

中国首颗综合性太阳探测卫星*

甘为群^{1†} 诸成² 陈斌³ 黄宇¹

(1 中国科学院紫金山天文台暗物质与空间天文重点实验室 南京 210023)

(2 中国科学院微小卫星创新研究院 上海 201203)

(3 中国科学院国家空间科学中心 北京 100190)

摘要 作为中国首颗综合性太阳探测卫星的先进天基太阳天文台(Advanced Space-based Solar Observatory, ASO-S)于北京时间2022年10月9日7时43分在酒泉卫星发射中心成功发射. 扼要介绍ASO-S卫星提出的背景、卫星的研制历程、科学目标、载荷构成、任务总体以及卫星研制的组织架构, 并对卫星的运行和科学产出略作展望.

关键词 仪器: 空间卫星, 太阳: 磁场, 太阳: 耀斑, 太阳: 日冕物质抛射, 太阳: 紫外辐射, 太阳: X射线

中图分类号: P111; **文献标识码:** A

1 引言

中国空间太阳探测的尝试最早可以追溯到上世纪70年代中期^[1], 当时由紫金山天文台牵头提出并实施中国“天文一号”卫星计划; 上世纪90年代早期, 载人航天工程起步, 利用实验飞船搭载空间天文仪器的计划于1994年获得批准, 紫金山天文台和高能物理所花费近7 yr时间研制的3台高能辐射谱仪于2001年1月10月随神州二号飞船发射升空, 在约半年的工作时间内观测到上百个太阳耀斑的X射线暴和近10个太阳耀斑的伽马射线暴及若干宇宙伽马射线暴; 几乎同一时间, 国家天文台牵头提出并花费10余年多渠道推进空间太阳望远镜计划; 2004年紫金山天文台、南京大学等与法国有关单位联合提出太阳爆发探测小卫星(SMall Explorer for Solar Eruptions, SMESE)计划并在国防科工委等支持下推进数年; 北京大学牵头的日地三星计划(夸父计划)中一颗位于L1点的卫星也是主要

用来观测太阳……所有这些计划中, 除了神州二号搭载取得成功以外, 在2010年这个时间点上, 其余均未走到工程立项和发射阶段. 先进天基太阳天文台(Advanced Space-based Solar Observatory, ASO-S)正是在这样的背景下于2011年提出的.

早在2006年, 中国科学院启动了新一轮中国空间科学规划研究, 规划的结果直接导致中国科学院空间科学战略性先导科技专项的形成, 简单地说, 就是从2011年开始, 中国科学卫星进入了新时代. 当时, 国际上自上世纪60年代以来, 已经发射了近70颗专门进行太阳探测或有关的卫星, 还有多颗卫星已经列入计划^[2-3], 中外差距很大. 如何基于国内当时的条件和参考国际前沿提出具有自身特色的空间太阳探测计划, 是摆在中国太阳物理界面前的一个迫切问题. ASO-S团队抓住中国科学卫星计划启动的机遇, 先后经历了预先研究(2011—2013年)、背景型号研究(2014—2016年)、综合立

2022-09-05收到原稿

*中国科学院战略性先导科技专项(XDA15052200、XDA15320100、XDA15320102、XDA15320103、XDA15320104、XDA15320300)资助

†wqgan@pmo.ac.cn

项论证(2016—2017年),终于在2017年底获得中科院批复正式工程立项.经过近5 yr的工程研制,ASO-S于北京时间2022年10月9日7时43分发射升空,开启了中国综合性太阳空间观测的时代. ASO-S也是走过标准化全流程的空间科学先导专项的第1颗科学卫星.

卫星发射成功后,ASO-S的中文昵称被命名为“夸父一号”.中国神话“夸父逐日”的故事众所周知,选择“夸父”作为中国探日卫星的名称,与已经使用中国神话“嫦娥奔月”故事中的“嫦娥”作为中国探月工程的名称相呼应,太阳对月亮,夸父对嫦娥,突显中国文化,相得益彰.

2 卫星科学目标和载荷构成

ASO-S (夸父一号)的科学目标^[4-5]简称“一磁两暴”,即同时观测太阳磁场和太阳上两类最剧烈的爆发现象—耀斑和日冕物质抛射,研究它们的形成、演化、相互作用及可能存在的因果关联,并为空间天气预警和预报提供支持.其关键科学问题可以概括成“三个关系”,即磁场与耀斑的关系;磁场与日冕物质抛射的关系;日冕物质抛射与耀斑的关系.

ASO-S (夸父一号)的主要创新点是: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;首次在一颗近地卫星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;首次在莱曼阿尔法谱线波段实现全日面和近日冕无缝同时成像观测.

为实现“一磁两暴”的科学目标,ASO-S (夸父一号)上共配备了3台载荷:全日面矢量磁像仪(Full-disc vector MagnetoGraph, FMG)^[6-7],用来观测太阳全日面矢量磁场;莱曼阿尔法太阳望远镜(Lyman-alpha Solar Telescope, LST)^[8-10],主要用来观测日冕物质抛射的形成和近日冕传播;硬X射线成像仪(Hard X-ray Imager, HXI)^[11-12],主要用来观测太阳耀斑的非热辐射形态及能谱特征.载荷在卫星上的布局见图1. 3台载荷各有特色,例如FMG强调高灵敏度和高时间分辨率,全日面矢量磁场的时间分辨率可达40 s; LST则可以从日

心到2.5个太阳半径同时在莱曼阿尔法谱线波段和白光连续谱波段进行成像; HXI的成像原理是基于傅里叶变换间接成像,其傅里叶分量相较于国际空间调制成像同类设备有大幅提高.更为重要的是,ASO-S (夸父一号)强调的是3台载荷的组合优势,这构成了卫星的一大特色.

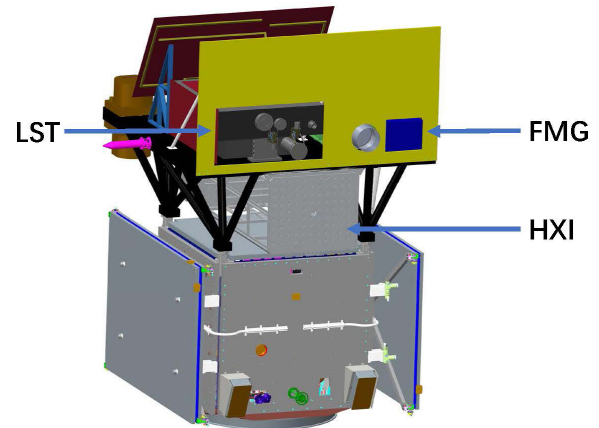


图1 ASO-S卫星效果图

Fig. 1 The layout of ASO-S

3 卫星任务

ASO-S (夸父一号)卫星工程由卫星系统、运载火箭系统、发射场系统、测控系统、地面支撑系统和科学应用系统6大系统组成.卫星系统由中国科学院上海微小卫星创新研究院负责研制,其中3个载荷FMG、LST和HXI分别由中国科学院国家天文台、长春光学精密机械与物理研究所和紫金山天文台负责研制.地面支撑系统由中国科学院国家空间科学中心负责研制,其中科学数据的地面接收由中国科学院遥感与数字地球研究所负责.科学应用系统由中国科学院紫金山天文台负责研制.卫星工程总体由中国科学院国家空间科学中心负责.

2022年10月9日,ASO-S (夸父一号)卫星由长征二号丁遥五十五号运载火箭送入到距地面平均高度720 km、轨道倾角为98.27°、降交点地方时6:00am、偏心率为0、周期约为99 min的太阳同步轨道.该轨道可以保证卫星长时间连续不间断地观测太阳,只有在每年5至8月卫星会短时间进入地

球阴影, 最长不超过18 min. 预期经过4到6个月的在轨调试阶段, 卫星将交付用户进入正常工作模式, 届时卫星上3个载荷每天观测到的大约500 GB数据经过处理后连同数据分析软件将通过科学应用系统^[13]和地面支撑系统对全球太阳物理及相关领域研究者开放, 实行数据共享政策, 共同实现ASO-S (夸父一号)卫星的科学目标.

ASO-S (夸父一号)设计寿命不少于4 yr, 可望完整覆盖太阳活动第25周峰年. 为了取得预期的成果, ASO-S (夸父一号)科学团队除了正在完善科学应用系统各项功能, 也在极力争取各方的支持, 努力为国内外太阳物理学家围绕ASO-S (夸父一号)数据开展太阳物理前沿研究提供优质的平台, 包括与2021年10月发射的我国第1颗太阳探测科学试验卫星“羲和号”^[14]的紧密合作, 期待“早出成果, 多出成果, 出大成果”, 以期在国际太阳空间探测历史上留下中国贡献的印记. 有关卫星的一些技术细节, 也可参见ASO-S中文专辑^[15-21].

参考文献

- [1] Gan W Q, Chang J, Ma Y Q. ChJSS, 2021, 41: 76
- [2] 甘为群, 黄宇, 颜毅华, 中国科学: 物理学天文学, 2012, 42: 1274
- [3] 甘为群, 颜毅华, 黄宇, 中国科学: 物理学天文学, 2018, 47: 073002
- [4] Gan W Q, Feng L, Su Y. NatAs, 2021, 6: 165
- [5] Gan W Q, Zhu C, Deng Y Y, et al. RAA, 2019, 19: 156
- [6] Deng Y Y, Zhang H Y, Yang J F, et al. RAA, 2019, 19: 157
- [7] Su J T, Bai X Y, Chen J, et al. RAA, 2019, 19: 161
- [8] Li H, Chen B, Feng L, et al. RAA, 2019, 19: 158
- [9] Chen B, Li H, Song K F, et al. RAA, 2019, 19: 159
- [10] Feng L, Li H, Chen B, et al. RAA, 2019, 19: 162
- [11] Zhang Z, Chen D Y, Wu J, et al. RAA, 2019, 19: 160
- [12] Su Y, Liu W, Li Y P, et al. RAA, 2019, 19: 163
- [13] Huang Y, Li H, Gan W Q, et al. RAA, 2019, 19: 164
- [14] Li C, Fang C, Li Z, et al. SCPMA, 2022, 65: 289602
- [15] 黄宇, 陈鹏飞, 甘为群. 天文学报, 2020, 61: 32
- [16] 陈炳龙, 方禹鑫, 邓雷, 等. 天文学报, 2020, 61: 33
- [17] 郑兆瑛, 吴桢, 章海鹰, 等. 天文学报, 2020, 61: 34
- [18] 卢磊, 黎辉, 黄宇, 等. 天文学报, 2020, 61: 38
- [19] Lu L, Li H, Huang Y, et al. ChA&A, 2020, 44: 490
- [20] 李敬伟, 黎辉, 封莉, 等. 天文学报, 2020, 61: 39
- [21] 喻福, 苏杨, 张哲, 等. 天文学报, 2020, 61: 40

China's First Comprehensive Space Solar Observatory

GAN Wei-qun¹ ZHU Cheng² CHEN Bin³ HUANG Yu¹

(1 Key Laboratory of Dark Matter and Space Astronomy, Purple Mountain Observatory, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210023)

(2 Innovation Academy for Microsatellites, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201203)

(3 National Space Science Center, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190)

ABSTRACT Being China's first comprehensive space solar observatory, ASO-S (Advanced Space-based Solar Observatory) has been launched into orbit at 7:43 on October 9, 2022. A brief introduction on ASO-S is presented here, including the background, scientific goals, payload deployments, mission assembly, and organizations. A short prospect is made for the operation of the mission and the future scientific output.

Key words instruments: space vehicles, Sun: magnetic fields, Sun: flares, Sun: coronal mass ejections (CMEs), Sun: UV radiation, Sun: X-ray