形式是太阳崇拜。原始人类关注的两大主题是：生与死。生是一种永恒的渴望；而关注死，是希望再生。因此古代先民们对具有长生不死以及死而复生能力的万物非常崇拜，太阳每天清晨从东方升起（重生），给自然以光明和温暖；傍晚从西边落下（死亡），给自然以黑暗与死寂。太阳具有死而复生的能力，以及给万物以生机的能力。



图3 SOHO在研究太阳。SOHO 是太阳与太阳圈观测卫星 (Solar & Heliospheric Observatory) 的英文缩写。它是由欧洲航天局 ESA 和美国宇航局 NASA 在 1995 年 12 月 2 日 共同发射的。目的在于研究太阳内部、太阳表面以及太阳产生的太阳风。十多年来, SOHO 提供了大量关于太阳的观测资料。今天, 通过 SOHO 的网站, 我们可以看到太阳1小时前的变化照片。(资料来源: sohowww.nascom.nasa.gov。本书的许多关于太阳的图片, 承蒙欧洲航天局和美国宇航局的同意, 都取自 SOHO 的观测结果。)

在历史上的很长一段时间, 人类都没有认识或理解到太阳系的概念。直到哥白尼提出了第一个日心说宇宙的数学模型, 人们开始普遍接受地球围绕太阳运动的观念, 认为地球和其他行星遵循同样的物理规律。人类从史前时代就一直认为太阳对地球有巨大影响, 有许多文化将太阳当成神来崇拜。人类对太阳的正确科学认识进展得很慢, 直至今日, 人类对太阳的理解一直在不断进展中, 还有大量有关太阳活动机制方面的未解之谜等待着人们来破解。现今, 太阳自恒星孕育室诞生以来已经45亿岁了, 而现有的燃料预计还可以燃烧50亿年之久。

太阳对人类而言至关重要。地球大气的循环, 昼夜与四季的轮替, 地球冷暖的变化, 都是太阳作用的结果。对于天文学家来说, 太阳是唯一能够观测到表面细节的恒星。通过对太阳的研究, 人类可以推断宇宙中其他恒星的特性, 人类对恒星的了解大部分都来自于太阳。

人类对宇宙的探索, 主要部分还在太阳系内, 太阳系内所有的行星都已经被由地球发射的太空探测器探访, 进行了不同程度的各种研究。虽然大多是无人的任务, 但人类还是能观看到所有行星表面近距离的照片:

1996年, 月球正面软着陆 (月球9号);

1971年, 火星 (水手9号和火星3号);

1975年, 金星 (金星9号);

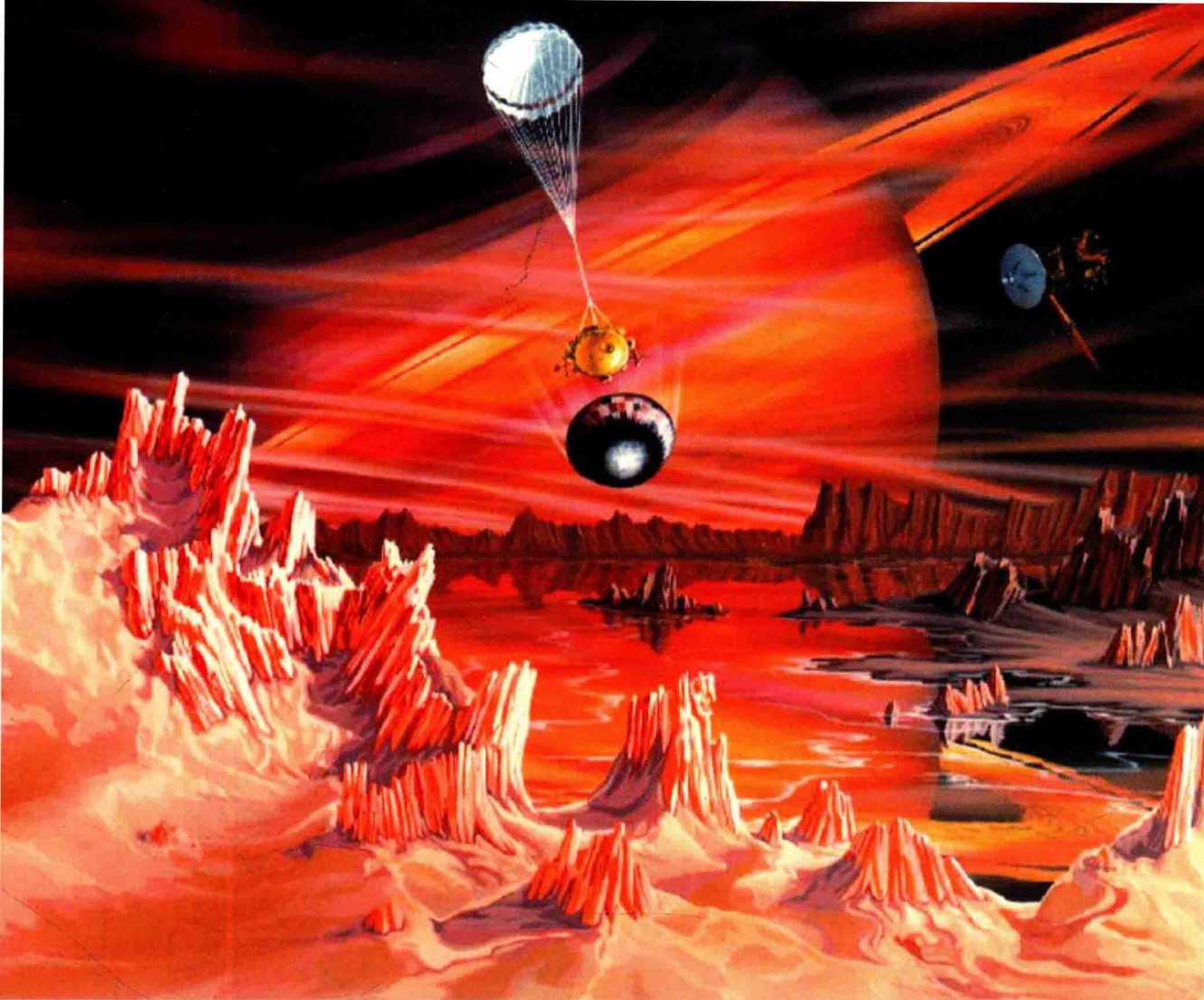


图4 太阳系内所有的行星都被已由地球发射的太空探测器探访，进行了不同程度的观测和研究。1995年和2004年，两艘太空探测器（“伽利略”号和“惠更斯”号）近距离观测了木星表面，这是“惠更斯”号探测器在木星卫6降落的科学艺术想象图。（图片来源：NASA）

1995年和2004年，木星（伽利略号和惠更斯号）；

2011年，水星（信使号）；

2019年，月球背面软着陆（嫦娥4号）。

太阳系中最主要的成员是太阳，占据了太阳系所有已知质量的99.86%，太阳系内的天体在太阳引力的约束下运动。太阳系中其余天体（包括行星、矮行星、卫星、小行星和彗星）的质量总和还不到太阳系已知总质量的0.14%。

从与地球上的人类生活密切相关的角度来看日地空间，日地空间可分为三个层次：太阳及太阳大气、地球的磁层电离层和大气层、地球附近的行星际空间，各层之间又是相互耦合，息息相通的。

■ 太阳

太阳是位于太阳系中心的恒星，它是太阳系的主宰，太阳主要有三种作用：引力，辐射，磁场。

引力：太阳是一颗庞大炽热的气质球体，直径约140万千米，相当于地球直径的109倍，太阳的形状接近理想的球体。它的质量大约是 $2 \times 10^{30} \text{ kg}$ （地球的33万多倍），约占太阳系总质量的99.86%。巨大质量形成的引力，把太阳系中其他成员牢牢地吸住，使它按轨道绕着太阳旋转。

辐射：太阳辐射是太阳系的能量来源。太阳能够发光，因为它的能量来自于内部氢聚变成氦的核聚变反应，所释放的巨大能量通过辐射和对流向外传递，向周围空间辐射。太阳表面的温度大约是5 800K（5 500℃）。以平均距离算，光从太阳到地球大约需要经过8分19秒。

地球距离太阳约1.5亿千米，整个地球接收到的能量仅是太阳辐射能量的二十亿分之一，即便如此，地球每秒钟从太阳接收到40万亿卡的能量，相当于燃烧700万吨煤产生的能量。经过大气层的吸收后，抵达地球表面的阳光已经衰减——在大气清澈且太阳接近天顶的条件下也只有约 $1\,000 \text{ W/m}^2$ 。扣除大气层影响后，整个地球收到太阳辐射能量的年平均功率是 200 W/m^2 。太阳光中的能量通过光合作用等方式支持着地球上所有生物的生长，也支配了地球的气候和天气。

人们用肉眼观察太阳，只能看到一个极亮的圆盘，称为光球。由于光球太亮了，使我们看不到光球之外的其他物质。在光球之上，可





图5 太阳自身是一座巨大的核电站，其内核产生了无比巨大的能量，这些能量透过太阳表面辐射到空间（主要以可见光和热能的形式），地球距离太阳约1.5亿千米，整个地球接收到的能量仅是太阳辐射能量的二十亿分之一。地球每秒钟从太阳接收到40万亿卡的能量，相当于燃烧700万吨煤产生的能量。



图6 太阳能的利用。云南大理附近朝南的山坡铺满了太阳能电池，接收太阳辐射的能量。不管夏天还是冬天，也不管赤道还是北极，地球上每平方米接收的太阳能年平均为200W。目前单晶硅太阳能电池的光电转换效率为15%左右，最高可达23%，在太阳能电池中光电转换效率最高，单晶硅太阳能电池的使用寿命一般可达15年，最高可达25年。其他种类的太阳能电池（如多晶硅太阳能电池和薄膜太阳能电池）的光电转换效率要低一些。

见光可以自由地传播到太空之中，而它的能量可以完全从太阳带走，向外辐射。

在太阳的光球上，能看到什么？第一是耀斑，第二是黑子。

太阳耀斑是在太阳表面上突然出现并迅速发展的亮斑闪耀，其寿命仅在几分钟到几十分钟之间，亮度上升迅速，下降较慢。特别是在太阳活动峰年，耀斑出现频繁且强度变强。2003年10月20日到2003年11月6日，太阳上总共产生了53个能量较大的耀斑。

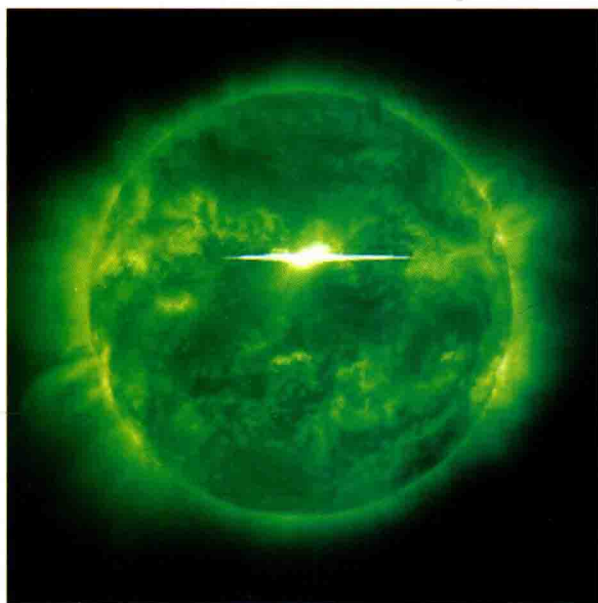


图7 2000年7月14日拍摄的太阳光球上的耀斑。耀斑的亮度上升迅速，一次耀斑增亮释放的能量相当于数百亿枚原子弹的爆炸。（来源：LASCO/SOHO, ESA/NASA）

别看耀斑只是太阳表面上的一个亮点，它一旦出现，简直是一次惊天动地的大爆发。一次耀斑增亮释放的能量相当于数百亿枚原子弹的爆炸；而一次较大的耀斑爆发，在一二十分钟内可释放巨大能量，除了日面局部突然增亮的现象外，耀斑更主要表现在从射电波段直到

X射线的辐射通量的突然增强；耀斑所发射的辐射种类繁多，除可见光外，有紫外线、X射线和伽马射线，有红外线和射电辐射，还有冲击波和高能粒子流，甚至有能量特高的宇宙射线。

耀斑对地球空间环境造成很大影响。太阳耀斑一声爆炸，地球大气层即刻出现缭绕余音。耀斑爆发时，发出大量的高能粒子到达地球轨道附近，将会严重危及宇宙飞行器内的宇航员和仪器的安全。当耀斑辐射来到地球附近时，与大气分子发生剧烈碰撞，破坏电离层，使它失去反射无线电电波的功能。无线电通信尤其是短波通信，以及电视台、电台广播，会受到干扰甚至中断。耀斑发射的高能带电粒子流与地球高层大气作用，产生极光，并干扰地球磁场，引起磁暴。



图8 2004年6月22日的太阳黑子影像(引自wiki 百科“太阳黑子”)。太阳表面的局部地区，受到太阳磁性活动的抑制，形成温度降低的区域，显示为太阳表面的“黑子”，在地球上不用望远镜也可以直接看到。

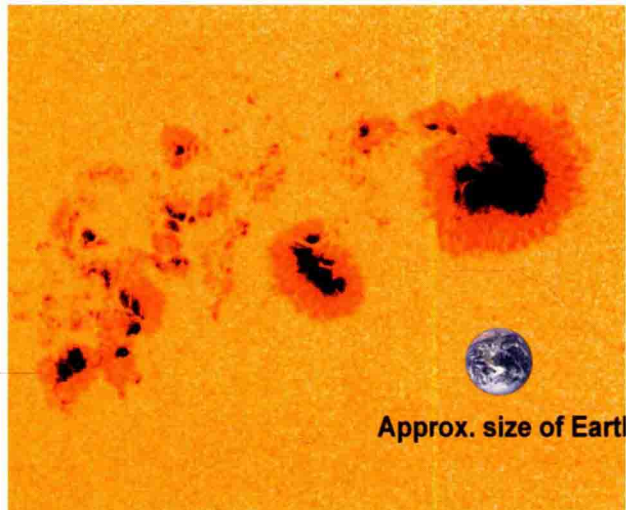


图9 2014年1月美国宇航局的太阳动力学天文台拍摄到的太阳黑子群AR1944，为了显示黑子群的大小，图上增加了地球的图像作为尺度对比。太阳黑子在太阳表面不断移动，会膨胀和收缩，直径可以达到80 000km。(图片来源：NASA)

太阳黑子是太阳光球上的黑点，它们在可见光下呈现比周围区域黑暗的斑点。它们是由高密度的磁性活动抑制了对流的激烈活动造成的，在表面形成温度降低的区域。虽然它们的温度仍然大约有3 000~4 500K，但是在与周围5 800K的物质对比之下，使它们清楚地显现为黑点。如果将黑子与周围的光球隔离开来，黑子会比一个电弧更为明亮。当它们在太阳表面横越移动时，会膨胀和收缩，直径可以达到80 000km，因此在地球上不用望远镜也可以直接看见。

太阳黑子很少单独活动，常成群出现。在太阳上可以看得见的太阳黑子数量并不是固定的，它以平均约11年的周期变化，形成所知的太阳周期。黑子的活动周期为11.2年，活跃时会地球的磁场产生影响，导致地球电离层和大气层的变化，严重时会对各类电子产品和电器造成损害。

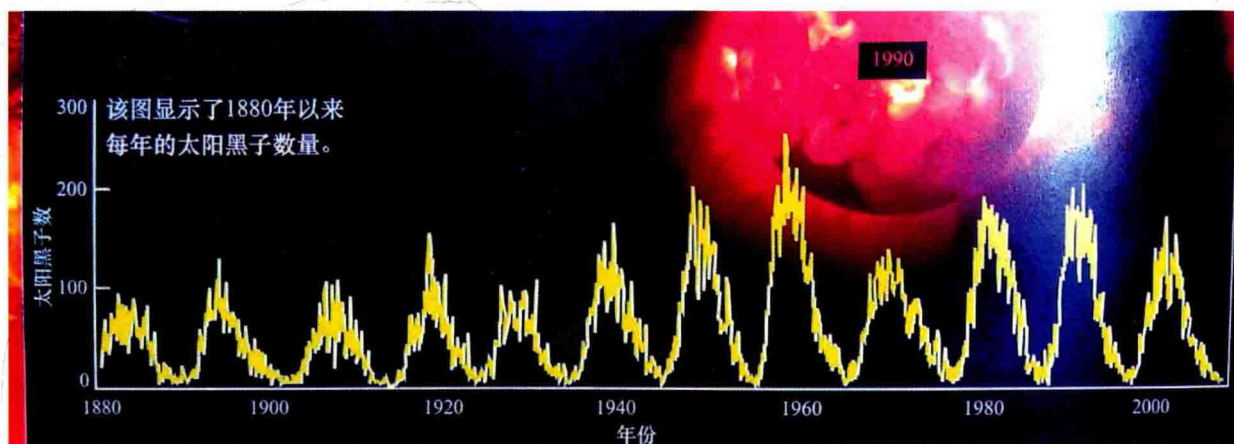


图10 1880年以来，每年的太阳黑子数量，显示出大约11年的太阳周期。

太阳周期不仅对空间天气有很大的影响，对地球的气候也有重大的影响。太阳活动极小期，往往和低温联系在一起，而太阳活动极大期则与高温相关联。在17世纪，只观测到少数几个太阳黑子。那个时代称为小冰期，欧洲经历了很冷的温度。分析树木的年轮，发现了更早的一些极小期，并且也显现出与全球的温度低于平均温度的期间相吻合。

谈过了太阳的光球，再谈谈太阳的大气。

太阳也有大气，当日食过程中月球挡住光球时，可以观测到太阳周围有向外放射的光芒，向外冲出的完全电离的气体，就是太阳的大气——日冕。太阳光球以上的部分统称为太阳大气层，日冕是太阳向外扩展的大气层，它的体积比太阳本身大了许多。不断扩展的日冕在太空中形成太阳风，充满了整个太阳系。日冕和太阳风的平均温度很高，但密度很低，因此所含的热量很少。

日冕物质抛射是最重要的太阳活动现象。观测表明日冕中经常会有大量的物质抛射出来。抛射速度在每秒几百千米至几千千米以上。每次抛射的物质总量可达上百亿吨。在太阳活动峰年，日冕物质抛射次数多达每天2~3次。就是在太阳活动低年，日冕物质抛射也常常发生。2003年10月19日至11月6日总共发生12次日冕物质抛射。图12是2003年10月28日发生的日冕物质抛射。从图中可以看出，喷出物质的范围比几十个地球的直径还要大。

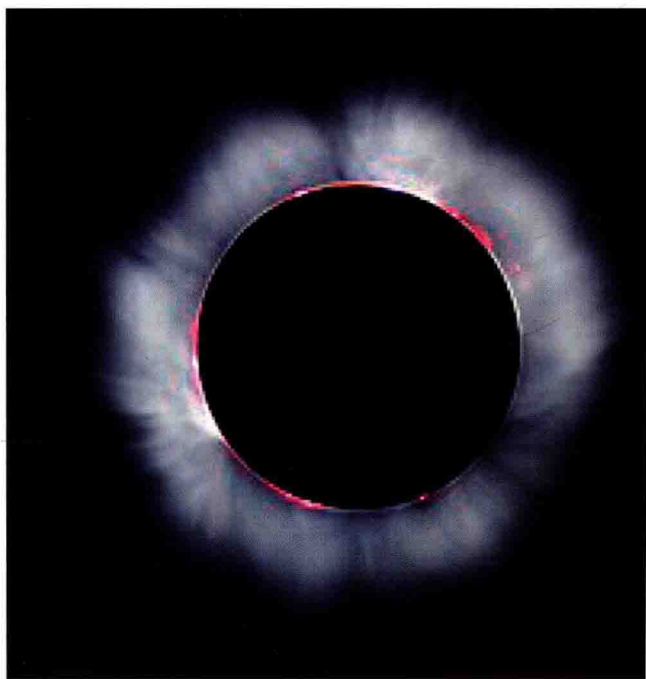
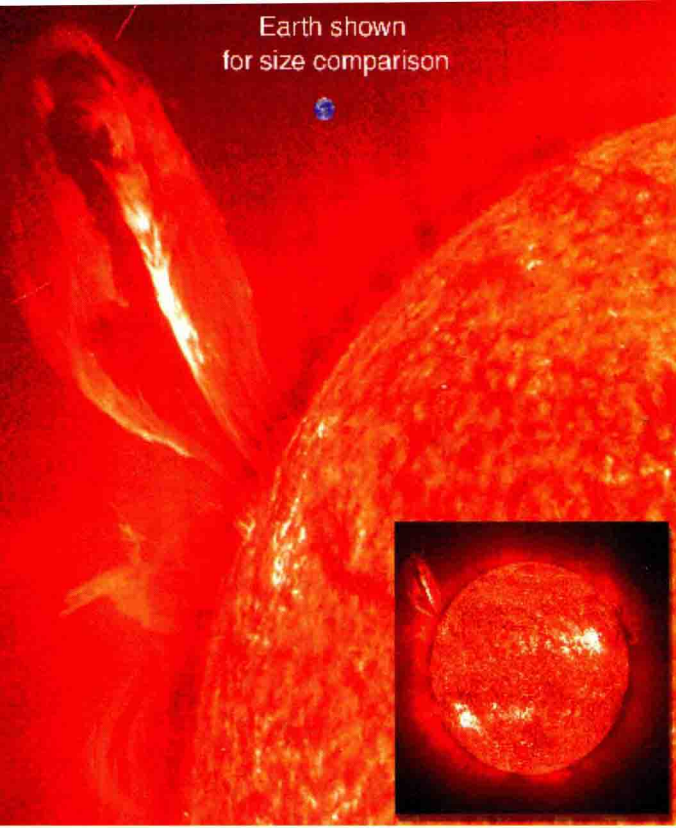


图11 日全食阶段可以用肉眼看见太阳的大气——日冕。在地球上，每年至少有两次日食发生，而每当日全食发生时，太阳完全被月亮遮挡的时间能持续8分钟，对于多数人来说，这是唯一可以看到太阳外层大气——日冕的时候。



Earth shown
for size comparison

实际上，太阳大气可以一直延伸到整个行星际空间，直至太阳系的外边界。由于太阳大气温度高达200万摄氏度，组成太阳大气的物质是完全电离的，处于一种等离子体状态。同时，太阳释放的巨大能量驱使这些等离子体不停地向外运动，形成了太阳风。太阳风从没有停息的时候，即使在宁静的情况下，在地球轨道附近的太阳风速度也达到每秒300km以上。难怪彗星总在背向太阳方向拖着一条长长的尾巴，这就是太阳风所造成的。

图12 SOHO观测到的2003年10月28日日冕物质抛射。图中蓝色的球代表地球的大小，地球是有意加上去的，意在和日冕抛射物质的大小作比较。从图中可以看出，喷出物质的范围比几十个地球的直径还要大。（来源：SOHO, ESA/NASA）



图13 太阳大气温度很高，处于一种等离子体状态，太阳释放的巨大能量驱使这些等离子体不停地向外运动，形成了太阳风。太阳系有很多彗星，彗星的尾巴总是背离太阳，这就是太阳风所造成的。（拍摄于2006年11月6日，拍摄地点：美国加州，作者：Ray Gralak）

磁场：太阳是磁力活跃的恒星，它支撑一个强大、年复一年在变化的磁场，并且大约每11年环绕着太阳极大期反转它的方向。太阳磁场会导致很多影响，称为太阳活动，包括在太阳表面的太阳黑子、太阳耀斑、日冕抛射和携带着物质穿越太阳系且不断变化的太阳风。太阳活动对地球的影响包括在高纬度的极光、扰乱无线电通讯和电力。

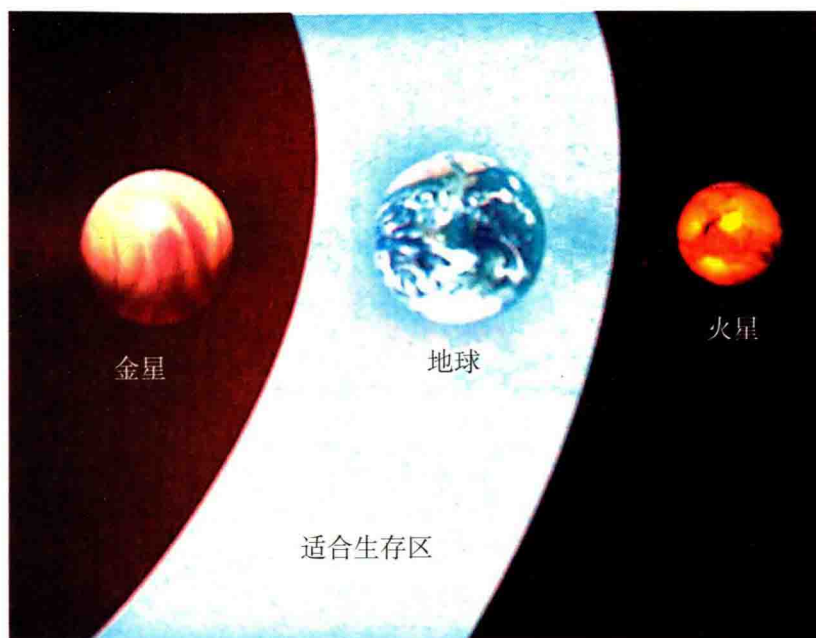
传说第二次世界大战时，有一天，德国前线战事吃紧，后方德军司令部报务员布鲁克正在繁忙地操纵无线电台，传达命令。突然，耳机里的声音没有了。他检查机器，电台完整无损；拨动旋钮，改变频率，仍然无济于事。结果，前线军队失去联系，陷入一片混乱，战役以失败而告终。布鲁克因此受到军事法庭判处死刑。他仰天呼喊“冤枉！冤枉！”后来查清，这次无线电中断，其“罪魁祸首”是太阳耀斑。布鲁克的冤死，在于人们当时对耀斑还不了解。

太阳每天都在天空中闪耀着，虽然从外表看起来不曾改变，但实际上它每时每刻都在发生变化，太阳的周期性变化表现为从极端活跃再到平静阶段，这种变化会给地球带来巨大的影响。

■ 地球

地球是是目前已知有地质活动和生命存在的唯一星球。它的液体水圈是类地行星中独一无二的，也是唯一有板块活动出现的星球。地球的大气层完全不同于其他的行星，被现存生物改变成有21%自由氧气的大气层。

图14 地球和太阳之间的距离恰好使得水能够以液态存在。如果离太阳的距离再近一些（如金星），海洋就会被蒸发掉；如果距离再远些（如火星），水将会全部冻结。液态水的存在非常重要，没有它生命就无法生存。太阳系中适合生命存在的区域被称为适合生存区。而地球是适合生存区中的唯一一颗星球。



影响地球和人类生存发展的地球空间环境主要包括三个圈层：磁层，电离层，中高空大气层。

磁层：地球有自己的磁场。地球中心好像存在一块柱状的大磁铁，由它所产生的磁场强度约占地磁场总强度的90%，是构成稳定地磁场的主体，即地球的基本磁场。基本磁场在地面附近较强，向上逐渐减弱。这说明它主要为地球内部因素所控制，基本磁场也称作内源磁场。除了基本磁场外，地磁场中还包括变化磁场。变化磁场的产生主要是由于来自地球外部的带电粒子的作用，它叠加在基本磁场之上，有时也叫做外源磁场。太阳是这些带电粒子的主要来源，平时它

通过太阳风持续不断地发射出比较稳定的粒子流，而当太阳表面出现黑子、耀斑和日冕物质抛射时，便会把大量的带电粒子抛向地球，使叠加在基本磁场上的变化磁场突然增强，这时不但指南针不灵了，还会干扰无线电通讯和人类的生活，电磁感应使得大规模的供电回路被烧毁。



图15 日地空间环境。从太阳看去地球，影响地球和人类生存发展的环境包括三个圈层：磁层、电离层和高空大气层。

图16 地球磁场。我们生活的地球是一颗活动的星球，内部炙热，含金属元素岩浆的运动，产生了地球自己的地球磁场。月球是一颗死的星球，内部的活动已经结束，没有自己的磁场。磁场是一颗星球的脉搏，如果没有自己的磁场，从演化的角度讲，这颗星球已经死亡了。目前发现，在太阳系中，地球、土星、木星、海王星有自己的磁场，尚未发现自有自磁场的星球有金星、火星和水星。

