

高新技术科普丛书

# 取之不尽的 太阳能

QUZHIBUJIN DE  
TAIYANGNENG

莫尊理◎丛书总主编

张平 韩立娟 魏一康◎编著



读者出版集团  
DUZHE CHUBAN JITUAN  
甘肃科学技术出版社

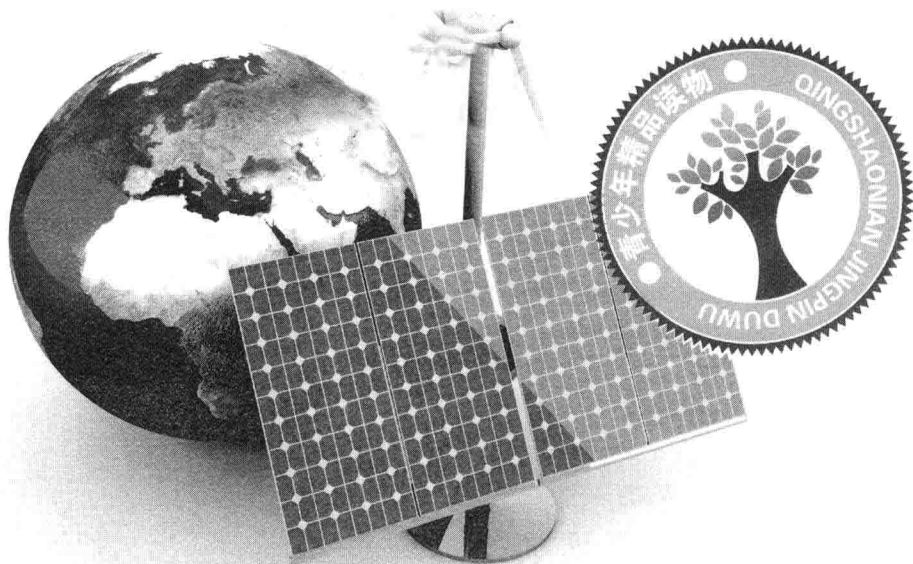
高新技术科普丛书

# 取之不尽的 太阳能

QUZHIBUJIN DE  
TAIYANGNENG

莫尊理◎丛书总主编

张平 韩立娟 魏一康◎编著



读者出版集团  
DUZHE CHUBAN JITUAN  
甘肃科学技术出版社

## 图书在版编目 (C I P) 数据

取之不尽的太阳能 / 张平, 韩立娟, 魏一康编著.

— 兰州: 甘肃科学技术出版社, 2012. 1

(高新技术科普丛书 / 莫尊理总主编)

ISBN 978 - 7 - 5424 - 1601 - 8

I. ①取… II. ①张…②韩…③魏… III. ①太阳能  
利用—普及读物 IV. ①TK519 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 281103 号

责任编辑 毕 伟

装帧设计 林静文化

出 版 甘肃科学技术出版社 (兰州市读者大道 568 号 0931-8773237)

发 行 甘肃科学技术出版社 (联系电话: 010-61536005 010-61536213)

印 刷 北京飞达印刷有限责任公司

开 本 710mm × 1020mm 1/16

印 张 12

字 数 202 千

版 次 2012 年 4 月第 1 版 2012 年 4 月第 1 次印刷

印 数 1 ~ 10 000

书 号 ISBN 978 - 7 - 5424 - 1601 - 8

定 价 23.80 元

# 《高新技术科普丛书》 编委会

**主任：**薛群基 中国工程院院士

**总主编：**莫尊理 西北师范大学化学化工学院教授、博士生导师，中国化学会化学教育委员会副主任，中国仪表材料学会理事，《化学教育》编委

**编委**（姓氏笔画为序）：

王喜存 卢小泉 孙建安 杜新贞  
杨武 赵保卫 耿志远 莫尊理  
黄培武 魏一康

**策划：**王 俊

## 序

众所周知，火的使用和工具的发明开启了人类使用能源和材料的历史进程，促进了人类的进化，推动了人类文明进步。时至今日，能源和材料已成为人类生存和发展的物质基础，决定着人类文明的发展方向。它们的发展给全球经济、政治以及精神文化带来了前所未有的变革，也使全球的生态环境伤痕累累。开发绿色能源，发明新型材料，建设资源节约型、环境友好型社会已迫在眉睫。

2012年，中国将启动《国家能源发展战略》编制工作，提出我国能源发展的总体方略和战略规划。但是，目前市场上还没有一套详细介绍新能源、新材料方面内容的高新技术科普丛书。为了引导读者，特别是广大青少年更好地认识和了解新能源和新材料，明确我国的能源现状和材料科学的创新成果，增强开发高新技术的意识，激发他们为高新技术事业奉献的信心和决心，培养他们的民族自信心和创新精神。向青少年普及新能源和新材料的相关知识和发展动态，必将吸引和鼓励更多青少年热爱科学，献身科学，积极投身能源和材料事业，发明更多低碳、绿色的新型材料，使我国能源结构合理，为创造我们可持续发展的绿色家园做出更大的贡献。

“高新技术科普丛书”，由国内知名材料学专家、西北师范大学博士生导师莫尊理教授担任丛书总主编，西北师范大学等高校的教授、博士生导师担任编委，丛书各册的作者均为相关领域的专家、学者。他们热爱科学、朝气蓬勃、学风严谨、勤奋探索，以真挚的情感和对人类社会持续发展的使命感，用朴实而又不失优美的文笔严肃认真地编撰了本套丛书。

本套丛书作为新材料、新能源的科普读物，宗旨鲜明，风格独特，系统性强，认真探讨了人类与能源材料和谐的发展历程和方向。与一般



科普读物相比，具有如下鲜明的特点：一是内容丰富时代感强，本丛书共 18 个分册，紧扣当前能源、材料发展的困境，以新能源、新材料方面最新的研究成果及翔实的资料为基础，用通俗易懂的文字分别叙述了与人类生存、发展最密切的各种新能源和新材料，构成了一个完整的知识体系。另外，本套丛书多视角，多层次、全方位介绍了材料和能源领域的基础知识和发展动态，深入浅出地展示了材料和能源的发展脚步。《神通广大的第三金属》《新材料的宠儿：稀土》向你展示第三金属和稀土的魅力；《高新科技的特种钢》《取之不尽的太阳能》《持续不断的风电新能源》《可再生能源：生物质能》《又爱又恨是核能》《待开发的地热能》《清洁能源：氢能》《未来无害新能源可燃冰》《无限丰富的海洋能》让你尽情领略能源的丰饶和开发前景；《异彩纷呈的功能膜》《节能减排的新动力电池》《无处不在的碳纤维》《遨游太空的航天材料》《改变世界的信息材料》《比人聪明的智能材料》《神奇的人体修复材料》向你呈现新型材料的发展动态以及带给我们生活的变化。二是时尚流行的编创，本丛书语言流畅、深入浅出，配有大量精美的图片，图文并茂、通俗易懂，加上扩充知识面的小百科，使读者朋友全面了解新材料、新能源并享受着它们带来的无限魅力。

20 世纪 80 年代以来，人们逐步认识到必须永续利用地球资源，改善地球的生态环境才能实现人类的可持续发展。我们应统一规划、合理开发能源，积极开发新能源、新材料，促进人类与自然界的和谐共处与协调发展。希望这套凝聚着策划者、组织者、编撰者、设计者、编辑者等工作者的辛勤汗水和心血的“高新技术科普丛书”能给那些热爱科学，倡导低碳、绿色、可持续发展的人们以惊喜和收获，并对我国的能源和材料事业做出贡献。衷心祝愿应时代所需而出版的高新技术科普丛书能得到读者的青睐。

薛群基

中国工程院院士

2012 年 3 月



# 目 录

## 第一章 能量无穷的太阳

第一节 太阳的述说 .....	001
一、在爆炸中诞生 .....	001
二、太阳的结构组成 .....	002
三、永不停息的太阳活动 .....	005
四、太阳的生命周期 .....	009
五、太阳文化 .....	010
第二节 巨大无比的太阳能 .....	011
一、巨大无比的能量 .....	011
二、长途跋涉的太阳能 .....	012
三、多彩太阳光 .....	015
四、太阳能特点 .....	016
第三节 太阳能资源 .....	017
一、全球太阳能资源的分布 .....	017

二、中国太阳能资源分布及区域划分 .....	019
三、我国太阳能利用 .....	020

## 第二章 不用火的炉灶——太阳灶

第一节 内涵各异的太阳灶 .....	023
一、闷晒式太阳灶 .....	024
二、聚光式太阳灶 .....	025
三、新型太阳灶 .....	027
第二节 感受聚光太阳灶 .....	029
一、聚光太阳灶的制作方法 .....	029
二、聚光太阳灶壳的制作方法 .....	030
第三节 亲近太阳灶 .....	033
一、如何挑选太阳灶 .....	033
二、如何安装使用太阳灶 .....	035
三、使用太阳灶的注意事项 .....	037
第四节 太阳灶何去何从 .....	038
一、太阳灶的优缺点 .....	038
二、太阳灶的推广 .....	039
三、太阳灶的未来 .....	040

## 第三章 不费电不用气的太阳能热水器

第一节 太阳能热水器是怎样工作的? .....	043
-------------------------	-----



第二节 形式各异的太阳能热水器 .....	045
一、最简单的闷晒式太阳能热水器 .....	045
二、结实耐用的平板式太阳能热水器 .....	047
三、四季都能工作的紧凑式全玻璃真空管太阳能热水器 .....	049
四、全天候使用的紧凑式热管真空管太阳能热水器 .....	050
第三节 太阳能热水器的制作和安装 .....	051
一、动手制作太阳能热水器 .....	051
二、太阳能热水器的安装 .....	052
第四节 太阳能热水系统的发展前景 .....	054

## 第四章 神奇的太阳能暖房

第一节 太阳能暖房是怎么回事? .....	058
第二节 不同形式的太阳房 .....	059
一、主动式太阳房 .....	059
二、被动式太阳房 .....	062
第三节 太阳房设计 .....	065
一、直接受益式太阳房设计 .....	065
二、实体墙式集热蓄热墙太阳房设计 .....	068

## 第五章 高效节能的太阳能干燥

第一节 更好更快的农副产品干燥方法 .....	071
-------------------------	-----

一、前途光明的太阳能干燥 .....	071
二、物料干燥的过程 .....	072
三、太阳能干燥的过程 .....	075
第二节 太阳能干燥器的类型与结构 .....	076
一、太阳能干燥器的分类 .....	076
二、温室型太阳能干燥器 .....	077
三、集热器型太阳能干燥器 .....	079
四、集热器—温室型太阳能干燥器 .....	081
五、整体式太阳能干燥器 .....	082
第三节 太阳能干燥方法应用实例 .....	083
一、快速晒干葡萄 .....	083
二、方便高效的枸杞太阳能干燥 .....	085

## 第六章 让阳光发电——光伏发电

第一节 蓬勃发展的太阳能光伏发电 .....	086
一、太阳能光伏发电的特点 .....	086
二、我国光伏发电产业的前景 .....	086
第二节 神奇的太阳能光伏电池 .....	090
一、从“光伏效应”说起 .....	090
二、形形色色的太阳能电池 .....	091
三、太阳能电池是如何组成的 .....	098
第三节 太阳能电池组件 .....	101
一、太阳能电池组件的特殊要求 .....	101



二、太阳能电池组件及其构造 .....	102
三、太阳能电池组件的封装 .....	103
四、形式各异的太阳能电池组件 .....	106
五、庞大的太阳能电池方阵 .....	108
第四节 光伏发电系统 .....	109
一、光伏发电系统的组成和原理 .....	109
二、太阳能光伏系统的分类 .....	111
第五节 太阳能光伏应用 .....	115
一、太阳能汽车 .....	115
二、航天器的翅膀——太阳能电池帆板 .....	116
三、太阳能发电站 .....	118

## 第七章 让阳光发电——太阳能热发电

第一节 太阳能热发电 .....	119
一、太阳能热发电是怎么回事? .....	119
二、井井有条的太阳能热动力电站 .....	122
三、太阳能热动力发电的优势和不足 .....	124
第二节 形式多样的太阳能热动力发电 .....	127
一、塔式太阳能热动力发电 .....	127
二、槽式太阳能热动力发电 .....	132
三、盘式太阳能热动力发电 .....	136
第三节 太阳能热动力发电产业 .....	140
一、太阳能热发电产业的状况 .....	140



二、太阳能热动力发电在中国 .....	141
三、未来的太阳能热动力发电 .....	144

## 第八章 太阳能光化学转换

第一节 最大的太阳能光化学转化 .....	146
第二节 太阳能制氢 .....	150
一、未来是氢能时代 .....	150
二、太阳能制氢的方法 .....	152
第三节 燃料电池 .....	160
一、无可比拟的高效率 .....	161
二、燃料电池是如何运转的? .....	161
三、燃料电池家族的兄弟们 .....	162
四、燃料电池的应用 .....	167
五、蓬勃发展的燃料电池历程 .....	167
第四节 身边的光化学反应 .....	169
一、臭氧空洞的元凶 .....	169
二、神奇的光触媒 .....	171

参考文献 .....	179
------------	-----



# 第一章 能量无穷的太阳

太阳系的中心天体——太阳，是一个取之不尽，用之不竭的巨大能源资源宝库，它不断地向宇宙空间（其中包括地球的外层空间）辐射出大量光和热。太阳是距离地球最近的恒星，是太阳系的中心天体。太阳系质量的 99.87% 都集中在太阳。太阳系中的八大行星、小行星、流星、彗星、外海王星天体以及星际尘埃等都围绕着太阳运行（公转）。太阳看起来很平静，实际上无时无刻不在发生剧烈的活动。太阳由里向外分别为太阳核反应区、辐射区、太阳对流层和太阳大气层。其中心区不停地进行热核反应，所产生的能量以辐射方式向宇宙空间发射。其中只有二十二亿分之一的能量辐射到地球，成为地球上光和热的主要来源，地球上的一切生命也都是靠太阳能来维持的。

## 第一节 太阳的述说

### 一、在爆炸中诞生

太阳的产房可能在距离银河系中心，距我们有 35 000 ~ 40 000 光年的地方。图 1-1 是太阳诞生模拟图，约在 46 亿年前，在一颗大质量的恒星附近，伴随着超新星爆发这样剧烈的天文事件，形成了太阳。

美国亚利桑那州立大学的一个天文研究小组在 2004 年 05 月 21 出版的《科学》杂志上报告说，对罕见铁同位素的研究以及一些新的天文学证据清楚地表明，太阳系的形成过程异常猛烈，伴随着超新星爆发这样剧烈的天文事

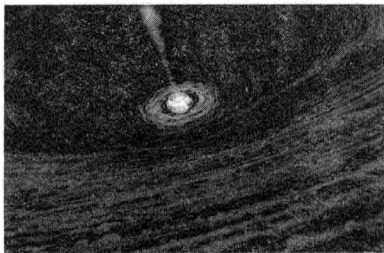


图 1-1 太阳诞生模拟图



件。太阳并不像天文学家以前所认为的是独立形成的，相反，太阳形成于宇宙混沌初开之时的天鹰星云、三叶星云和猎户星云的边缘。最终，这些恒星互相碰撞，而年轻的太阳系“漫步”到现在这个相对来说比较安静的位置，这里距离最近的一颗恒星也有4亿光年以上。

自20世纪70年代以来，宇宙理论学家一直推测，太阳可能是在恒星诞生的密集区形成的。最近，他们在围绕太阳运转了数十亿年落到地球上的陨星中找到了太阳诞生地异常混乱的新证据。美国亚利桑那州立大学天文学家杰夫·海斯特表示，这些陨石含有只能被称为铁60的一种铁的同位素的高强辐射才能形成的化学形态，所以，铁60在太阳系形成的早期就应该已经存在，但自那以后开始衰减成陨星里的镍60。海斯特解释说，除了大质量的不断进化的恒星，你没有其他可以形成铁60的方法。亚利桑那州的研究人员舒戈·塔奇巴纳和加里·胡斯于去年发现了铁60。华盛顿卡耐基研究院的行星形成理论学家阿兰·波斯表示，这一发现支持了其他的关于太阳是在一颗大质量的恒星附近诞生的证据。波斯说，由于铁60只能在一颗超新星中形成，所以，再辩论它的形成已经没有任何必要。波斯并未参加海斯特的研究，但他也推出了类似的太阳在大质量恒星附近形成的设想。波斯利用恒星的紫外线辐射，解释了天王星和海王星的存在。

海斯特和他的同事认为，大约46亿年前发生了这样的事：一颗大质量的恒星诞生于一个巨大的由气体和尘埃构成的星云中，强烈的紫外线辐射产生了一个充满灼热气体的气泡，气泡被推向太空。在气泡之前的强烈的震荡波使周围的气体受到压缩，引发了太阳和其他低质量恒星的形成。大约在10万年内，太阳的剩余天然云层被仍在前进的热气泡所赶走，整个的太阳系受到附近一颗大质量恒星的紫外线的强烈辐射，这个时候，太阳是一个正在蒸发的气球。在1万年的时间里，经过蒸发，太阳周围只剩下一颗新恒星和有点平盘状的气体与尘埃，正是这些气体和尘埃形成了其他行星、小行星和彗星。接下来，附近的这颗大质量恒星的紫外线辐射开始蒸发太阳所谓的“原生行星盘”。又过了1万年，“原生行星盘”缩成它的初始直径的大小，与我们目前的太阳系相协调。

## 二、太阳的结构组成

在茫茫宇宙中，太阳只是一颗非常普通的恒星，在广袤浩瀚的繁星世界里，太阳的亮度、大小和物质密度都处于中等水平。只是因为它离



地球较近，所以看上去是天空中最大最亮的天体。其他恒星离我们都非常遥远，即使是最近的恒星，也比太阳远 27 万倍，看上去只是一个闪烁的光点。

太阳是一颗炽热的火球，其中氢约占 81%、氦约占 17%、其他元素占 2%。直径  $1.39 \times 10^6$  千米，是地球直径的 109 倍，表面面积  $6.09 \times 10^{12}$  平方千米，体积  $1.412 \times 10^{18}$  立方千米，质量  $1.989 \times 10^{30}$  千克，是地球的 333400 倍。

从图 1-2 太阳结构图看，太阳从中心向外可分为核反应区、辐射区和对流区、太阳大气。太阳的内部主要可以分为三层：核心区、辐射区和对流区。太阳的核心区域半径是太阳半径的 1/4，约为整个太阳质量的一半以上。太阳核心的温度极高，达到 1500 万 $^{\circ}\text{C}$ ，压力也极大，使得由氢聚变为氦的热核反应得以发生，从而释放出极大的能量。这些能量再通过辐射层和对流层中物质的传递，才得以传送到达太阳光球的底部，并通过光球向外辐射出去。太阳中心区的物质密度非常高。每立方厘米可达 160 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，是太阳巨大能量的发祥地。太阳中心区产生的能量的传递主要靠辐射形式。太阳中心区之外就是辐射层，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 0.71 个太阳半径，这里的温度、密度和压力都是从内向外递减。从体积来说，辐射层占整个太阳体积的绝大部分。太阳内部能量向外传播除辐射外，还有对流过程，即从太阳 0.71 个太阳半径向外到达太阳大气层的底部，这一区间叫对流层。这一层气体性质变化很大，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。

我们平常看到的太阳表面，是太阳大气的最底层，温度约是 6000 $^{\circ}\text{C}$ 。它是不透明的，因此我们不能直接看见太阳内部的结构。但是，天文学家根据物理理论和太阳表面各种现象的研究，建立了太阳内部结构和物理状态的模型。这一模型也已经被对于其他恒星的研究所证实，至少在大的方面是可信的。近日，美国宇航局在 2006 年发射的两颗太阳探测卫星 CSTEREO 运动到了太阳两侧相反的位置上，首次

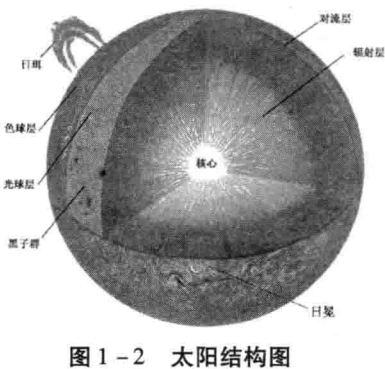


图 1-2 太阳结构图

从前后两面拍摄下了完整的太阳立体图。STEREO 团队成员 Angelos - Vourlidis 表示,这是太阳物理学的重要时刻,STEREO 第一次确认了太阳是一个球形。太阳的大气层,像地球的大气层一样,可按不同的高度和不同的性质分成各个圈层,即从内向外分为光球、色球和日冕三层。

### (一) 光球

太阳光球就是我们平常所看到的太阳圆面,通常所说的太阳半径也是指光球的半径。光球层位于对流层之外,属太阳大气层中的最低层或最里层。光球的表面是气态的,其平均密度只有水的几亿分之一,但由于它的厚度达 500 千米,所以光球是不透明的。光球层的大气中存在着激烈的活动,用望远镜可以看到光球表面有许多密密麻麻的斑点状结构,很像一颗颗米粒,称之为米粒组织。它们极不稳定,一般持续时间仅为 5~10 分钟,其温度要比光球的平均温度高出  $300^{\circ}\text{C} \sim 400^{\circ}\text{C}$ 。目前认为这种米粒组织是光球下面气体的剧烈对流造成的现象。

光球表面另一种著名的活动现象便是太阳黑子。黑子是光球层上的巨大气流旋涡,大多呈现近椭圆形,在明亮的光球背景反衬下显得比较暗黑,但实际上它们的温度高达  $4000^{\circ}\text{C}$  左右,倘若能把黑子单独取出,一个大黑子便可以发出相当于满月的光芒。日面上黑子出现的情况不断变化,这种变化反映了太阳辐射能量的变化。

### (二) 色球

紧贴光球以上的一层大气称为色球层,平时不易被观测到,过去这一区域只是在日全食时才能被看到。图 1-3 是日全食时拍摄到的色球,当月亮遮掩了光球明亮光辉的一瞬间,人们能发现日轮边缘上有一层玫瑰红的绚丽光彩,那就是色球。色球层



图 1-3 色球

厚约 8000 千米,它的化学组成与光球基本上相同,但色球层内的物质密度和压力要比光球低得多。日常生活中,离热源越远处温度越低,而太阳大气的情况却截然相反,光球顶部接近色球处的温度差不多是  $4300^{\circ}\text{C}$ ,到了色球顶部温度竟高达几万度,再往上,到了日冕区温度陡然升至上百万度。人们对这种



反常增温现象感到疑惑不解，至今也没有找到确切的原因。

在色球上人们还能够看到许多腾起的火焰，这就是天文上所谓的“日珥”。日珥是迅速变化着的活动现象，一次完整的日珥过程一般为几十分钟。同时，日珥的形状也可说是千姿百态，有的如浮云烟雾，有的似飞瀑喷泉，有的好似一弯拱桥，也有的酷似团团草丛，真是不胜枚举。天文学家根据形态变化规模的大小和变化速度的快慢将日珥分成宁静日珥、活动日珥和爆发日珥三大类。最为壮观的要属爆发日珥，本来宁静或活动的日珥，有时会突然“怒火冲天”，把气体物质拼命往上抛射，然后回转着返回太阳表面，形成一个环状，所以又称环状日珥。

### (三) 日冕

日冕是太阳大气的最外层。日冕中的物质也是等离子体，它的密度比色球层更低，而它的温度反比色球层高，可达上百万摄氏度。图1-4日全食时日冕图，在日全食时在日面周围看到放射状的非常明亮的银白色光芒即是日冕。日冕的范围在色球之上，一直延伸到好几个太阳半径的地方。日冕还会有向外膨胀运动，并使得冷电离气体粒子连续地从太阳向外流出而形成太阳风。

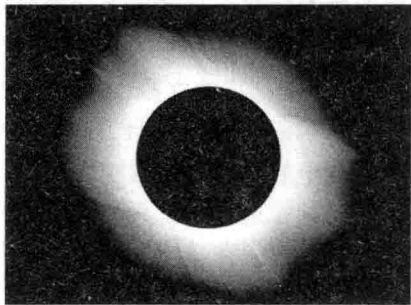


图 1-4 日全食时日冕

## 三、永不停息的太阳活动

太阳看起来很平静，实际上无时无刻不在发生剧烈的活动。太阳由里向外分别为太阳核反应区、辐射层、太阳对流层和太阳大气层。其中中心区不停地进行热核反应，所产生的能量以辐射方式向宇宙空间发射。其中二十二亿分之一的能量辐射到地球，成为地球上光和热的主要来源。太阳表面和大气层中的活动现象，诸如太阳黑子、耀斑和日冕物质喷发（日珥）等，会使太阳风大大增强，造成许多地球物理现象，例如极光增多、大气电离层和地磁的变化。太阳活动和太阳风的增强还会严重干扰地球上无线电通讯及航天设备的正常工作，使卫星上的精密电子仪器遭受损害，地面通讯网络、电力控制网络发生混乱，甚至可能对航天飞