

· 编者按 ·

空间物理和空间天气学

空间物理学是随着 20 世纪 50 年代人类进入太空而发展起来的一门与相邻学科紧密交叉、与太空技术相互促进的前沿基础学科。它主要研究发生在太阳大气、行星际和地球空间(包括磁层、电离层和中高层大气)环境中的各种物理过程和现象,探讨它们的相互联系和演化规律。近二三十年来随着航天和通信等高技术的蓬勃发展,人类的活动已经深入到太空。在空间环境中运行的各种卫星关系着小至人们的日常生活大至世界经济全球化的平稳发展。然而,在空间环境中经常发生的一些灾害性的天气事件过程,如日冕物质抛射、太阳耀斑和地球磁层亚暴等,往往会导致卫星的运行环境发生剧烈的变化,并产生高能量的粒子,损害在空间环境中飞行的卫星;甚至威胁到宇航员的人身安全。人们将日地空间环境中常常出现的给空间、地面技术系统的运行、可靠性以及人类健康和生命带来严重危害的条件或状态的短时间尺度的变化,称之为空间天气。

空间天气学是将空间物理科学与地基和天基技术应用紧密结合的学科,它将太阳大气、行星际和地球空间视为一个整体系统,探测、研究和预报太阳爆发现象引起各层次空间环境灾害性事件的发生和演化及其对天基和地基技术系统的影响,尽量减小空间环境灾害造成的损失,保障人类生存的安全。由于高科技以及国家安全的巨大需求,空间天气学这门学科正迅速成为国际科技活动的热点之一。自 1995 年美国率先制订“国家空间天气计划”后,欧洲空间局、俄罗斯、加拿大、日本、澳大利亚等数十个国家都制定了各自的空间天气起步计划,并相继发射了一系列和空间天气有关的卫星;国际上许多科学组织积极推进国际合作,组织实施了“国际与日同在”、“日地系统空间气候和天气计划”等计划。

开展对空间物理和空间天气学的研究,有助于更好地了解并预报空间环境中发生的灾害性空间天气事件,为国家的航天和通信事业服务。作为一个跨学科的研究领域,对空间物理与空间天气学的研究需要不同领域的科技工作者的共同关注,促进其有序、快速地发展。本专题就“空间物理与空间天气学”领域中若干前沿的科学问题作了评述,分别是无碰撞磁重联中的电子动力学、地球磁尾等离子体片中的高速流、地球内磁层中的高能粒子,以及电离层和太阳活动的关系。主要内容介绍如下。磁重联提供了一种快速地将磁场能量转化为等离子体动能和热能的物理机制,它与空间物理和空间天气学中的许多爆发现象密切相关,本专题的第一篇文章讨论了电子动力学行为在无碰撞磁重联结构形成中的作用,以及电子在其中的加速机制。等离子体片中的高速流则是一种经常出现在磁层剧烈扰动期间的现象。第二篇文章简单回顾了高速流研究的历史,介绍高速流的成因及与极光的关联,探讨了其与等离子体磁结构的异同及其与背景等离子体的相互作用,以及高速流在磁层亚暴过程中的作用。辐射带中的能量电子与离子是首要的空间天气威胁,理解这些粒子如何在辐射带中被加速是空间物理和空间天气学领域的主要挑战之一。第三篇文章总结了行星际激波在内磁层激发的超低频(ULF)波对“杀手”电子与能量离子的快速加速的最新进展。蕴含着不同时间尺度的太阳电磁辐射变化是调制电离层的主要因素,电离层对太阳活动性的依存关系是认知电离层结构与演变的基础。第四篇文章简要地介绍了最近一些年在电离层的太阳活动性依赖特性方面取得的进展。有关内容供感兴趣的科技工作者参考。

陆全明^{①②}^① 中国科学技术大学地球和空间科学学院, 合肥 230026;^② 中国科学院基础等离子体重点实验室, 合肥 230026