

Space Weather Services in CMA



Dan DU, Guanglin YANG

**National Center for Space Weather
China Meteorological Administration**





Outline

1

The Role of SW Services

2

SW Services Classification

3

Review of SW Services

4

Future SW Services

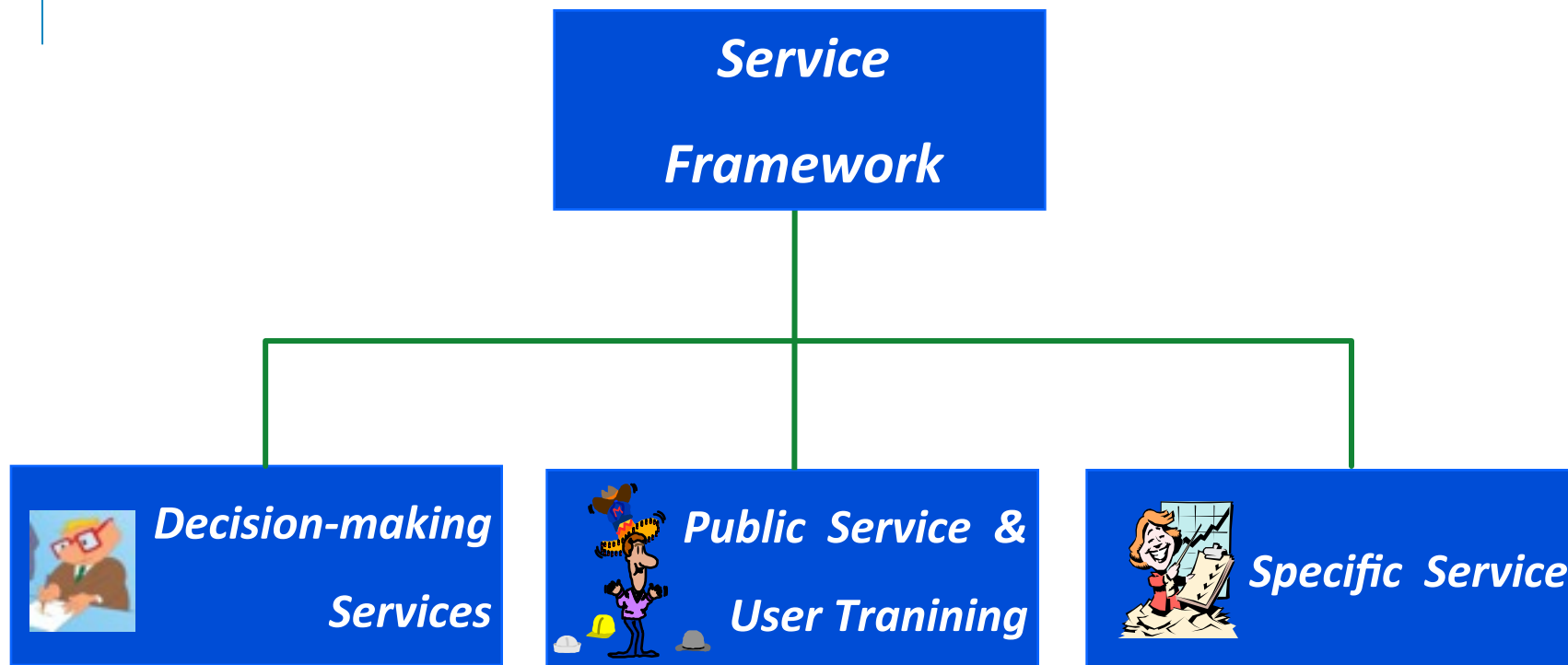
The Role of SW Services



- Service is an important part in SW operation
- Service is the start point and final goal of the SW operation
 - Analyze requirements of users
 - Facilitate exchanges of information between users and scientists to promote potential applications
 - Facilitate development of SW observation and forecasting
 - Deliver SW information to users to mitigate SW effects on technological systems



SW Services Classification



Decision-making Service



- Before or when some significant disastrous space weather events or some important society activities occur, our services will be provided to decision-maker in time.
- The services products include special bulletin about space weather forecasting and warning, and suggestions to mitigate risks.
- During the Beijing 2008 Olympic games and the 60th anniversary of the founding of the People's Republic of China, we provided services products to communication satellites company to ensure communication and broadcast safety. And we received acknowledge from these customers.



Decision-making Service

Special Bulletin Issued in March, 2007: The Increasing Space Weather Activities in Five Years

重大气象信息专报

第 43 期

中国气象局

2007 年 3 月 13 日

新的太阳活动周期将从今年夏季开始 未来 5 年我国空间天气灾害将逐年增加

摘要：预计太阳活动将在 2007 年 5 月出现极小值，超过极小值之后，太阳活动将进入为期 11 年的新活动周（第 24 周），未来 5 年正处于第 24 太阳活动周的上升期。在此期间，太阳活动将会变得日益频繁，空间天气灾害将逐年增加。受空间天气灾害的影响，未来 5 年我国航天、卫星、国防、通讯、导航定位、长距离管网等系统的安全将受到全局性的威胁，大气活动以及生物活动等也将受到明显影响。

相关部门应加大对空间天气灾害的关注程度，提前做好应对准备。重点加强航天活动的空间天气服务，为航天活动提供及时有效的空间天气实时监测和趋势预测。建议各部门间协同努力，加强相关研究工作，有效减缓空间天气危害。进一步加强空间天气监测，尽早建立基于国内数据的空间天气灾害减缓与应急服务系统。

一、未来 5 年空间天气灾害将呈逐年增加趋势

空间天气灾害的源头是太阳活动，太阳活动的显著存在 11 年左右的周期。目前，太阳活动正处于第 23 太阳活动周（期）。

预计 2007 年 5 月将出现太阳活动极小值，并以此为界，第 24 太阳活动周期开始，在 2012 年前后到达最盛期（图 1）；即未来 5 年正处于第 24 太阳活动周的上升期。

二、空间天气灾害对我国经济社会和国防安全的危害将会不断增加

未来 5 年，随着新的太阳活动周的开始，太阳风暴将逐年增多，空间天气灾害将会日益频繁，受空间天气灾害的侵袭，航天活动的安全将受到严重威胁，卫星、通讯、导航与定位、电力等长距离管网系统将受到强烈干扰并出现更多故障或异常（图 2），天气和气候以及生物活动等也将受到影响。

随着国民经济和国防技术的发展及上述各技术领域对高技术依赖性的日益增加，我国经济社会和国防安全对空间天气灾害的敏感性以及受到空间天气灾害的危害均将不断增加，我国经济社会和国防安全对空间天气保障的需求异常迫切。

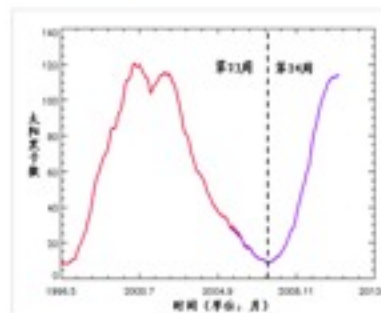


图 1. 第 24 太阳活动周将于 2007 年 5 月前开始

(注：太阳活动周期 11 年中的一个周期，红虚线为历史记录，蓝虚线为预测值)

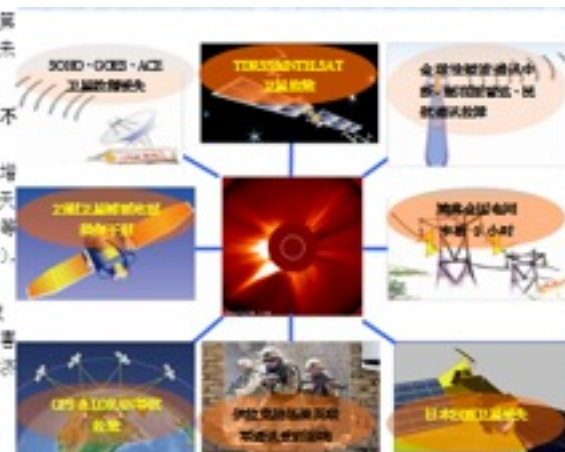


图 2. 2003 年 10 月空间天气灾害后展示例

三、空间天气灾害应对措施

1. 加强航天活动的空间天气服务

加强航天活动的空间天气服务，在卫星发射或载人航天等航天活动之前进行活动期间的空间天气趋势分析和预测，选择空间天气较为平静的期间作为航天活动的时间窗口；依据实时空间天气监测数据捕捉宇航员出舱时机。

2. 加强部门间协同研究，有效减缓空间天气危害

加强航天、通讯、导航、定位、电力、石油等相关部门与空间天气业务部门的合作交流，部门间协同努力，进一步研究有效的方案与策略，减缓空间天气的危害。例如，手机基站建设将把空间天气因素考虑进去，可以有效减少手机掉线。

3. 加强空间天气监测

加强空间天气监测，这包括加强空间天气监测仪器的研制和加密空间天气监测布站。

Decision-making Service

Special Bulletin Issued in March, 2007: The Increasing Space Weather Activities in Five Years

重大气象信息专报

第 43 期

中国气象局 2007 年 3 月 13 日

**新的太阳活动周期将从今年夏季开始
未来 5 年我国空间天气灾害将逐年增加**

摘要：预计太阳活动将在 2007 年 5 月出现极小值，越过极小值之后，太阳活动将进入为期 11 年的新活动周（第 24 周），未来 5 年正处于第 24 太阳活动周的上升期。在此期间，太阳活动将会变得日益频繁，空间天气灾害将逐年增加。受空间天气灾害的影响，未来 5 年我国航天、卫星、国防、通讯、导航定位、长距离管网等系统的安全将受到全局性的威胁，大气活动以及生物活动等也将受到明显影响。

相关部门应加大对空间天气灾害的关注程度，提前做好应对准备。重点加强航天活动的空间天气服务，为航天活动提供及时有效的空间天气实时监测和趋势预测。建议各部门间协同努力，加强相关研究工作，有效减缓空间天气危害。进一步加强空间天气监测，尽早建立基于国内数据的空间天气灾害减缓与应急服务体系。

一、未来 5 年空间天气灾害将呈逐年增加趋势

空间天气灾害的源头是太阳活动，太阳活动的显著存在 11 年左右的周期。目前，太阳活动正处于第 23 太阳活动周（期），

预计 2007 年 5 月将出现太阳活动极小值，并以此为界，第 24 太阳活动周期开始，在 2012 年前后到达最盛期（图 1）；即未来 5 年正处于第 24 太阳活动周的上升期。

二、空间天气灾害对我国经济社会和国防安全的危害将会不断增加

未来 5 年，随着新的太阳活动周的开始，太阳风暴将逐年增多，空间天气灾害将会日益频繁，受空间天气灾害的侵袭，航天活动的安全将受到严重威胁，卫星、通讯、导航与定位、电力等长距离管网系统将受到强烈干扰并出现更多故障或异常（图 2），天气和气候以及生物活动等也将受到影响。

随着国民经济和国防技术的发展及上述各技术领域对高技术依赖性的日益增加，我国经济社会和国防安全对空间天气灾害的敏感性以及受到空间天气灾害的危害将不断增加，我国经济社会和国防安全对空间天气保障的需求异常迫切。

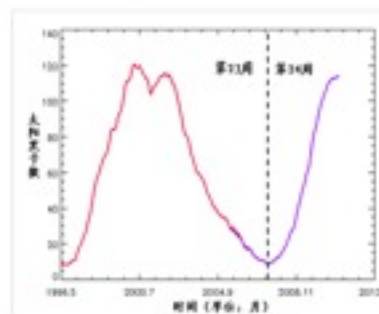


图 1. 第 23 太阳活动周至第 24 太阳活动周过渡示意图

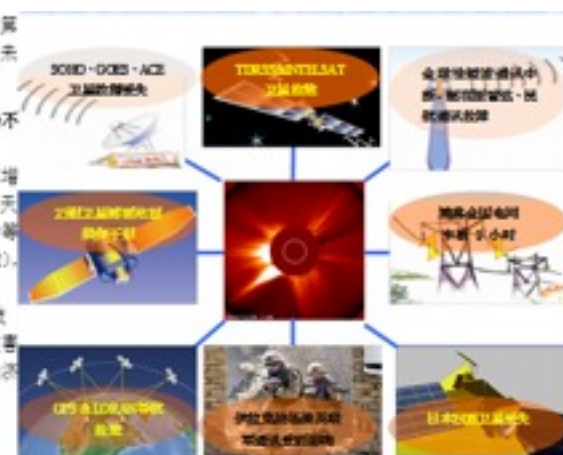


图 2. 2003 年 10 月空间天气灾害后展示图

三、空间天气灾害应对措施

1. 加强航天活动的空间天气服务

加强航天活动的空间天气服务，在卫星发射或载人航天等航天活动之前进行活动期间的空间天气趋势分析和预测，选择空间天气较为平静的期间作为航天活动的时间窗口；依据实时空间天气监测数据捕捉航天员出舱时机。

2. 加强部门间协同研究，有效减缓空间天气危害

加强航天、通讯、导航、定位、电力、石油等相关部门与空

Has received written comments from
Chinese Premier Wen

Public Service & User Training



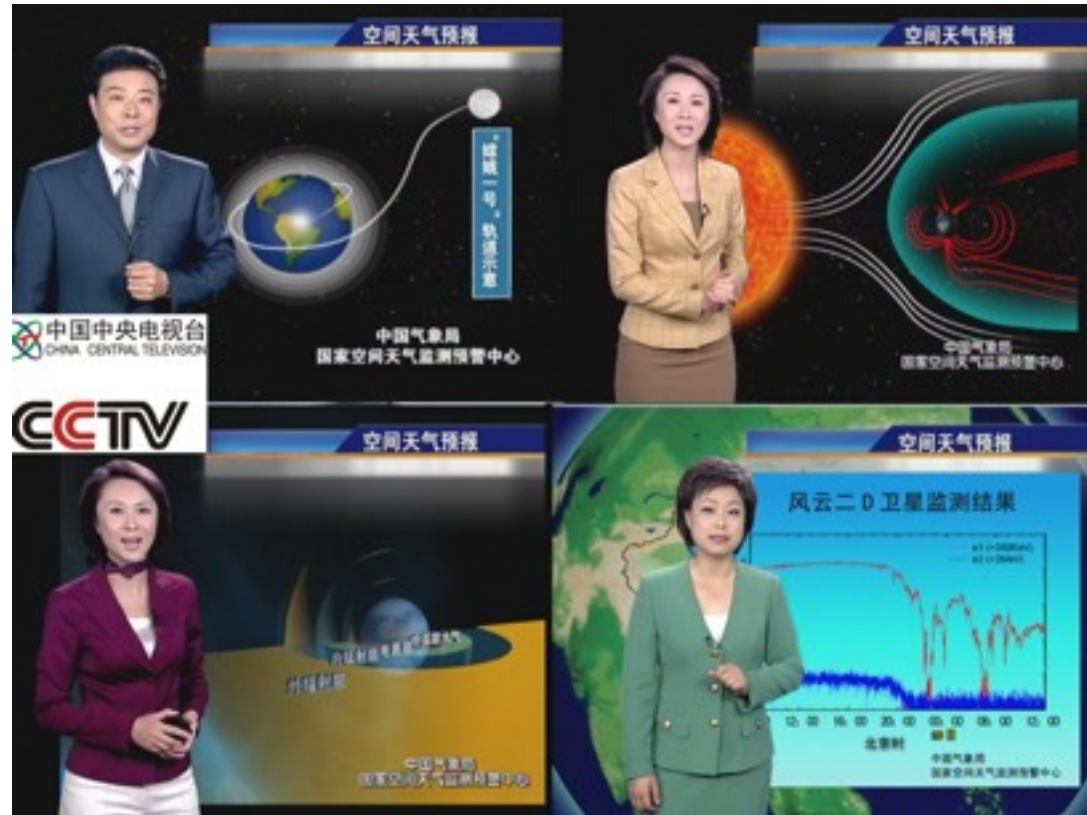
- Public services generally refer to public education and training, such as
 - exchanging forecasting techniques and expertise
 - exchanging knowledge on user requirements
 - providing public education and outreach material



Public Services



NCSW currently delivers SW services products to users through hard-copy bulletins, internet, cell phone message, e-mail, special column of the China Meteorological Newspaper, and TV, etc.



We have broadcasted space weather forecasting on CCTV for several times so that the public can acquire SW information immediately.



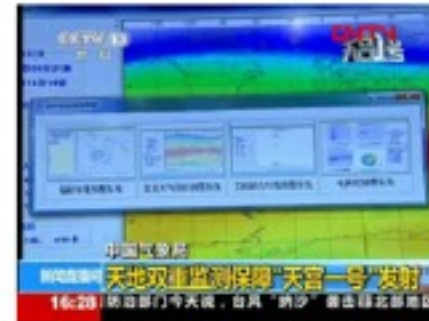
Public Services



World Meteorological Day, 3.23



The World Expo 2010 Shanghai



China Weather TV



Effects of severe space weather events

SW can influence the performance and reliability of space-borne and ground-based technological systems, and can endanger human life or health of astronaut crews outside the magnetosphere, as well as aviation flight crews and passengers on trans-polar flights.



The growing importance of space to security and economic wellbeing requires we develop the effective emergency response to mitigate the deleterious effects of severe space weather.

Specific Services



Specific services refer to services for four types of users based on their special requirements of space weather

Aerospace

Spacecraft, Astronaut, Payloads etc.

Wireless Communication

Communication, Navigation,
Positioning

Ground Technology

Electric Power Grid, Pipeline,
Aviation

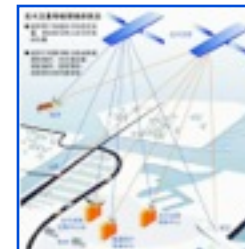
Life System



Review of Professional Services

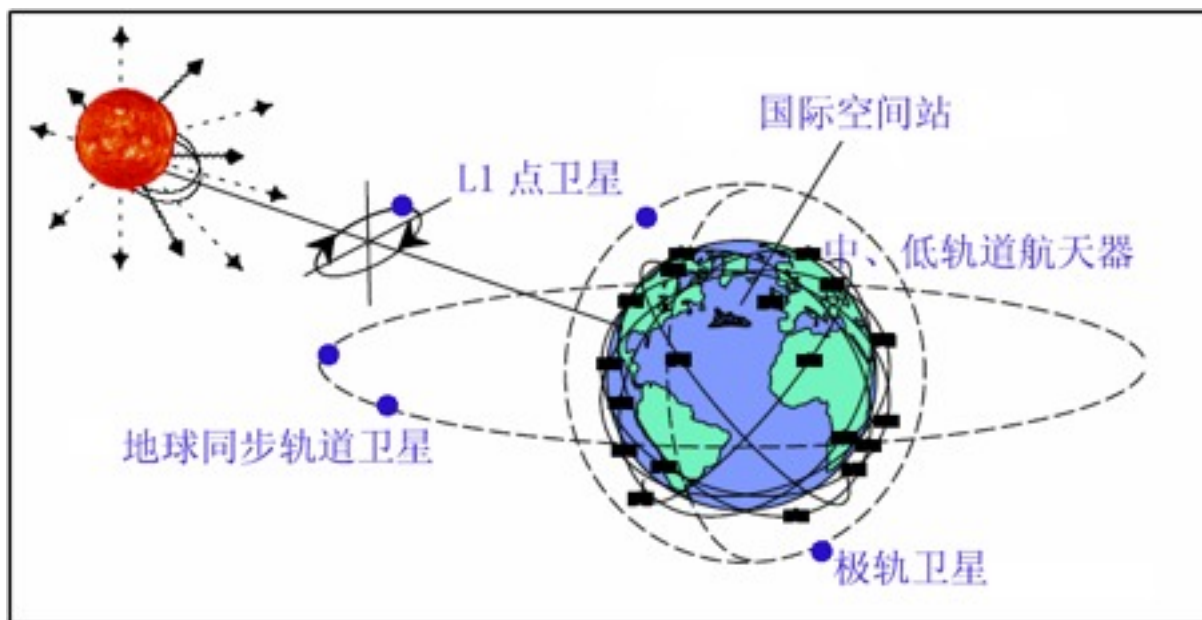


- Fengyun Satellite Serials
- Chang'e Satellite
- Shenzhou Serials & Tiangong-1
- Beidou System
- Communications Satellites
- State Grid
- ...



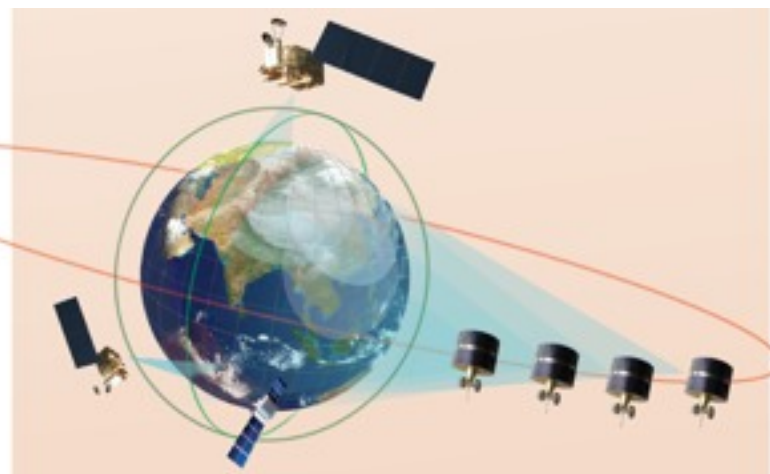
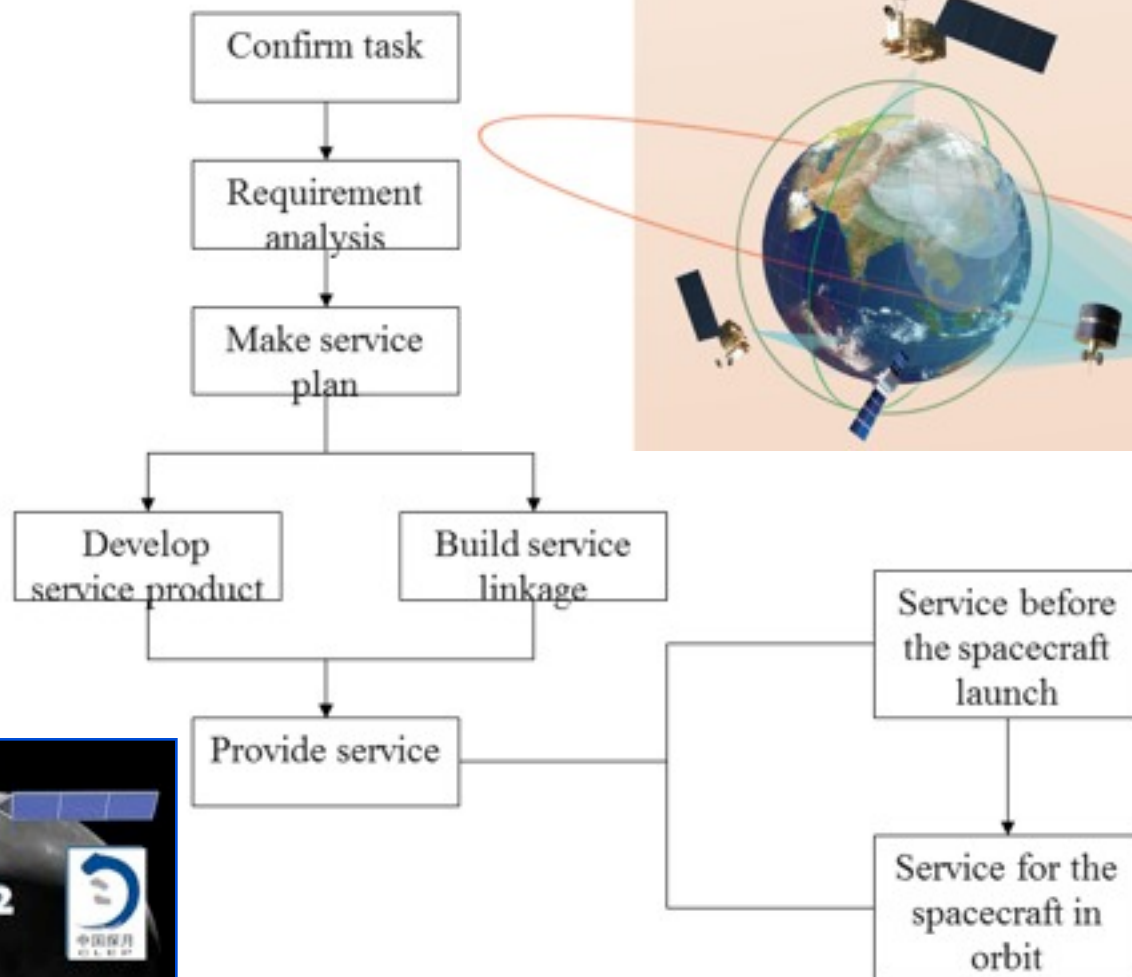
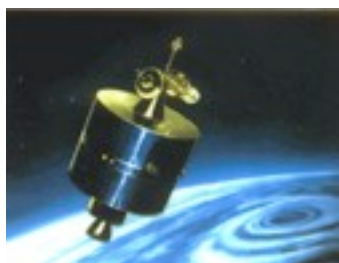
Aerospace

Spacecraft, Astronaut, Payloads etc.

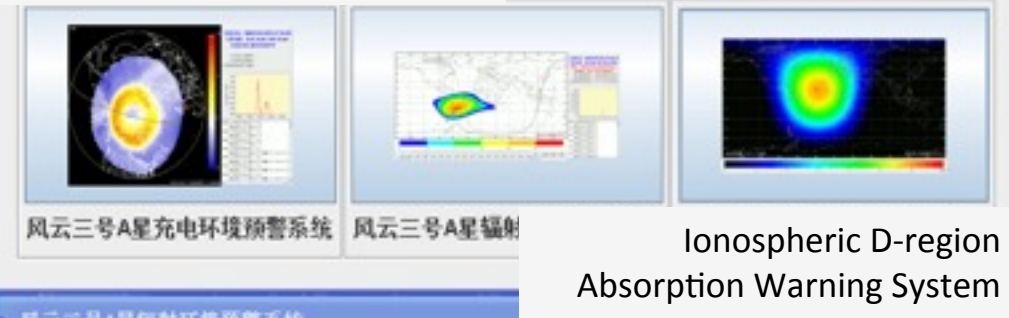


Some statistical studies show that about 40 percent anomalies in spacecraft are due to space weather.

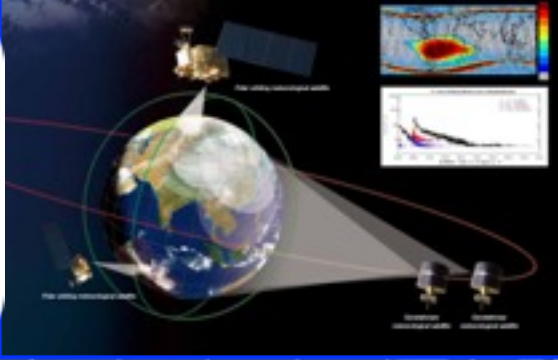
Operational Process for Areospace Service



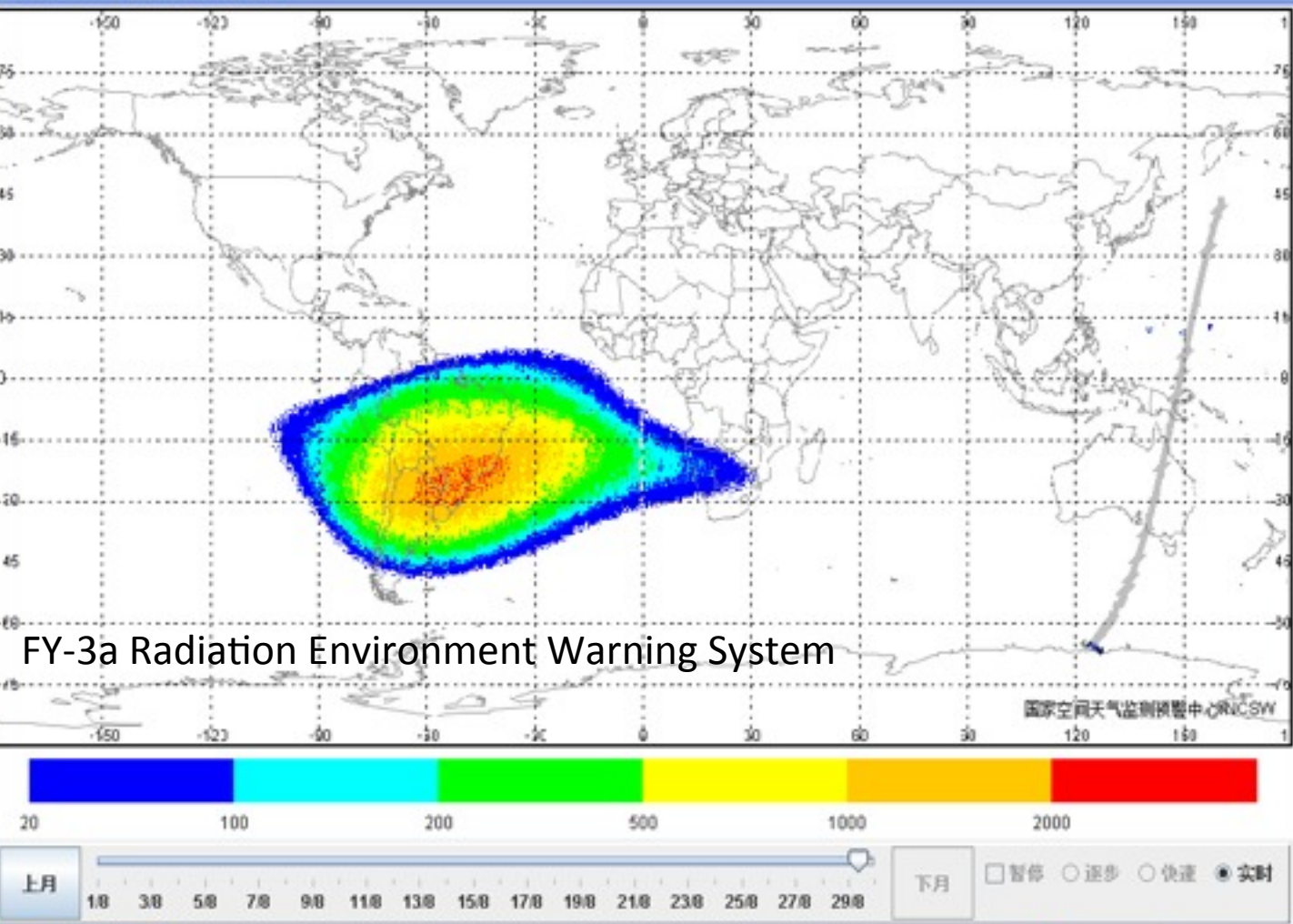
FY-3A Charging Warning System



Services
for FY-3
Launching
and
in Orbit

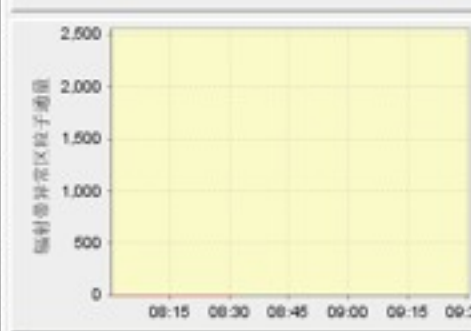


风云三号A星辐射环境预警系统



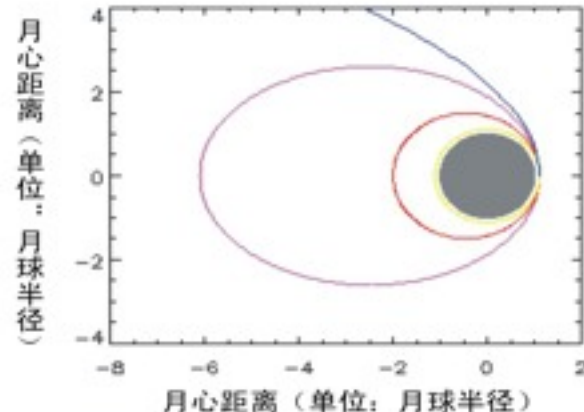
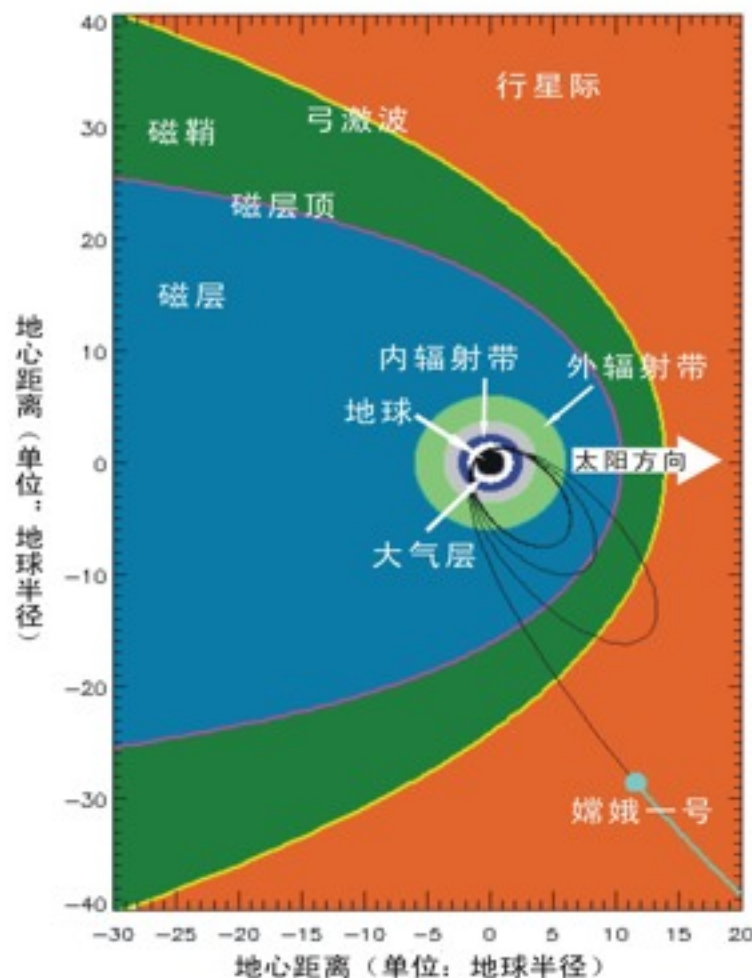
FY-3a Radiation Environment Warning System

当前时间: 2008年08月29日08:31:24
卫星位置: 经度 124.11° 纬度 -65.84°
卫星没有在南大西洋异常区中
下次进入异常区时间: 2008年08月29日08:50:49
下次离开异常区时间: 2008年08月29日09:04:51
可能遇到的最大通量: 2127.75 个每平方厘米每秒



时间: 2008年08月29日08:23:05	卫星经度 139.59° 纬度 -37.43°
时间: 2008年08月29日08:23:06	卫星经度 139.58° 纬度 -37.49°
时间: 2008年08月29日08:23:07	卫星经度 139.56° 纬度 -37.55°
时间: 2008年08月29日08:23:08	卫星经度 139.54° 纬度 -37.61°
时间: 2008年08月29日08:23:09	卫星经度 139.52° 纬度 -37.67°
时间: 2008年08月29日08:23:10	卫星经度 139.50° 纬度 -37.72°
时间: 2008年08月29日08:23:11	

Lunar Exploration Program: Chang'e-1



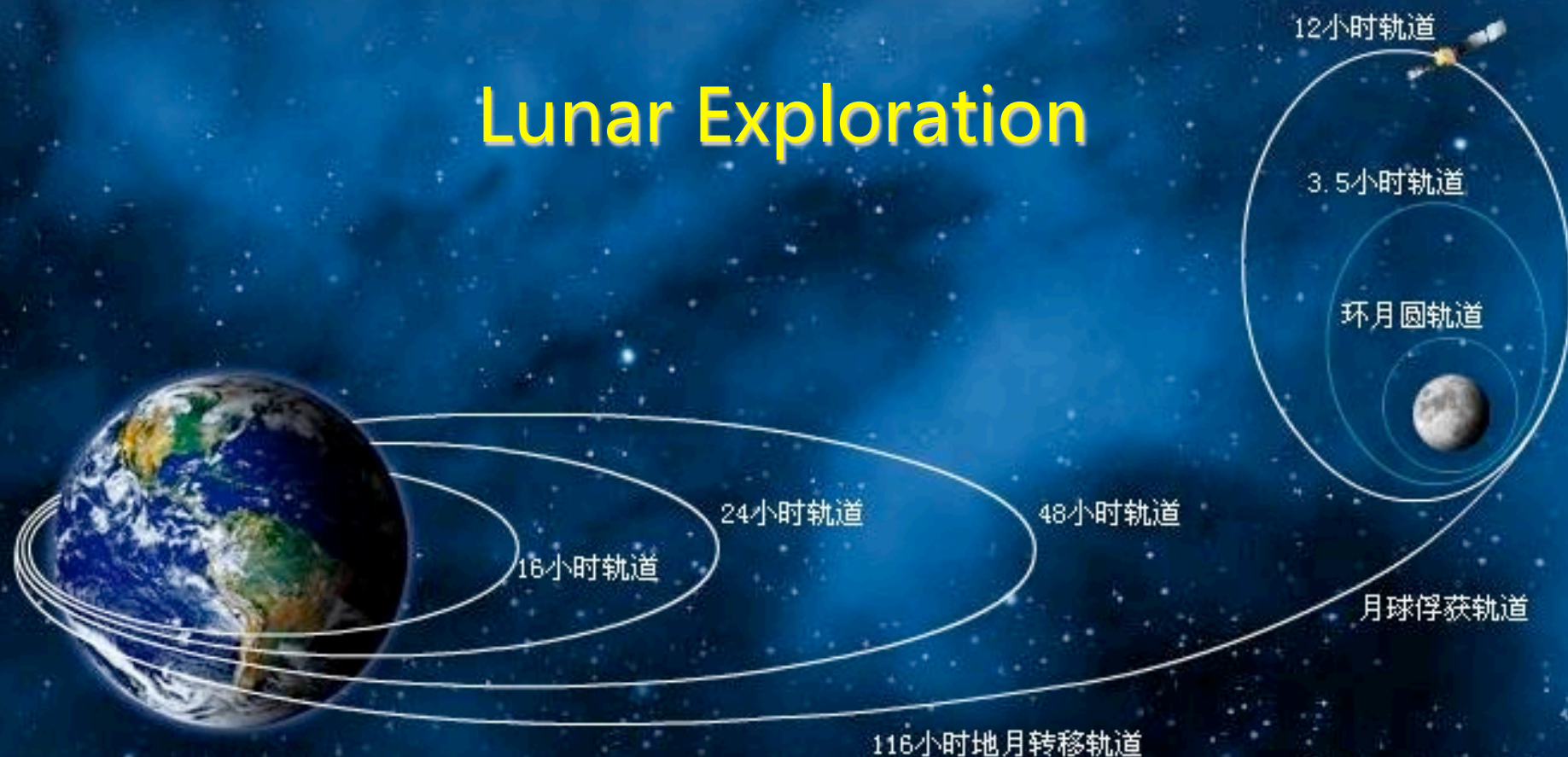
“嫦娥一号”将依次经过特性完全不同的多个空间区域：大气层、内辐射带、外辐射带、磁层、磁鞘和行星际等，卫星入轨后还将随着月球一起不停地穿越磁层及周边区域。太阳活动会导致上述多个乃至全部区域的剧烈变化，因此必须关注空间天气的影响。

中国气象局
国家空间天气监测预警中心



嫦娥探月轨道图

Lunar Exploration



空间天气公报

“嫦娥一号”空间天气服务

《第三輯》

第 247 期 总第 247 期

中国气象局国家空间天气监测预警中心 2007 年 10 月 23 日

20. 综合 24 小时天气预报

◆ 全國各地分館

太阳活动水平较低。可见日面上没有黑子；太阳风速度低，400 公里/秒左右；磁暴之强度弱。

地址: 100000 北京

這幅畫的尺碼與眾不同，最大幅的數字是 2

編者 吳世榮 盧國雄 謝志強

地轴同赤道面成夹角 23.5° ，南北纬 23.5° 范围内的地区，即南北回归线之间的地区，称为热带。南北纬 23.5° 至 66.5° 之间的地区，称为温带。南北纬 66.5° 至 90° 之间的地区，称为寒带。

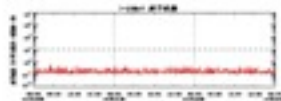
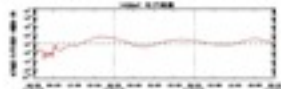


图 1 为研究区地质构造图。

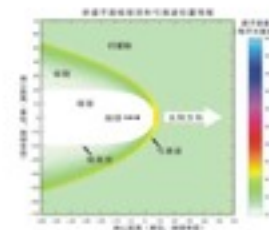


图 1 总课时 60 节 (30 节) 中 60 课时的分布图

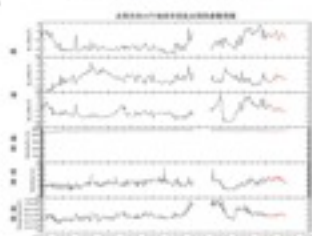
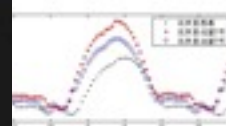
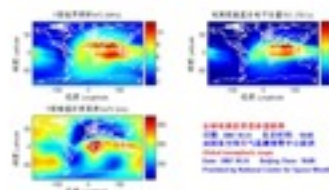
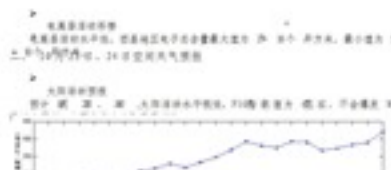


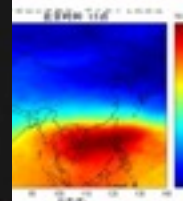
图 1 1997 年 2 月 20 日 20 时 00 分 10 秒地震震中位置

根据患者体位的不同,可将下肢、可屈曲上肢、平卧位一类的无肌肉运动的(被动)分量,固定,并测出温度。然而效果,却与正常患者并无差别(见表4)。由此引起的温度效果,将随着肌肉活动上肢及下肢运动,约在15分、30分、



1998年12月，26位国际著名经济学家对世界

【用法】(1) 煎服法：将药片 3 片，加水 200 毫升，煎至 100 毫升，分 2 次服，每日 2 次。



1. 统一归并 集中管理 集中核算 集中支付 集中监督

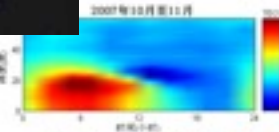


图4 直径130° 电扇用150° 塑料风筒的改进设计

投票者	提交时间 (北京时间)	提交内容		提交人所属 单位(地区)	说明
		标题	内容		
张子强	11月14日11时	20P	2P	10	提交部分投票人信息
张强强	11月12日16时	20P	2P		以张强强、潘天江为投票者可知张强强(20P, 2000, 10)

[illegible]

目前，“嫦娥一号”还在48小时周期轨道上运行，依然处在行星际空间，明天上午它将再次回到地球磁层。

预计未来48小时，空间天气比较平静，不会影响卫星运行。

中国气象局
国家空间天气监测预警中心



图 1 2008 年 12 月 24 日 0000 时至 06 时 30 分南澳附近海域内气团演变情况

[illegible][illegible]

1000

Space radiation environment before the astronaut went out the “Shenzhou-7” spaceship (16:37:43)

辐射环境和航天员辐射预警系统

当前北京时间和飞船位置

当前时间: 2008年09月27日16:37:43

飞船位置: 经度 28.53° 纬度 -20.33°

飞船辐射环境和航天员外遭受剂量

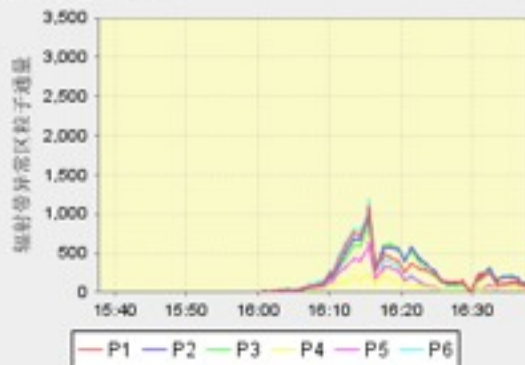
警告: 飞船正在南大西洋异常区中

当前通量: 87.36 个/平方厘米/秒

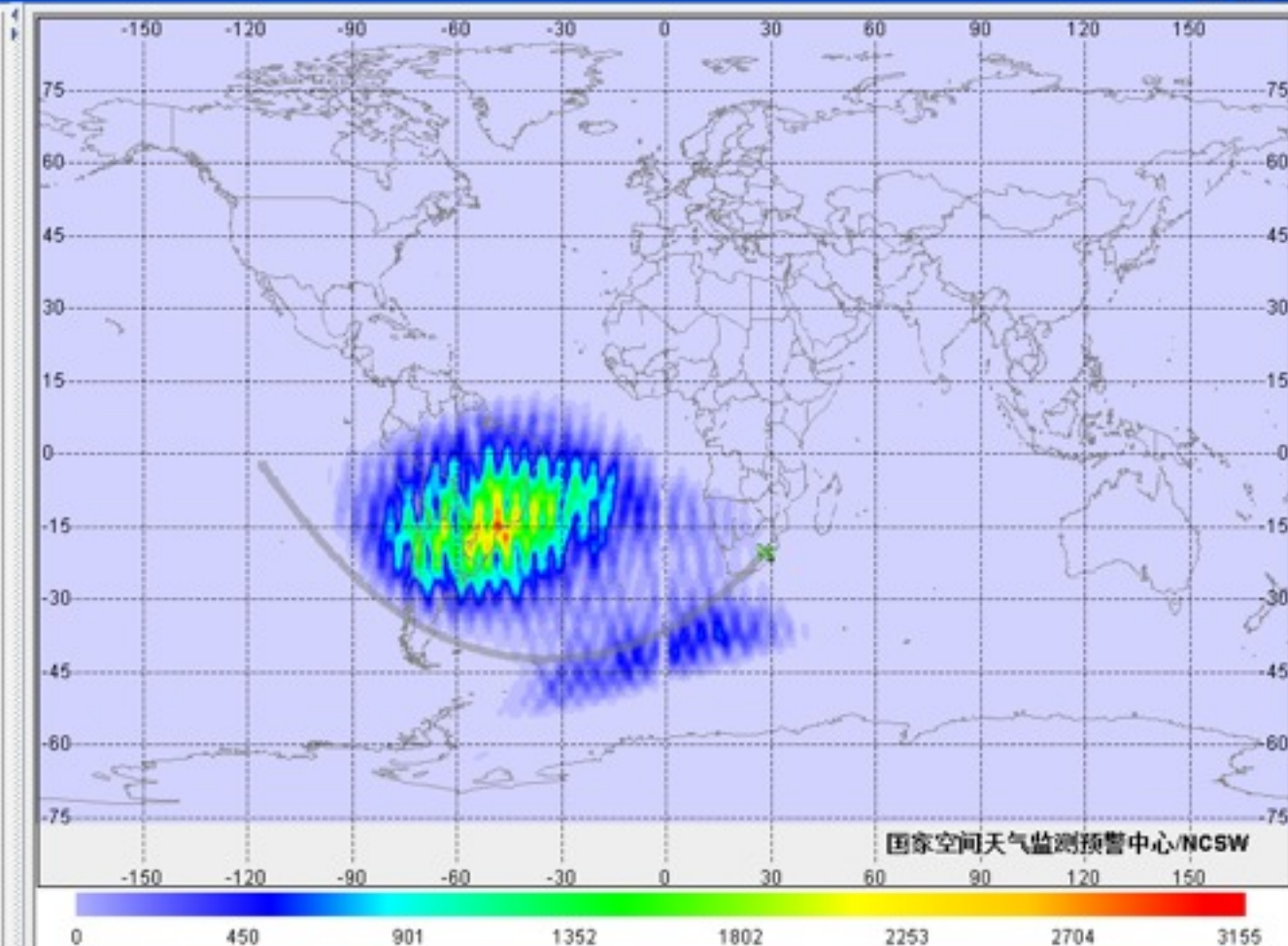
半小时累积剂量	晶状体	造血器官
吸收剂量: 2.25E-05 rem	3.34E-06 rem	
辐射剂量: 2.01E-05 rad	3.52E-06 rad	

航天员不宜出舱

辐射带粒子通量



中国气象局





北京时间 9 月 27 日 08 时至 28 日 03 时航天员出舱窗口预报
(按舱外活动 30 分钟预报)

序号	开始时间 (北京时间)		结束时间 (北京时间)	窗口时长 (分钟)
1	27 日	08:37	09:23	46
2		10:12	10:55	43
3		11:47	12:28	41
4		13:22	14:01	39
5		15:01	15:34	32
6		16:39	17:18	38
7		18:13	18:55	42
8		19:48	20:31	43
9		21:22	22:06	44
10		22:55	23:42	47
11	28 日	00:26	01:18	52
12		01:54	02:53	58



时航天员出舱窗口预报 (预报)

北京时间 (北京时间)	窗口时长 (分钟)
9:23	46
10:55	43
12:28	41
14:01	39
15:34	32
16:39	38
18:13	42
22:55	47
00:26	52
01:54	58

**We successfully forecasted the
time window for the space walk**

■16时35分12秒，翟志刚开始开启轨道舱舱门。

■16时38分，轨道舱舱门正在打开。 **Went out**

■16时41分12秒，航天员翟志刚走出轨道舱舱门，以头先脚后的方式进入太空。

■16时44分许，翟志刚向地面报告：“神舟七号已出舱，身体感觉良好，向全国人民，向全世界人民问候。”

■16点45分17秒，翟志刚在太空迈出第一步，中国人的第一次太空行走开始了。

■16时47分许，翟志刚在太空挥舞五星红旗。

■16时51分，翟志刚在太空中回收固体润滑材料，并将它交给轨道舱内的刘伯明。

■16时53分，翟志刚在太空中漫步。

■16时55分，翟志刚在轨道舱顶端移动。

■16时56分，翟志刚报告：准备返回轨道舱。

■16时58分，翟志刚顺利返回轨道舱，成功完成舱外活动。 **Back**

■16时59分，航天员开始关闭轨道舱舱门。

■17时00分35秒，舱门完全关闭。

2	27 日	15:01	15:34	32
6		16:39	17:18	38
7		18:13	18:55	42
8				
9				
10		22:55	23:42	47
11	28 日	00:26	01:18	52
12		01:54	02:53	58

Space Environment Anomalies Forecast System for Communication Satellites



Based on our analysis, the satellite company decrease their response time of one of anomalies from 30 minutes to about 1 minute.

空间天气公报

5月9—10日重庆电离层明显异常
与相关研究中报道的震前异常特征相符

专报第54期 总第305期

中国气象局国家空间天气监测预警中心

2008年5月12日

北京时间2008年5月9日午后至日落时，中国气象局11电离层监测站观测到电离层异常（图1）。中国无线电研究所的监测表明，9—10日午后至日落时，全国大部分区域电离层F2层临界频率（ f_oF2 ）明显增加，9日16时重庆 f_oF2 较正常值增加约30%以上（图2），9日夜间 f_oF2 较正常值增加约40%（图3）。在此期间，太阳活动平静，也无耀斑活动。

本次大范围电离层异常符合有关统计研究结果：

1. 中国中纬地区（ $10^{\circ} - 40^{\circ}N$ ）2级以上大磁暴的发生时间多处在太阳活动周的下降段或谷段，目前正处于太阳活动的谷段；
2. 在地震发生后（前3天—后3天），震中附近上空电离层多有异常扰动。本次电离层异常发生在地震前3天；
3. 异常最早出现时间为地方时14—16时。本次电离层最大异常发生在地方时16时；
4. 电离层异常范围与震级呈现正相关关系。本次震级为2级，全国大部分电离层监测台站均有响应；

5. 地震前后电离层异常多为负异常，但也有正异常。本次异常为正异常。

以上结论主要用于事后分析，以此为依据或预测强地震的实例未见有公开报道。

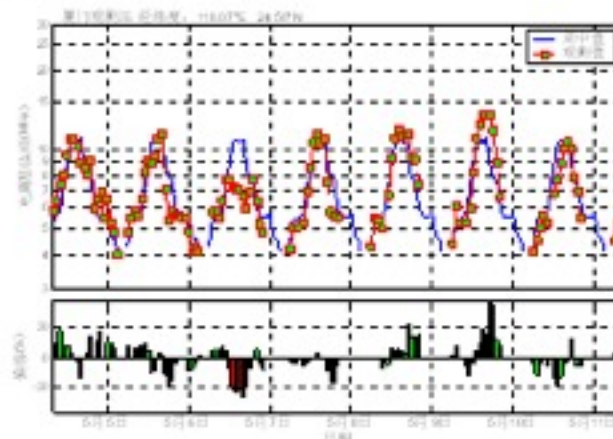


图1 5月9日厦门电离层临界频率增大

When Wenchuan Earthquake occurred on May 12th, we responded immediately, to make special bulletin and take part in National Meteorological Center of CMA's meeting.

Users Conference in May, 2012



Requirement Analysis

用户	影响与需求	现有能力	监测需求	预报需求	技术攻关
民航	- 在空间天气灾害到来之前,做好必要的准备(如航线飞行降低飞行高度或改变航路,改变飞行计划,关闭 WAAS 服务等),可以减少损失及危害。 - 能够及时准确地得到预报信息非常重要,并且预报越早可能越好。从最低高度来说,预报提前 6-8h 会比较好。从飞机操作及计划的角度,可以接受的最低提前量大概由 3-4h,以便及时地制定决策。 - 运行标准、产品种类、服务流程的国际标准和规范都有统一制定。	目前使用 SWOPC 的 GMS 指数	PEC 品牌 国际监测 测高仪 地面	1. 参数的定量 化预报	1) 收集空间天气影响航空 航线飞行的事件,通过深入 分析,确定空间天气对航 线飞行的影响因素;与相 关航空公司建立用户调 研,综合分析各空间天气 因素对航空航线飞行的 影响程度,确定在机场 航空航线飞行中空间天 气因素所需关注的程度, 按照用户需求,制定航 空航线飞行指数等级标准。 2) 针对民航新技术的应用 需求,设计实用的服务产 品。
航天通信	- PCA (极谱效应) 引起的无线电中断 1 事件会导致通信系统瘫痪,影响事件甚至完全中断,造成飞机必须改变飞行高度或航路,大大增加飞行成本。 - 航天飞行过程中的通信必须严格按照标准	1) 未来三天最高概率 预报; 2) 根据最新的风云卫 星中微粒子通量观 测值,计算粒子总		1) 定量定量 预报 2) 粒子事件 持续时间 的程度	



The theme was to exchange experiences in terms of the SW services, learn the demands in aviation safety, satellite communication and aerospace TT&C so as to improve China's SW forecasting and warning services.

- With the increasing use of satellite systems in the modern society the need of improved services in space weather monitoring and forecasting is obviously becoming crucial.
- Before 10th anniversary of NCSW, SW users conference was held in Beijing.



- Establish regulation for
 - Quick service response
 - Quality assessment of service
 - Mechanism for exchanging information
 - Index system for users
 - Unified issue regulation for SW forecasting and warning
 - Specific warning criterion for significant disastrous SW events
- Build system for
 - Collecting space weather disasters
 - Responding service quickly
 - Making service products
 - Distributing service product promptly
 - Estimating the benefits of service

Future SW Services



Aerospace

- Radiation environment warning;
- Orbital decay forecasting

Wireless Communication

- Error correction for Navigation and Positioning
- Radio communication environment
- Communication Environment between satellite and ground station

Ground Technology

- High energy radiation intensity on the aviation altitude based on FY satellites observations
- GIC effects

Life System

- Radiation environment for astronauts, aircrews, and passengers





Thank You!