



从古至今,太阳引发了人类太多思考,我们对这颗耀眼的恒星充满好奇:它为什么会发光?是永恒存在的吗?结构是什么?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,试图揭开太阳的神秘面纱。

10月14日,我国首颗太阳探测科学技术试验卫星“羲和号”成功发射,实现了我国太阳探测零的突破,标志着我国太空探测正式步入“探日”时代。

太阳这个与人类存续息息相关的恒星,还有哪些未解之谜?未来科学家们又将怎样探索太阳?

日冕物质抛射

太阳耀斑

◀变化的太阳磁场不仅可以在光球层产生黑子,还能触发耀斑和日冕物质抛射,三者简称为“一磁两暴”。

太阳黑子

▶太阳探测科学技术试验卫星模拟图。

逐日未来时

探测器陆续升空,我国步入“探日”时代

齐鲁晚报·齐鲁壹点

记者 于梅君

“羲和号”成功发射 我国步入探日时代

“太阳对地球演化和人类文明发展的作用不可或缺,同时,太阳对地球的影响也无所不在,主要体现在太阳爆发产生大量带电高能粒子,对地球电磁环境造成严重破坏,其中尤以太阳黑子、耀斑和日冕物质抛射对地球电磁环境影响最为显著。”国家航天局对地观测与数据中心主任、高分辨率对地观测重大专项工程总设计师赵坚介绍,太阳活动周期约11年,2021年至2022年是人类有记录以来第25个太阳活动周期的开始,全世界又进入太阳研究新的高峰期。

“探测和研究太阳活动,提出应对措施,可以降低或规避对地球的不利影响。我国作为航天大国,及时开展太阳探测活动,十分必要,不能缺席。”赵坚说。

此次发射的“羲和号”卫星全称是太阳H α 光谱探测与双超平台科学技术试验卫星,主要科学载荷为太阳空间望远镜。

“羲和号”整星重量508公斤,设计寿命3年,运行于517公里高度、倾角98度的太阳同步轨道,该轨道将经过地球的南北极,能24小时连续对太阳进行观测。“羲和号”卫星实现了国际首次太阳H α 波段光谱成像的空间探测,将填补太阳爆发源区高质量观测数据的空白。

此外,“羲和号”卫星采用了在轨试验超高指向精度、超高稳定度的新型卫星平台技术。与传统卫星平台相比,“羲和号”卫星平台的指向精度、姿态稳定度均提高了2个数量级。“羲和号”高性能技术卫星平台在轨试验成功后,是世界上首次将磁浮技术在航天器上进行工程应用,将大幅提升我国空间观测技术水平。

“夸父”明年发射 未来我国将立体探日

自上世纪60年代以来,全世界已发射了70多颗太阳观测卫星,主要集中在美国、俄罗斯、日本等国家,聚焦于太阳黑子、耀斑和日冕物质抛射的观测研究。

2006年10月美国发射世界第一对孪生太阳观测卫星——日地关系观测平台,对太阳黑子爆发时进行了三维成像;2009年1月,俄罗斯发射了“科罗纳斯”太阳探测卫星,探测太阳内部结构及太阳活动对地球气候、大气层及生物圈的影响;2018年美国“帕克”太阳探测器发射升空,近距离对太阳结构进行探测。

我国目前已制定两个太阳探测计划,“羲和号”实现了我国太阳探测破冰之旅,“夸父”计划则是研制发射先进天基太阳天文台卫星,揭示太阳磁场、太阳耀斑和日冕物质抛射(一磁两暴)的形成及相互关系,计划于明年发射。

此外,我国正在论证后续太阳探测发展计划,科学家们希望按照在黄道面内多视角探测、大倾角太阳极区探测和太阳抵近观测“三步走”进行实施,进一步了解太阳的构造,确定太阳活动的三维结构。

根据设想,我国将在2035年前后,通过两次发射任务(分别为一箭三星、一箭两星),构建起环绕黄道面(地球绕太阳公转的轨道平面)、太阳极区的全方位立体探测体系,实现对太阳全球和日地空间的立体探测。

太阳的三大 未解之谜

关于太阳还有很多未解之谜,最主要的有三大科学问题。

第一个问题:太阳活动为什么会具有周期性?太阳活动现象的原动力来自太阳上的磁场,其强磁场结构的表征是太阳黑子,也是太阳光球上的相对低温区域。太阳黑子有着11

年的周期,其长期变化和地球气候密切相关,例如气候学上的小冰河时期(约1300年—1850年间),太阳活动显著弱于后续年代的平均水平。

1908年,美国天文学家海耳发现太阳黑子是太阳上的强磁场,第一次证实了宇宙天体中磁场的存在,也揭示了太阳活动源自太阳磁场。然而,太阳磁场是如何产生的?其主导的太阳活动为什么会有周期性变化?这些问题被称为太阳活动周期起源之谜。

第二个问题:日冕为什么那么热?和地球一样,太阳也可从内到外分成很多层次,分别为日核(温度约1500万℃)、辐射区(约700万℃)、对流区(约200万℃)、光球(数千℃)、色球(数千至数万℃)、日冕(百万℃)。可以看到,太阳的温度结构和地球越往外温度越低明显不同,太阳大气最外层的日冕呈现反常的高温状态,这违背了热力学第二定律,如何解释日冕的加热机制是天体物理的重大科学难题。

第三个问题:如何对太阳活动的日地物理传播过程和行星际效应进行实时观测和预报?1989年3月,狂暴的日冕物质抛射引发极强的地磁暴,导致加拿大魁北克省大范围停电。太阳探测主要目标是为了更好地理解日地系统、预测空间环境变化及其产生的社会影响。因此,描绘太阳活动在日地空间传播和影响的完整物理图像,是当代日地物理最前沿的科学问题。

在三大科学问题中,磁场都起着至关重要的作用。但受到目前观测能力、技术手段等局限,人类对太阳磁场的了解还不够深入。这就牵出天体物理的另一个基本问题:恒星大气中的纤维化辐射磁对流过程。

太阳探测的 未来竞争焦点

在美欧成功实施了里程碑

性质的PSP(帕克太阳能探测器)和Solar Orbiter(太阳轨道飞行器)以后,国际相关领域的探测热点聚焦到了太阳探测的最后一块空白——太阳极区的探测。

无论天基还是地基观测,当我们身处黄道面的时候,由于投影效应和临边昏暗效应等,我们对太阳极区的观测非常困难。这种困难相当于两个个头差不多的人看不见对方的头顶。目前人类尚未实现过对太阳极区的正面成像观测,Solar Orbiter虽然偏离了黄道面,但其偏离角度只有二十多度,即便任务末期计划提高到34度,两者的高度差也不足以看清另一个的头顶。

研究表明,太阳极区的磁场和流场在太阳活动周演化中起着至关重要的作用。完善这方面的观测数据,从而完成有关太阳活动周起源的“发电机模型”的最后一块观测拼图,有望为这一科学问题的研究带来重大突破。

由于这些重大科学机遇,国际空间探测的下一个竞争热点必然是太阳极轨探测。

目前,欧美的空间科学发展规划都提出了太阳极轨探测的设想。我国早在10年前的《月球与深空探测》规划中就提出了开展太阳极轨探测的项目建议。目前,我国在这方面预研处于和国际齐平乃至略微领先的地位,再考虑到美欧PSP和Solar Orbiter刚实施不久,中国具备了率先实施的绝佳机会,而项目一旦成功,必将使我国的空间太阳探测实现快速超车。同时,在太阳活动周起源、高速太阳风起源等重大科学问题研究中抢占先机。

延伸阅读▶

太阳是银河系的一颗普通恒星,距离地球14960万千米,直径139.2万km(约为地球直径的109倍)。太阳的平均密度为1.409克/立方厘米,表面温度5770摄氏度,中心温度1500万摄氏度。太阳还是太阳系中最大的星球,质量约为地球质量的33万倍。

太阳的结构由里向外分别为核反应区、对流层、大气层。太阳主要由氢组成,它之所以能在几十亿年中一直稳定地发光发热,是因为其内部一直在持续进行氢聚变成氦的热核反应。我们可以把太阳内部的聚变反应想象成不断有氢弹在持续爆炸。

更具体地说,在太阳内部,质子会通过一系列反应聚变成氦-4原子核,从而释放出能量。这是一个被称为质子-质子链(pp链)的聚变过程,在这个过程中,也会释放出正电子(电子的反粒子)、伽马射线和中微子。理论表明,太阳99%的能量都是通过pp链的一系列聚变反应释放的。太阳内部另一个重要的聚变反应被称为碳氮氧循环(CNO循环),产生的核能约为1%。

根据太阳中现有的氢氦含量对比,科学家计算出太阳还将继续“燃烧”约50亿年。届时,太阳外层将膨胀得非常大,变成一颗巨大的红巨星。那些靠近它的行星,如水星、金星,甚至是地球都将被这个“红色大胖子”吞没。

太阳的生命在“夕阳红”阶段还能持续数百万年,然而一旦太阳聚变了它所可能聚变的最重元素,它的外层大气最终会爆炸飞散,形成壮丽的行星状星云,其核心会转变成一个致密天体——白矮星。当太阳毁灭成一颗白矮星时,地球也将不复存在。

太阳为啥会发光 它将如何终结



太阳的生命周期