

学术引领系列



地球科学学科前沿丛书

国家科学思想库

空间天气科学服务 和平利用空间

魏奉思 万卫星 曹晋滨 等 著



科学出版社

学术引领系列



国家科学思想库

地球科学学科前沿丛书

空间天气科学服务 和平利用空间

魏奉思 万卫星 曹晋滨 等 著

科学出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

空间天气科学服务和利用空间 / 魏奉思等著. — 北京: 科学出版社, 2018.7

(地球科学学科前沿丛书)

ISBN 978-7-03-058012-2

I. ①空… II. ①魏… III. ①空间科学-天气学-研究
IV. ①P44

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第131838号

责任编辑: 张莉 张晓云 / 责任校对: 邹慧卿

责任印制: 张克忠 / 封面设计: 有道文化

编辑部电话: 010-64035853

E-mail: houjunlin@mail.sciencep.com

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018年7月第一版 开本: 720×1000

2018年7月第一次印刷 印张: 10 3/4

字数: 200 000

定价: 88.00元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)



地球科学学科前沿丛书

编 委 会

主 编：傅伯杰

副 主 编（以姓氏笔画为序）：

杨元喜 周成虎 周忠和

郭正堂 焦念志

编 委（以姓氏笔画为序）：

王成善 王会军 朱日祥

刘丛强 吴立新 陈 骏

金之钧 郑永飞 郝 芳

郭华东 龚健雅 崔 鹏

穆 穆

地球科学学科前沿丛书·空间天气科学 服务和平利用空间

项 目 组

组 长：魏奉思 艾国祥 李崇银
成 员（以姓氏笔画为序）：

于英杰	于 晟	万卫星	王 水	王 赤
王劲松	方 成	冯学尚	刘代志	刘瑞源
许绍燮	许厚泽	杨元喜	肖 佐	吴 健
吴 雷	宋笑亭	张永维	张绍东	林龙福
欧阳自远	易 帆	费建芳	郭华东	唐歌实
涂传诒	黄荣辉	龚建雅	戚发轫	隋起胜
蒋 勇	窦贤康	廖小军		

撰 写 组

组 长：万卫星 曹晋滨
成 员（以姓氏笔画为序）：

王 水	王世金	王 赤	毛 田	方涵先
刘立波	刘连光	杜爱民	杨成昀	杨国涛
李 陶	余 涛	汪毓明	张绍东	张效信
陆全明	陈 耀	周 率	宗秋刚	袁运斌
唐歌实	徐记亮	徐寄遥	黄开明	黄建国
章 敏	傅绥燕	窦贤康	颜毅华	

丛 书 序

随着经济社会以及地球科学自身的快速发展,社会发展对地球科学的需求越来越强烈,地球科学研究的组织化、规模化、系统化、数据化程度不断提高,研究越来越依赖于技术手段的更新和研究平台的进步,地球科学的发展日益与经济社会的强烈需求紧密结合。深入开展地球科学的学科发展战略研究与规划,引导地球科学在认识地球的起源和演化以及支撑社会经济发展中发挥更大的作用,已成为国际地学界推动地球科学发展的重要途径。

我国地理环境多样、地质条件复杂,地球科学在我国经济社会发展中发挥着日益重要的作用,妥善应对我国经济社会快速发展中面临的能源问题、气候变化问题、环境问题、生态问题、灾害问题、城镇化问题等的一系列挑战,无一不需要地球科学的发展来加以解决。大力促进地球科学的创新发展,充分发挥地球科学在解决我国经济社会发展中面临的一系列挑战,是我国地球科学界责无旁贷的义务。而要实现我国从地球科学研究大国向地球科学强国的转变,必须深入研究地球科学的学科发展战略,加强地球科学的发展规划,明确地球科学发展的重点突破与跨越方向,推动地球科学的某些领域率先进入国际一流水平,更好地解决我国经济社会发展中的资源环境和灾害等问题。

中国科学院地学部常委会始终将地球科学的长远发展作为学科战略研究的工作重点。20世纪90年代,地学部即成立了由孙枢、苏纪兰、马宗晋、陈运泰、汪品先和周秀骥等院士组成的“中国地球科学发展战略”研究组,针对我国地球科学整体发展战略定期开展研讨,并在1998年5月经地学部常委会审议通过了《中国地球科学发展战略的若干问题——从地学大国走向地学强国》

研究报告,报告不仅对我国地球科学相关学科的发展进行了全面系统的梳理和回顾,深入分析了面临的问题和挑战,而且提出了21世纪我国地球科学发展的战略和从“地学大国”走向“地学强国”的目标。

“21世纪是地学最激动人心的世纪”,正如国际地质科学联合会前主席Brett, R在1996年预测的那样,随着现代基础科学和关键技术的突破,极大地推动了地球科学的发展,使得地球科学焕发出新的魅力。不仅使人类“上天、入地、下海”的梦想变为现实,而且诸如生命的起源、地球形成与演化等一些长期困扰科学家的问题极有可能得到答案,地球科学各个学科正以前所未有的速度发展。

为了更好地前瞻分析学科中长期发展趋势,提炼学科前沿的重大科学问题,探索学科的未来发展方向,自2010年开始,中国科学院学部在以往开展的学科发展战略研究的基础上,在一些领域和方向上重点部署了若干学科发展战略研究项目,持续深入地开展相关学科发展战略研究。根据总体要求,中国科学院地学部常委会先后研究部署了20余项战略研究项目,内容涉及大气、海洋、地质、地理、水文、地震、环境、土壤、矿产、油气、空间等多个领域,先后出版了《地球生物学》《海洋科学》《海岸海洋科学》《土壤生物学》《大气科学》《环境科学》《板块构造与大陆动力学》等学科发展战略研究报告。这些战略研究报告深刻分析了相关学科的发展态势和发展现状,提出了相应学科领域未来发展的若干重大科学问题,规划了相应学科未来十年的优先发展领域和发展布局,取得了较好的研究成果。

为了进一步加强学科发展战略研究工作,2012年8月,中国科学院地学部十五届常委会二次会议决定,成立由傅伯杰、焦念志、穆穆、杨元喜、翟明国、刘丛强、周忠和等7位院士组成的地学部学术工作研究小组,在地学部常委会领导下,小组定期开展学科研讨,系统梳理学科发展战略研究成果,推动地球科学的研究和发展。根据地学部常委会的工作安排,自2013年起,在继续出版学科发展战略研究报告的同时,每年从常委会自主部署的学科发展战略项目中选择1~2个关注地球科学学科前沿的战略研究成果,以“地球科学学科前沿丛书”形式公开出版。这些公开出版的学科战略研究报告,重点聚焦于一些蓬勃发展的前沿领域,从21世纪国际地球科学发展的大背景和大趋势出

发,从我国地球科学发展的国家战略需求着眼,深刻洞察国际上本学科发展的特点与前沿趋势,特别关注相应学科领域和其他学科领域的交叉融合,规划提出学科发展的前沿方向和我国相应学科跨越发展的布局建议,有力推动未来我国相应学科的深入发展。截至2016年年底,《土壤生物学前沿》《大气科学和全球气候变化研究进展与前沿》《矿产资源形成之谜与需求挑战》等“地球科学学科前沿丛书”已正式出版,及时将国际最新学科发展前沿态势介绍给国内同行,为国内地球科学研究人员跟踪国际同行研究进展提供了学习和交流平台,得到了地球科学界的一致好评。

2016年8月,在十六届常委会二次会议上,新一届地学部常委会为继续秉承地学部各届常委会的优良传统,持续关注地球科学的发展前沿,进一步加强对地球科学学科发展战略系统研究,成立了由焦念志、陈发虎、陈晓非、龚健雅、刘丛强、沈树忠6位院士组成的学科发展战略工作研究小组和由郭正堂、崔鹏、舒德干、万卫星、王会军、郑永飞6位院士组成的论坛与期刊工作研究小组。两个小组积极开展工作,在学科调研和成果出版方面做出了大量贡献。

地学部常委会期望通过地球科学家们的不断努力,通过学科发展战略研究,对我国地球科学未来10~20年的创新发展方向起到引领作用,推动我国地球科学相关领域跻身于国际前列。同时期望“地球科学学科前沿丛书”的出版,对广大科技工作者触摸和了解科学前沿、认识和把握学科规律、传承和发展科学文化、促进和激发学科创新有所裨益,共同促进我国的科学发展和科技创新。

中国科学院地学部主任 傅伯杰

2017年1月

前言

若从 1995 年美国在其“国家空间天气战略计划”中定义空间天气算起，空间天气科学是一个年仅 20 多岁的新学科。它是在人类社会的发展越来越依赖于空间科技发展的背景下诞生的，由于关系人类的知识体系从“地球实验室”向“空间实验室”拓展，关系应对空间天气灾害、增强卫星应用能力、开拓和平利用空间战略经济新领域，以及关系国家空间安全，因此，它一问世就受到技术发达国家的政治家、军事家，以及工业界和科技界的高度关注。美国率先于 1995 年提出国家空间天气十年战略计划，其后英国、法国、德国、俄罗斯、日本、加拿大、澳大利亚等十几个国家相继制订了相关国家计划，联合国、世界气象组织和国际空间研究委员会也先后制订了空间天气协调计划、研究计划和认识空间天气、保护人类社会发 展路线图等，空间天气科学迅速成为一门新兴的前沿交叉科学及关乎人类生存与发展安全的战略科学。2016 年 10 月 13 日，美国总统奥巴马发布总统令《各部委大力协同，提高国家应对空间天气事件的能力》，展示了美国把发展空间天气作为国家决策的一种国家行为的高度重视。中国也于 2016 年先后在国家“十三五”规划中列入了以空间天气为主题的重大基础设施项目和军民融合专项。未来 10 年，中国的空间天气科学将进入一个向世界先进国家跨越的黄金发展时期。

有效和平利用空间是关系国家发展全局和长远利益的一个重大战略方向，人类太空行走才短短 50 多年，航天、信息等已成为支柱性产业，人类进入信息化时代，实现了经济全球化，让地球变成一个“村”，深刻地改变了人类的生产与生活方式。现今，人类社会正面临能源、环境等问题的严峻挑战，开拓和平利用空间战略经济新领域，如空间太阳能发电、空间飞艇通信、空间新导

航、空间制造、空间“高铁”、空间采矿与空间环保等，将人类社会可持续发展带来新亮点、新领域、新方向。

在人类社会已开始进入向空间要经济社会可持续发展的新时代面前，由于一切空间技术系统都是在一定的空间天气环境下运行并发挥其功能的，空间天气科学自然成为服务有效利用空间如影随形的科学，它直接关系其安全性和有效性，甚至决定其成败。从服务和利用空间这个视角来探讨空间天气科学的发展战略，无论是对提升空间天气科学的创新能力，还是对促进科学与技术的结合、科技与经济的融合，从而助力开拓和平利用空间战略经济新领域都将有重要意义。

“空间天气科学服务和利用空间”战略研究咨询项目由中国科学院地学部部署，于2013年4月立项，基本完成于2015年12月，批准结题于2016年2月。该项目先后于各地召开十余次研讨会，并通过多种方式调研，先后有十余位院士和40多位一线专家参加战略研究的有关咨询评议和起草工作，并以多次全国性空间天气科学研讨会、国家自然科学基金委员会地球科学部“日地空间环境与空间天气”优先发展领域扩大会议等方式广泛征求意见，形成该战略研究报告。借此机会，我谨代表项目组向中国科学院地学部领导和中国科学院学部工作局的同志在项目执行期给予的关心和帮助表示衷心感激。

本书无论是对于想了解空间天气科学，还是渴望申请与从事有关研究的研究生、科技人员和管理专家都将有所帮助的。

魏奉思

2017年12月

摘 要

1957年10月4日,世界上第一颗人造地球卫星上天,宣告人类进入空间时代。半个多世纪以来,空间科技的发展极大地扩展了人类对自然和自身的认知,深刻地改变了人类的生存与发展方式,正在为建设更加美好的地球家园带来新前景。在人类社会越来越依赖空间科技发展的时代背景下,空间物理学进入了一个与人类空间活动需求密切结合的多学科交叉发展的新阶段,于世纪之交催生出一门新兴的前沿交叉学科——空间天气科学(Space Weather Science)。

空间天气系指太阳大气、行星际空间、地球磁层、电离层和中高层大气中能影响天基、地基技术系统的运行与效能发挥,以及危害人类生命与健康的条件或状态变化。研究空间天气的科学经过20多年来的发展,已迅速成为一门关系开拓人类新知识体系的多学科交叉的新兴交叉科学,以及关系人类生存与发展安全的战略科学。

和平利用空间的广度和深度正成为创新型空间强国的一个重要标志,是关系我国经济社会可持续发展的一个重大战略方向,如开拓向空间要新能源、新通信、新交通、新制造、新环保等空间战略经济新领域。由于一切空间技术与活动都在一定的空间天气环境中进行,空间天气科学自然成为服务和平利用空间如影随形的科学。加强空间天气科学服务和平利用空间,将提升其安全性、有效性,从而更充分地发挥其对我国经济社会的助推作用。本书就是从服务和平利用空间这个视角来研讨空间天气科学的发展战略,以期对我国经济社会发展和国家安全做出新的重要贡献。

我国空间天气科学正处在从跟踪模仿向自主创新、引领发展跨越的历史机遇期,我们必须在战略上把握学科发展规律,提出学科发展新思路,引领学科跨入国际一流的发展行列。

一、科学意义与战略价值

(一) 空间天气科学是一门新兴的前沿交叉科学

1. 开拓新的知识体系

空间天气科学研究的是地球上无法模拟的高真空、高温、高辐射、高电导率、复杂电磁场、微重力等特殊环境中的等离子体、带电粒子、磁流体和中性大气多种物质形态的运动、相互作用与变化规律。它涉及能量跨越太阳大气、行星际空间、地球磁层、电离层和中高层大气 5 个物理性质不同区域的传输、转换和耗散的大尺度流体力学问题,也涉及粒子加速、波的激发、磁重联、波-粒相互作用、非线性激变过程和不同尺度耦合等作为物理学基本问题的中小尺度过程的研究。它把人类的知识体系从“地球实验室”向“空间实验室”拓展,从而大大开拓了人类新的知识体系。正如美国国家航空航天局(NASA)战略计划(2006—2016 年)中所指出的,“这些知识不但代表了这个时代伟大的学术成就,而且能为将来利用和探索空间提供背景知识和预报能力”。

2. 催生学科交叉新领域

空间天气科学不仅直接推动着空间科学有关学科领域(如太阳物理、行星物理、月球科学和空间等离子体物理等)的发展,更推动了空间科学与大气科学、海洋科学、地球科学、材料科学、生命科学等大科学交叉,正孕育和催生一批学科交叉新领域,如辐射电子学、辐射生物学、高速飞行器与空间环境相互作用、高精度定轨、高精度测绘、地表激变过程(如地震、海啸、火山等)的空间天气效应等。

3. 促进空间技术发展

空间天气科学不仅要求卫星在辐射带、地磁异常区、电离层闪烁高发区等恶劣的条件下运行,还需要卫星到太阳附近、到整个太阳系深空去发现新现象,获取新知识。它不仅要发展多种物理量的高精度测量和新成像技术,更要求发展轨道技术、遥测遥控技术、防辐射技术、小卫星星座技术和长寿命、小型化、智能化等航天新技术。它不仅引领新的探测技术发展,还推动航天技术登上新台阶。

（二）空间天气科学是一门关系国家空间安全的科学

1. 军事空间天气学问世

所有进入空间的军事技术系统的轨道、姿态、通信、导航、定位、跟踪、材料、电子器件、星上计算机、太阳能电池和航天员健康等都会受到空间天气的影响。我国碰到的实例之一是在 2001 年 4 月 1 日美军侦察机撞毁我军战斗机后的搜寻期，4 月 3 日正值太阳风暴吹袭地球，造成无线电通信中断近 3 小时，给当时的搜救工作和安全形势分析造成了很大困扰。

因此，专门研究空间天气影响军事技术与活动的军事空间天气学应运而生。

2. 空间天气关系现代战争的精确作战

最有代表性的例子是空间天气影响导弹一类精确打击武器的发射窗口、轨道、姿态、制导、引爆高度和电子设备等，从而对其打击精度产生重要影响。据报道，伊拉克战争中的精确打击武器 40% 未命中目标，主要源于空间天气的影响。

3. 空间天气直接关系空天一体的信息化作战保障

空间天气影响电磁空间与网络空间有关信息的获取、传输与安全，直接关系到空天攻防的联合作战指挥的信息化水平和快速反应能力等。美国军方称空间天气是“军力倍增器”。

（三）空间天气科学是一门关系经济社会发展的科学

1989 年 3 月的一次空间灾害性天气事件引起强磁暴（ $Dst = -589$ 纳特），“太阳峰年”卫星提前陨落，大约 6000 个空间目标跟踪丢失，低纬无线电通信几乎完全中断，轮船、飞机的导航系统失灵，卫星磁法控制姿态发生困难，星上指令系统受干扰甚至失效或永久损坏，加拿大魁北克输电系统被烧坏，导致 600 万居民停电 9 小时之久的境况，航天员和高空飞机乘客遭受危险辐射剂量等。这次事件震惊了国际社会，它警示人们，地球上除了有地震、海啸、飓风和火山爆发这些地球灾害外，人类还必须应对这种非传统的空间天气灾害。美国白宫科技政策办公室（2012 年）指出，“它是关系全球经济社会发展的重要议题”。

1. 应对空间天气灾害

预计未来 10 年我国拥有卫星近 200 颗，卫星故障中 40% 来自空间天气，

卫星失败也时有发生。空间天气已进入保险市场,仅欧洲 1997~2000 年 4 年的保险损失就达 30 亿美元。有效应对空间天气灾害、保护航天巨大资产直接关系到经济社会的平稳运行。

2. 充分发挥卫星资源服务功能,增强卫星应用能力

加强空间天气研究服务航天技术系统和航天活动,有助于增强空间站、北斗、通信、遥感、气象等卫星的应用能力,更充分地发挥卫星资源服务经济社会发展的支撑作用,关系提升航天产业的产出/投入比。

3. 服务开拓和平利用空间战略经济新领域

如开拓向空间要新能源、新通信、新交通、新制造、新采矿、新环保等空间战略经济新领域,需要空间天气科学来提升其安全性、有效性;如卫星太阳能电池遇一次强的空间天气事件,其寿命可减少 7 年,这严重影响了空间太阳能发电卫星的安全性与有效性。

鉴于空间天气科学关乎人类社会的生存与发展安全,早在《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020 年)》中就将其作为“太阳活动对地球环境和灾害的影响及其预报”列为基础研究科学前沿问题之一。近 10 年来,我国实施了一系列重大空间工程任务,无论是载人航天、探月工程、北斗导航等,还是国家安全的有关领域,我国空间天气科学都积极发挥了其应有的安全保障作用。

我国已成为世界空间大国,在空间天气研究领域,也正在成为世界上实力较强的国家之一。可以预期,通过强有力的国家行为来发展空间天气科学,未来 10 年,中国的空间天气科学将跨入世界先进国家之列,对中国乃至世界的空间科技进步、经济社会发展和空间安全都将做出重要贡献。

二、发展规律与研究特点

(一) 发展历程

空间天气科学是一个只有 20 多年发展史的新兴交叉学科,它大体经历了从国家行为到国际行为两个发展阶段。若以 1995 年美国在其国家空间天气战略计划中首次提出将空间天气定义作为空间天气科学开始为标志,其后英国、法国、德国、日本、俄罗斯、加拿大、澳大利亚等世界技术发达国家相继制订空间天气起步计划,并共同制订实施国际与太阳同在计划(International Living

with a Star, ILWS), 空间天气研究迅速成为各主要技术发达国家的一种国家行为。近 10 年来, 联合国制订空间天气起步计划, 世界气象组织成立空间天气协调组, 美国制订第二个国家空间天气十年计划, 欧洲空间局制订空间态势计划, 国际空间研究委员会 (COSPAR) 和国际与太阳同在计划小组共同制订“认识空间天气、保护人类社会”路线图等, 空间天气科学已成为国际科技活动的热点之一。可以看出, 社会需求牵引是贯穿空间天气科学这两个发展阶段的主线。

(二) 驱动力

空间天气科学迅速成为国际科技活动热点之一的驱动力主要来自如下三方面。

1. 关系应对空间天气灾害

例如, 空间灾害性天气常使卫星失效乃至陨落, 通信受干扰乃至中断, 导航定位和跟踪失误, 电力系统损坏, 宇航员健康和生命受到危害等。正如美国国家航空航天局根据美国总统令制订的新的十年战略计划 (2006—2016 年) 中特别指出的, “空间天气对人类的危害越来越明显, 因此认识并降低空间天气对人类的危害效应迫在眉睫”。

2. 关系国家安全

通过阿富汗、伊拉克等局地高技术战争, 人们认识到空间是无国界的第四疆域, 在没有空间安全就没有领土、领海和领空安全的今天, 现代高技术战争的一切军事技术和活动领域都受空间天气的影响, 无论是构建海、陆、空、天、网、电多维一体化保障体系, 还是临近空间的开发应用、海洋权益、电磁安全、远洋安全及夺取信息化优势等, 美国军方称若缺失空间天气信息, 花几十亿美元构建的海、陆、空、天无缝隙保障体系将不能发挥其应有作用。

3. 关系经济社会可持续发展

例如, 向下看地球, 建设地球美好家园, 有效利用空间, 使航天、通信、导航成为重要的支柱产业, 信息全球化使地球变成“村”; 向上看宇宙, 拓展人类认知空间, 向空间要新能源、新交通等开拓人类社会发展新视野。所有这些都关系到提升中国在政治、经济、外交、军事和科技等领域的影响力, 等等。它们的安全性、有效性和创新性都需要空间天气科学提供先进的科学认知基础和支撑。

（三）发展规律

空间天气科学 20 多年来的发展历程向我们展示：社会需求牵引→创新科技能力→服务社会发展，如此循环前行是空间天气科学快速发展的基本规律。空间天气科学的提出始于应对 1989 年 3 月那次严重的空间天气灾害，其后美国等数十个技术发达国家相继制订了国家空间天气起步计划，若干国际空间组织制订了有关的国际研究计划，与此同时，联合国、世界气象组织等也启动有关的空间天气协调计划等。这些计划的实施为提升认知水平、保障经济社会平稳运行和空间安全服务发挥了重要的作用。现今新一轮社会新需求牵引→创新科技新能力→服务社会新发展的循环开始了，国际空间研究委员会和国际与太阳同在计划小组联合制订的“认识空间天气、保护人类社会”路线图的发布（2014 年 10 月 24 日）及美国国家科学技术委员会制订国家空间天气战略与行动计划（2015 年 10 月）等就是它的主要标志。

（四）学科研究特点

1. 以实验观测为基础

空间天气科学以地基观测为基础、以天基观测为主导，空间探测技术的每一次突破都给空间天气科学的发展带来飞跃。例如，日冕物质抛射（CME）、行星际磁云、磁重联、磁亚暴、电离层四波结构等都是由观测不断进步带来的新认知。

2. 以多学科交叉为特色

空间天气科学以空间物理学为基础，与太阳物理、地球物理、大气物理、等离子体物理及信息科学、材料科学和生命科学等多个学科交叉，又与空间技术和空间应用密切结合。学科的交叉不仅丰富了人类的知识，而且还牵引和推动着航天技术和空间应用的发展。

3. 以复合型人才为脊梁

空间天气科学是多学科交叉，同时又与空间工程、空间应用紧密联系的科学，由这三部分组成的复合型人才是学科发展的脊梁。人才培养难度大、周期长，需要国家长期稳定的支持。

4. 以服务社会为己任

应对空间天气灾害、保障空间活动的安全性和有效性，以及服务和利用空间、助力开拓空间战略经济新领域都是空间天气科学发展的神圣使命和发展驱动力。

5. 以国家行为是根本

空间天气科学不仅因为它的学科研究特点,更因为它关系航天、通信、导航、电力、资源勘探、人类健康与生命、国家安全等国家的全局和长远发展利益的诸多部门,需要国家组织多部门、多学科协同攻关,实施有关空间天气的国家计划方能事半功倍。这正如美国白宫组织商务部、国防部、内务部、能源部、交通部、外交部、国家航空航天局和国家科学基金会八大部委联合实施国家空间天气战略计划的成功经验所展示的那样。

由空间天气科学的发展规律和研究特点及中国国情所决定,我国空间天气研究的资助模式是分散的、多元化的,在国家层面上主要有国家自然科学基金委员会的基金项目、国家重点基础研究发展计划(973计划)、国家高技术研究发展计划(863计划)、国家重大科学工程、国家重大航天工程、国家公益性行业科研专项等。希望国家在新的财政科技计划层面设立空间天气专项,这将有利于空间天气科学前沿、探测技术创新与服务国家需求进行全链路设计理念的实现。

三、发展现状与发展态势

空间天气科学不是一个单纯的科学认知或灾害问题,而是一个与人类经济社会发展 and 国家安全息息相关的新兴科技领域,迅速成为技术发达国家的政治家、军事家,及工业界和科技界关注的问题之一。分析它的发展现状和发展态势,将有利于把握该学科的发展方向,提出我们的发展思路。

(一) 空间天气研究已成为国际科技活动热点之一

1. 世界范围诸多国家相继制订空间天气起步计划

从1995年美国白宫批准六大部委(国家航空航天局、国防部、商务部、内政部、能源部、国家科学基金会)联合实施的第一个国家空间天气战略计划(1995—2005年)开始,欧洲空间局、法国、德国、英国、俄罗斯、加拿大、日本等相继制订了空间天气起步计划。无论是美国、欧洲等技术发达国家和地区还是联合国、世界气象组织、国际空间研究委员会,都积极制订了一系列空间天气的协调计划,它们的目的是建立有空间天气知识和保障能力的社会。