

# 中国第一次《空间天气学》报告会 ---情况交流---

【空间重大新闻】：1997年1月6日至12日期间，美国一颗保险寿命为12年、价值2亿美元的通讯卫星，只工作了3年便因当时恶劣的空间天气条件而失效，引起了政府有关部门、国际范围的日地物理学家和有关的卫星专家们的广泛关注，正积极行动起来开展分析、研究……

☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆

随着人类进入高科技时代，地球20-30公里以上的空间环境中的灾害性天气变化，对航天、通信、导航、电网、物探和人类健康等领域造成的损伤和危害日益尖锐地显露出来。在这种高科技发展需求的驱动之下，一门以研究和预报空间灾害性天气变化规律，避免和减轻空间和地面技术系统以及人类健康受损伤和危害的跨世纪新学科——《空间天气学》，提到了各国政治家、科学家和公众的面前。

1997年5月25日至28日，由国家基金委地学部、中国科学院空间中心和南京大学共同主办了我国第一次《空间天气学》报告会，引起了热烈反响。出席报告会的有来自航天部、二炮、总参气象局、外交部、高校、国家地震局、中科院和国家基金委近20个单位的科学家、工程技术专家、管理专家和有关领导近百人。

报告会就国内外态势、对人类活动的影响、主要科学问题和中国的对策、建议等四个方面，组织了20余个报告并进行了热烈的研讨。下面将其要点介绍如下：

一. 建立《空间天气学》，是我国跨入新世纪，具有重大学科战略意义的一件大事。

1. 什么是空间天气学？

• 空间环境

自 1957 年人造卫星上天,开始了人类进入空间时代的新纪元.经过 40 年的空间探测与研究,人们逐渐认识到决定人类生存与发展的地球环境,除了地震环境、海洋环境和大气环境外,还存在一个空间环境.它由太阳不断向外输出的巨大能量和物质,与地球相互作用而形成具有不同物理性质的 5 个区域:位于 20-30 公里以上的中高层大气、电离层、磁层、行星际太阳风和直到太阳大气.它们之间相互紧密联系而成为一个有机的耦合系统——日地空间环境.

空间环境具有二重性,一方面,它是人类重要的活动场所,如航天活动和地面的通信、导航、广播、教育、气象、资源、海洋利用和减灾防灾等领域,都因它而获益.另一方面,空间环境中的恶劣天气也给空间和地面的若干高科技领域和人类的健康带来昂贵的损伤和严重的危害.(见第二节介绍)

空间环境也是人类生存与发展的重要保护层.人们知道,没有大气层,没有空气,就不会有生命与人类.同样,若没有空间环境吸收、减弱或屏蔽来自太阳的紫外、X 射线、高能带电粒子和超音速等离子体流对地球的轰击,也不会有适合今天人类和生物生存的环境.再有来自太阳的各种波段的能量、动量和质量输出的变化,制着地球空间环境的形成、结构和变化.人类和生物对生存环境变化的承受能力是十分有限的.如太阳可见光能量输出持续下降千分之几,便会招致类似小冰期的到来,人类和生物将受摧残;大气臭氧含量的减少会引起海洋陆地生态系统的严重失调和恶性变化,会增加皮肤癌患者;磁暴期间心血管疾病死亡率增高,等等.空间环境的灾害性变化研究对认识人类和生态环境变化的重要性已成为许多有识之士的共识和研究的热点.

因此,空间环境和地球的固体、海洋、大气共同构成认识人类生存发展的完整科学体系.

#### • 灾害性空间天气变化

太阳是一个能量输出易发生变化的天体,常有巨大的物质,  $10^7$  吨/秒,以近千公里/秒的高速度抛向地球,当这种所谓的太阳风暴(行星际激波)吹过地球时,将引起地球空间环境发生急剧变化,地球磁场充满的空间将被压缩、绕地球赤道的高空环电流增强、电离层无线电通讯的临界频率会突然改变,几百公里以上高

空的温度可突然增加  $6-700^{\circ}\text{K}$  以上, 高能带电粒子流量可增加 3-5 个量级, 等等. 空间环境中的这些急剧变化将导致卫星失效或坠落、通信中断、导航定位不准、输电网等技术系统损伤, 以及心血管疾病死亡率增高、皮肤癌患者增加等等灾害性事件发生. 我们把这类给人类活动造成灾害的突发性的空间环境变化称之为灾害性空间天气变化. 这如同地球上的暴风雨将引起洪水灾害, 给人类的生命、财产和国家经济造成巨大损失一样, 不同的只是它们发生的原因、形成过程以及空间范围不同而已.

### • 空间天气学

一门以研究和预报空间灾害性天气变化规律, 避免和减轻空间灾害性天气带给空间和地面技术系统以及人类健康的昂贵损伤和严重危害的跨世纪新学科—《空间天气学》, 提到各国政治家、科学家和公众的面前. 《空间天气学》的核心科学问题, 就是了解空间灾害性天气过程, 其应用目标, 就是减轻和避免空间灾害性天气对高科技系统所造成的昂贵损伤, 为工程设计提供环境模式, 为重要的空间活动提供空间天气预报, 为高科技发展“保驾护航”.

空间灾害性天气过程的变化规律, 是未来 10-20 年国际空间科学界竞争激烈、有待攀登的科学高峰之一. 主要研究内容包括:

1. 太阳活动和物质输出过程—为空间天气系统提供初边值条件, 它决定着天气过程的发生、发展和衰亡的基本图像;
2. 空间灾害性天气因果链模式—把太阳扰动、行星际扰动、磁层扰动、电离层扰动和中高层大气扰动组成有时序因果关系的统一“画面”, 提供空间灾害性天气模式与预报;
3. 科学评估空间灾害性天气对我国有关高科技领域和人类健康的损伤和危害, 并进行其损伤机理研究—为国家制定有关空间政策和措施提供决策依据.

空间天气学是太阳物理, 日球(或行星际)物理、磁层物理、电离层物理、大气物理、地球物理以及电子、信息技术、精密光学技术、核物理技术、计算技术等多学科、多门现代技术的高度交叉和综合. 它是把对自然现象的了解高度聚焦到社会发展面临的紧迫问题上, 从而使《空间天气学》成为空间物理学走向“硬”科学新阶段的一个重要标志.

因此,在中国不失时机地建立《空间天气学》是具有深远影响的学科战略意义的大事。

## 二.《空间天气学》是发展我国高科技,增强国家综合国力所急需建立的一门重要新学科

### (1)空间灾害性天气对人类活动的影响

1. 航天领域——卫星故障大约 40%与空间天气变化有关,美国如此,中国也这样.美国、加拿大等国的天空实验室、通信卫星等以及中国的气象、通讯卫星也时有因空间灾害性天气变化提前坠落和失败的事例发生.
2. 通信、导航——低纬无线电通讯有时几乎完全失效,美国海军的火星高频通讯网络在全球范围发生中断;轮船、飞机的导航系统失灵,美国的罗兰导航系统出现许多问题,GPS 定位出现数十厘米以上的误差.
3. 输电系统——有时使输电系统遭受破坏,如 1989 年 3 月加拿大魁北克输电系统因强磁暴的感应电流而损坏,造成 6 百万居民停电 9 小时以上,经济损失超过 5000 万美元,美国损失也在 2500 万美元以上.
4. 人类健康——空间宇航员舱外活动要遭受致命的辐射剂量,大的地磁暴期间心血管疾病的突发和死亡率明显增高,大气臭氧含量减少会引起生态系统严重失调,等等.

上述简单事例说明,许多高科技领域的发展正面临着来自空间灾害性天气变化的严峻威胁.

我国是一个发展中的国家,正面临着发展高科技,增强国家综合实力,以新的形象跨入新世纪的重要时期,如何以最小的代价,获得最快、最大、最有效的发展,充分认识《空间天气学》在我国高科技中的“保驾护航”作用是十分重要的.我国是一个空间大国,但空间科学的发展却远远跟不上空间技术发展的需要,1995 年 8 月“亚星二号”因高空切变风而爆炸,1990 年 11 月“风云二号”因姿态失控而失效等,就是最突出的例子.如果我们对《空间天气学》有一正确的认识,予以相应的投入,比如二颗卫星失效费用的 10-20%,上述卫星失败是有可能避免的.这个事例说明,发展高科技更加需要按科学规律办事,一点也不能报侥幸心理,必须正确处理基础研究与应用发展间的关系.美国

在把人造卫星送上天以后的(1965年)便成立空间环境实验室,1995年改名为国家空间环境中心,为高科技发展开展空间天气服务,避免和减少了许多重大损失,包括避免卫星的坠落等.我国人造卫星上天已27年之久,国家仍没有这样的科学研究机构,有组织有计划地去建立《空间天气学》和开展空间天气服务.因此美国人走过的弯路我们照样走,美国人已认识到不该走的弯路,我们仍照旧走.应该说,已有的损失和教训是十分深刻的.

除了航天领域公诸于世的事例是众所周知的以外,通信领域在21世纪将是一个走进千家万户的巨大产业,空间灾害性天气出现时,利用电离层反射的无线电短波通信将中断,穿过电离层的卫星的微波通信,其通信质量因信号闪烁,将受到严重干扰,飞机、轮船的导航将失效,此时若进行石油等物理探测,获得的将是错误的电磁信号,等等.因此,我们说现在是行动起来制定我国《空间天气学》战略计划的时候了,不失时机地充分发挥《空间天气学》在发展高科技中的“保驾护航”作用,不仅具有重要的学科战略意义,也是一件十分紧迫、具有重要应用、经济和社会效益,关系到我国发展高科技全局、中国进入新世纪的新形象的大事.

### 三. 国内外动态

1. 美国的商业部、国防部、宇航局、能源部、内务部和国家基金委联合制定“美国国家空间天气学战略计划”(1995年)和实施计划(1996年),以便实现宏观调控、合理利用人力和物力、加强有关部门间的协调和配合.它的科学目标是空间灾害性天气变化规律研究,应用目标是避免或减轻空间灾害性天气变化带给空间、地面技术系统以及人类的生命和健康的昂贵损伤和危害,为发展高科技“保驾护航”.该计划列出与美国国家利益有关的卫星、电力、通信、导航、物探和辐射等几个重要的高科技领域.该战略计划是1994年11月,由美国国家自然科学基金会牵头起草提出的,很快得到有关部委和科学家们的响应.这里充分显示了美国国家基金委在制定学科战略计划方面的领导和决策作用.
2. 美国、欧洲、俄罗斯和日本等国共同组织实施有十几个卫星飞船参加的规模宏大的日地空间探测计划.人类第一次对源

于太阳活动,继之影响地球人类活动的空间灾害性天气过程,实施因果链和三维结构的空问探测.现正计划到距太阳4个太阳半径在看太阳以及提出去地球附近用4个卫星建立日地关系观测站计划,等等,用以加速《空间天气学》的建立和发展.

3. 全球性的从地面监测中高层大气、电离层、磁层、行星际和太阳大气的空间环境监测网正在形成.中国日地物理科学家们正在推动“95”重大科学工程:东半球空间环境地面综合监测子午链——简称《子午工程》的实施,该科学工程从我国国情出发,用现代的无线电、光学和电磁等多种科学装置,沿我国东径 $120^{\circ}$ 子午线附近,配置为先进的空间环境地面监测系统,对不同空间层次进行综合观测,为我国《空间天气学》奠定地面观测基础.在此基础上,通过与西半球 $60^{\circ}$ 链的合作,将构成绕地球一圈的监测链,随地球自转可获得空间环境的三维结构及其全球变化特征.无疑它将对造福人类的《空间天气学》作出中国应有的重大贡献.
4. 我国太阳物理学家们正计划争取的“太阳空间望远镜”,应用我国太阳物理学家发明的、居世界领先水平的太阳磁场观测技术,而受到德国、美国和日本的高度评价,它的实施无疑将对《空间天气学》的发展产生深远而重大的影响.

#### 四. 建立《空间天气学》的我国现状分析

##### 1. 现有条件

- 相关学科配套齐全——建立《空间天气学》所涉及的相关学科,如太阳物理、日球物理、磁层物理、电离层物理、大气物理、地球物理、宇宙线物理、等离子体物理以及所需要的电子、信息和计算技术等,经过近60年的发展,现已配套齐全;
- 地面监测系统已有一定基础——自1957国际地球物理年以来,在赵九章先生等一辈老科学家的领导下,经过40年的发展,从地面监测中高层大气、电离层、磁层、行星际和太阳的观测台站达60余个,一个监测网已初步形成,观测设备和人员已有一定基础和规模.

##### 2. 现有优势

- 有一支相对年青的精干队伍——自五、六十年代形成的这支近

千人的队伍,相对年青,重要的学术骨干愈百人,获重要的国家和部委级奖励 30 多项,已建立部委级开放实验室 4 个,是我国有国际竞争能力的十个领域之一(中科院周光召院长 1990 年报告).国际日地物理委员会 1994 年曾评价:“中国有一支很好的队伍”;

- 地域优势突出——要实现空间天气的地面全球监测,中国所占的地域位置是唯一能和西半球构成绕地球一圈的空间环境监测链,它对于实现空间天气的地面全球监测来讲,具有重要的地位;中国东临大海、西有青藏高原的地貌特点以及在地磁、电离层的东亚异常区等,所有这些也对建立全球的空间环境模式和灾害性空间天气全球过程的定量了解,都是不可缺少的.
- 合作关系良好——这支队伍通过“75”、“85”先后组织了“太阳活动及激变过程研究”、“22 周峰年整体行为研究”、“南极日地整体行为研究”和“日地系统能量传输过程研究”等全国重大基础性研究以及承担有关航天活动(或工程)方面的空间环境预报等项目,积累了组织多学科、大兵团攻关的经验,有良好的合作基础.

### 3. 存在问题

- 缺乏全国性的计划,把研究部门和需求部门紧密的结合起来,充分利用有限的资源和人力与物力于急需解决的重大目标上,实现全局的宏观调控;
- 缺乏国家稳定支持的经费渠道.目前,国家计划实施重大科学工程《子午工程》,这为在我国建立空间天气学奠定了地面观测基础,这是具有关键意义的重要一步.但是作为一门新学科的建立和发展,需要国家有纳入计划的稳定支持的经费渠道,这个问题还没有解决.当前急需的是围绕建立《空间天气学》,解决需要开展的课题研究经费,初步估计开展《空间天气学》研究每年约需 7-800 万的研究经费,(包括部分计算设备费用),便可组织全国的队伍开展空间灾害性天气过程的研究,为建立《空间天气学》奠定科学基础.现在国际竞争十分激烈,各国都在努力开展空间天气研究,我国若不能不失时机组织队伍开展研究,现在虽还处在与国际学术界同一起跑线的中国很快就会落伍,失去大体同步跨入新世纪、对这一新学科发挥

重要影响的历史机遇.它给发展我国高科技事业带来的损失将是无法估量的.

## 五. 我国对策建议

1. 国家设立《空间天气学》专项研究经费,每年拨出 7-800 百万元用于空间灾害性天气过程研究和提高其预报水平.
2. 国家基金委能在“95”安排跨学部的学科交叉重大项目:《日地空间灾害性扰动过程及其对人类活动的影响》,发挥国家基金委在重大基础研究领域方面的领头作用.
3. 国家基金委牵头,有关部门(包括:国家科委、国防科工委、航天部、邮电、通信、中科院、教委和国家基金委等)共同努力,制定中国的《空间天气学》战略计划(10-15 年),以为适应我国航天、通信、导航、电力等高科技领域的急需,合理利用我国有限资源和人力,集中解决国家急需的空间灾害问题,加速实现部门间协调与配合.

最后,大家热忱希望国家领导、政府有关部门的决策领导和科技界,能给予关注和采取切实的措施来推动我国的《空间天气学》的建立和发展,为增强我国的综合国力和实现国家目标,作出重要贡献.

(此次会议是由中科院日球物理数值研究开放实验室承办的).