

中国科学院紫金山天文台

周团辉 黄宇 编写

先进天基太阳天文台

Advanced Space-based Solar Observatory

太阳风暴

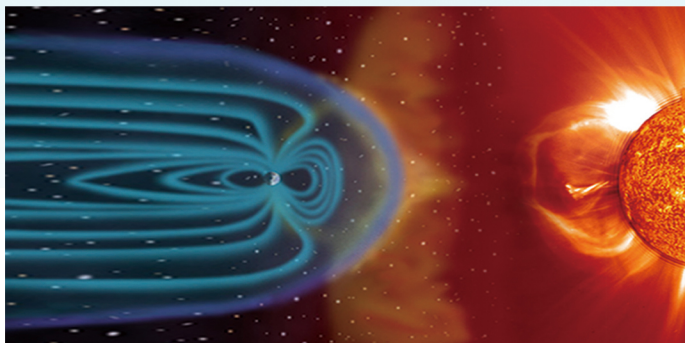
太阳风暴是指太阳上的剧烈爆发活动及其在日地空间引发的一系列强烈扰动。太阳爆发活动是太阳大气中发生的持续时间短暂、规模巨大的能量释放现象，喷射的物质和能量到达近地空间后，可引起地球磁层、电离层、中高层大气等地球空间环境强烈扰动，从而影响人类活动。

太阳剧烈爆发活动主要包括耀斑和日冕物质抛射。

耀斑：太阳表面上的一种突然、快速的增亮现象。耀斑发生时在从射电、经光学、紫外、极紫外、X射线、到伽玛射线的电磁波的所有波段上都可以产生强烈的辐射。一个普通耀斑可以释放 10^{20} 焦耳— 10^{25} 焦耳的能量，相当于百亿颗广岛原子弹。

日冕物质抛射：日冕中的物质（主要是磁场和等离子体）大规模剧烈地向日地空间抛射的现象。一次日冕物质抛射可能从太阳上带走几百亿吨的等离子体。日冕物质抛射的典型速度大约为300 km/s，最慢的可能只有100 km/s，而最快的可超过3000 km/s。

太阳活动呈周期性变化，周期平均为11年，太阳黑子是太阳活动的重要标志。在一个活动周期开始后，黑子数量逐渐增多，太阳活动加剧，太阳黑子数量达到最多的年份，称为太阳活动峰年。太阳活动第25周峰年预期在2024到2025年左右。



太阳，我们来了

大约46亿年前，在距离银河系中心约2.6万光年之处的螺旋臂上，一团分子云开始在自身的引力作用下坍缩，逐渐形成了我们今天所熟悉的太阳。

万物生长靠太阳。太阳是地球上万物生灵的能量源泉。我们人类自诞生之日起，就沐浴在阳光下，享受着太阳的光明和温暖。所以我们遥望太阳，对这颗耀眼的恒星充满了好奇，不曾停止过对太阳的想象和探索：它为什么会发光？它是永恒存在的吗？它的结构是什么？它有哪些显著特征？它会对地球造成哪些影响？

为了回答这些问题，科学家不仅发展出了相应的理论基础，还建造或发射了各种探测器，层层揭开太阳的神秘面纱。

先进天基太阳天文台 (Advanced Space-based Solar Observatory)

自上世纪60年代以来，世界空间大国已经先后发射了数十颗太阳探测相关卫星进入太空。在这场太阳的探索之旅中，我国在太阳探测专用卫星方面一直缺席，直到先进天基天文台（ASO-S）的出现！

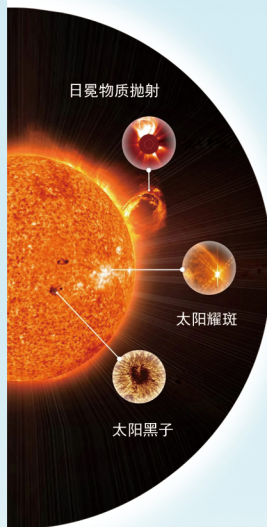
ASO-S是我国太阳物理界在2011年自主提出的一个太阳空间探测卫星计划方案，是中国科学院战略性先导专项“空间科学（二期）”首批启动的两项卫星工程之一。

ASO-S是我国第一颗综合性太阳探测专用卫星，将实现我国太阳卫星探测跨越式突破。

- 国际上首次以“一磁两暴”作为卫星的科学目标并配置相应的载荷组合
- 国际上首次在一颗卫星平台上对全日面矢量磁场、太阳耀斑非热辐射成像，日冕物质抛射的日面形成和近日冕传播同时进行观测
- 国际上首次在莱曼阿尔法波段实现全日面和近日冕同时观测



ASO-S计划以太阳活动第25周峰年作为契机，将详细记录第25个太阳活动周的“太阳风暴”。届时，围绕ASO-S观测结果的研究将成为国际热点，科学家在研究太阳活动规律的同时，也会及时预报太阳爆发对人类的影响，以造福全人类。



科学目标

- 1 研究耀斑和日冕物质抛射的相互关系和形成规律。
- 2 研究耀斑爆发和日冕物质抛射与太阳磁场之间的因果关系。
- 3 研究太阳爆发能量的传输机制及动力学特征。
- 4 探测太阳爆发，为我国空间天气预报提供支持。

ASO-S卫星的主要科学目标是“一磁两暴”。

“一磁”即太阳磁场；“两暴”是指太阳上两类最剧烈的爆发现象—耀斑和日冕物质抛射；即观测和研究太阳磁场、太阳耀斑和日冕物质抛射的形成、相互作用及彼此关联，首次在一颗近地卫星平台上实现对太阳磁场、太阳耀斑非热辐射、日冕物质抛射日面形成和近日冕传播同时进行观测。

追踪太阳活动的源头

——全日面矢量磁像仪 (FMG)

FMG的测量目标是太阳物理学中的“第一观测量”——太阳磁场。

太阳磁场要比地球磁场复杂得多，永远处于改变的状态。太阳活动区的浮现过程，以及剪切和旋转运动，会产生相关磁力线的扭曲、缠绕、甚至打结，从而聚集大量的自由磁能。自由磁能超过了一定的限制，便会释放出来，转换成热能、动能，从而触发耀斑和日冕物质抛射。

FMG获得的矢量磁场数据不仅可以帮助我们更好地理解空间天气因果链中磁能的传输、积累和释放问题，也可以帮助我们深入理解耀斑和日冕物质抛射过程中的能量积累、触发、释放和传输机制，并为空间天气事件预报提供观测基础。

主要技术指标	观测视场	33.5'±0.5' (全日面)
	灵敏度纵向	5G, 横向150G
	时间分辨率	常规模式: 30s (单幅磁图), 2min (矢量磁图) 爆发模式: 8s (单幅磁图), 40s (矢量磁图)
	空间分辨率	≤1.5''

莱曼阿尔法太阳望远镜
在莱曼阿尔法和白光波段对全日面和1.1到2.5倍太阳半径的内日冕进行成像观测。

全日面矢量磁像仪
观测太阳全球矢量磁场。

硬X射线成像仪
在约30至200KeV能量段对太阳耀斑的高能辐射进行能谱和成像观测。

ASO-S卫星

先进天基太阳天文台卫星总体上可以分成卫星平台和有效载荷两部分。卫星平台主要由结构、热控、电源、测控、数传等分系统组成，为所携带的科学探测载荷提供能源、通信和环境等保障。

卫星有效载荷包括太阳全日面矢量磁像仪、莱曼阿尔法太阳望远镜和太阳硬X射线成像仪。

根据先进天基太阳天文台的科学目标和任务，为了获得尽可能多的观测时间，先进天基太阳天文台卫星拟采用高度720km左右、周期约99分钟的太阳同步晨昏轨道。这样的轨道只有在每年的5月中旬到8月共约2.5个月的时间存在阴影，而且每轨最长阴影时间不超过18分钟。

选用中心波长为532.42nm的Fe谱线进行磁场测量

图像传感器的像元数为4096 X 4096

口径大小为140mm

六大系统：成像光学系统、偏振光学系统、图像采集与处理系统、稳像系统、电控系统、热控系统

光学系统视场为34'

太阳观测的新窗口

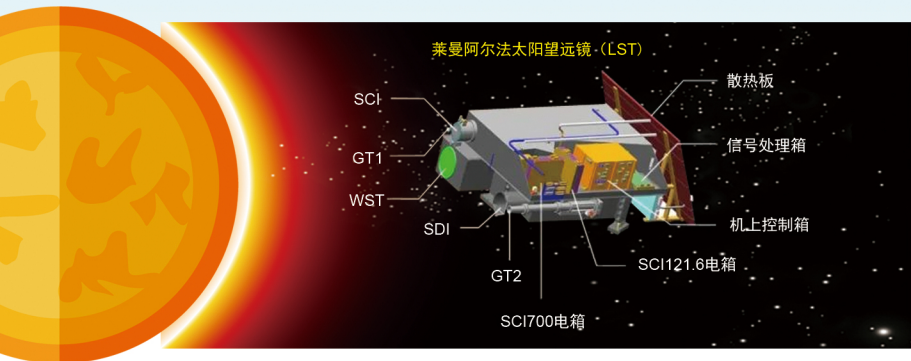
——莱曼阿尔法太阳望远镜（LST）

LST的主要科学任务是观测日冕物质抛射、耀斑以及暗条等剧烈的太阳大气爆发活动，并为空间天气预报提供内日冕的观测数据支持。

LST是一个仪器套件，包括全日面莱曼阿尔法成像仪和莱曼阿尔法和可见光日冕仪、全日面白光太阳望远镜三台观测仪器和两个导行镜。LST的特色是能够同时提供莱曼阿尔法和可见光波段的观测，也将对全日面和1.1到2.5倍太阳半径的内日冕进行成像观测。

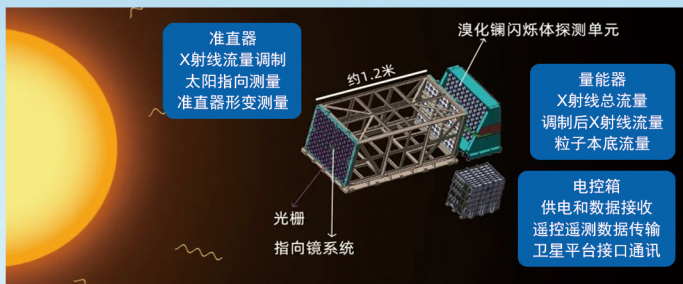
可见光是观测太阳活动的常规窗口，LST则打开了一个新的观测窗口，对2.5个太阳半径内的太阳进行莱曼阿尔法波段的常规监测，将填补国际上对该波段从全日面到内日冕连续观测的空白。

主要技术指标	LST	日冕仪（SCI）	观测视场	1.1~2.5个太阳半径
			观测波段	Ly α (121.6 \pm 10.0nm), 白光(700 \pm 20nm)
		全日面成像仪（SDI）	观测波段	Ly α (121.6 \pm 7.5nm),
		白光望远镜（WST）	观测波段	360 \pm 2nm, 675 \pm 5nm



窥探宁静面纱下的风暴

——硬X射线成像仪（HXI）



主要技术指标	HXI	观测视场	$\geq 40'$ (全日面)
		观测能段	30~200keV
		时间分辨率	优于0.5s
		空间分辨率	优于6''@30keV

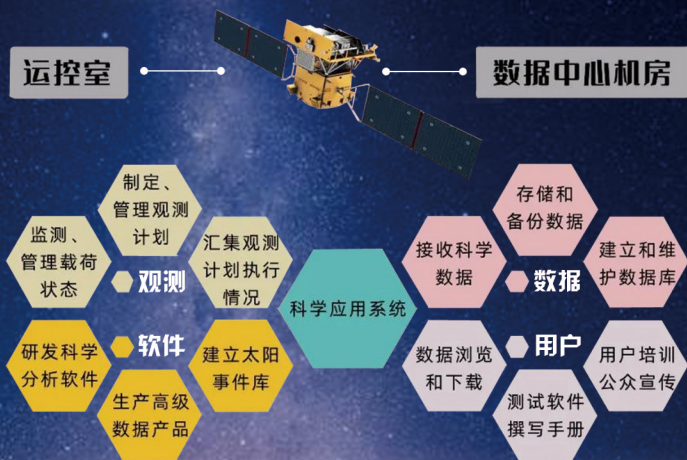
HXI由3台结构上独立的单机组成：准直器、量能器以及电控箱，它们可分别类比于相机中的镜头、CCD和控制系统。

HXI的主要科学目标是在约30keV–200keV能量段对太阳耀斑的硬X射线辐射进行能谱和成像观测，是已知唯一一个在太阳活动第25周峰年期间提供地球视角观测的太阳高能成像仪器，对研究耀斑非热辐射源的形成和演化机制具有里程碑式的重要意义。

当太阳耀斑爆发时，往往还会伴随着日冕物质抛射和高能粒子事件，它们会对地球磁场、空间设备、地面电网、宇航安全、通讯导航造成严重的冲击。硬X射线主要来自太阳耀斑高能电子在太阳大气传输过程中与热等离子体的相互作用，因此对硬X射线的探测，尤其是成像探测，能够使我们更好地理解耀斑过程中高能电子的产生、传输和释放过程，将有助于我们预防和降低这些灾害性空间天气对人类空间活动的危害和影响。

科学应用系统

科学数据



科学应用系统是卫星工程的重要组成部分之一，是连接卫星数据和科学用户的桥梁。

科学应用系统由卫星科学团队把原始观测数据加工成高级科学数据产品，供用户下载使用。其主要职能还包括根据科学用户需求并结合卫星和载荷状态制定合理的科学观测计划，开发科学数据生产软件和数据分析软件，为科学用户提供服务和支持等。同时，科学应用系统还将配合地面支撑系统完成卫星和载荷的在轨监测与运行管理，确保卫星能够安全、高效地进行科学观测。

ASO-S每天将产生大约500GB的科学探测数据，经地面支撑系统和科学应用系统处理，生成可供研究直接利用的科学数据。

ASO-S任务团队秉承开放共享的理念，以国际科学数据管理与共享FAIR化准则为指引，规范出版科学数据产品，面向全球用户公开共享全部科学数据，惠及国内外太阳物理、空间物理、地球物理、等离子体物理等领域科研人员以及空间天气检测预警等行业部门及普通公众。



科学用户可通过访问ASO-S卫星科学应用系统数据分析中心 (aso-s.pmo.ac.cn) 网站，浏览快视图片和电影，检索并下载需要的数据产品及数据分析软件，提交观测申请和数据定制需求。