

## 2025年12月份空间环境形势预测

预计2025年12月份太阳活动水平以低至中等为主，将产生M级耀斑，有可能产生X级耀斑，并有可能引发太阳质子事件。太阳F10.7将在120~210之间波动。

预计2025年12月份地磁活动以平静至微扰为主。受多个重现性冕洞高速流的影响，3~5日、22~27日、31日地磁可能达到活跃至磁暴水平；可能会爆发朝向地球的日冕物质抛射（CME），引发地磁暴。

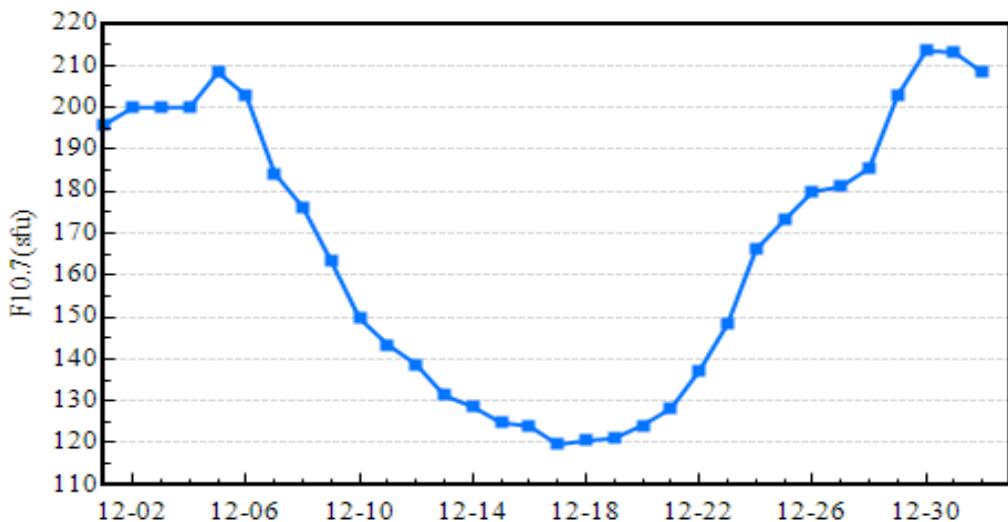


图1 2025年12月份太阳10.7厘米射电流量预测  
(数据源自预报中心太阳10.7厘米射电流量中期预报模式)

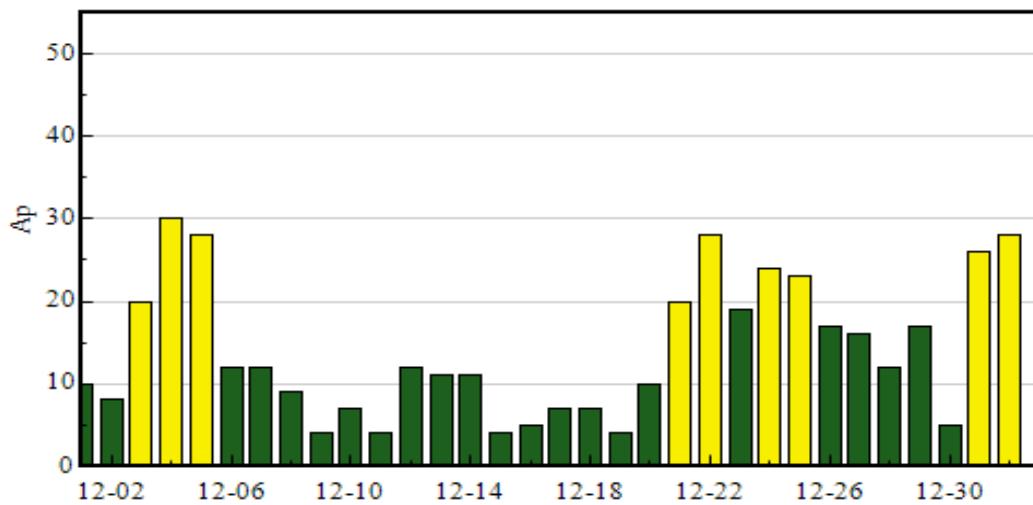


图2 2025年12月份地磁Ap指数预测  
(数据源自预报中心地磁Ap指数中期预报模式)

## 2025年11月份空间环境概述

11月份太阳活动有9天达到高水平、4天达到中等水平，其余时间均为低水平；共产生6个X级耀斑，23个M级耀斑；12日发生大太阳质子事件、11日和13日发生中等太阳质子事件、10日和14日发生小太阳质子事件；地磁活动有1天达到特大磁暴水平( $K_p=9$ )、2天达到大地磁暴水平( $K_p=7$ 或 $8$ )、2天达到中等地磁暴水平( $K_p=6$ )、3天达到小地磁暴水平( $K_p=5$ )、10天达到活跃水平( $K_p=4$ )。有10天发生小高能电子暴事件。

**太阳活动**：11月份太阳活动在3~5日、9~11日、14日和28~29日达到高水平，2日、6~7日、16日达到中等水平，其余时间为低水平。日面上共出现过27个活动区(AR4267、AR4269、AR4272~AR4296)，共产生6个X级耀斑和24个M级耀斑。11月份月均黑子数为91.77，月均太阳10.7厘米射电流量为140.87sfu。

11月10日11:25~13日16:50UT期间，地球同步轨道大于10MeV高能质子通量最高达到大质子事件水平，峰值通量为1460pfu。14日09:20~13:25UT期间，地球同步轨道大于10MeV高能质子通量达到小质子事件水平，峰值通量为17pfu。

**太阳风和地磁活动**：11月份地磁主要有6次地磁扰动过程。受重现性冕洞高速流的影响，11月2~3日地磁有18小时达到活跃水平；受11月3日CME和重现性冕洞高速流等的共同影响，11月5~6日太阳风速度最高达到650km/s左右，地磁有3小时达到大磁暴水平，6小时达到中等磁暴水平，9小时达到小磁暴水平，9小时达到活跃水平；受5日CME和重现性冕洞高速流共同的影响，7~8日太阳风速度最高达到850km/s左右，地磁有3小时中等磁暴水平，15小时达到小磁暴水平，9小时达到活跃水平；受9~11日CME的影响，12~13日太阳风速度最高达到960km/s左右，地磁有3小时达到特大磁暴水平，15小时达到大磁暴水平，6小时达到中等磁暴水平，12小时达到小磁暴水平，6小时达到活跃水平；受14日CME和重现性冕洞高速流共同的影响，16~17日太阳风速度最高达到730km/s左右，地磁有12小时达到活跃水平；受多个重现性冕洞高速流的影响，25日太阳风速度最高达到800km/s左右，23~30日地磁有12小时达到小磁暴水平，93小时达到活跃水平；其余时间地磁平静至微扰。

1~3日、11日、25~30日地球同步轨道大于2MeV高能电子日积分通量达到小高能电子暴水平( $1.0E8 \leq Flux < 1.0E9$ )。

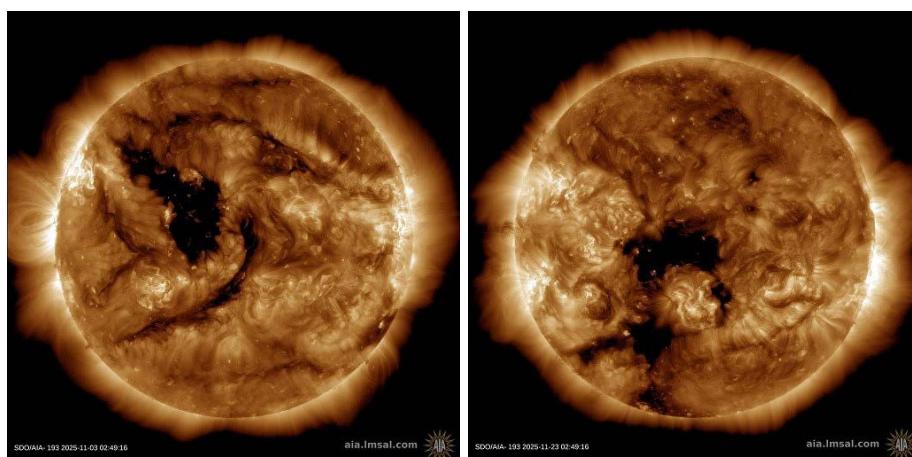


图3 2025年11月冕洞 (SDO卫星观测数据)

## 2025 年 11 月份空间环境概述

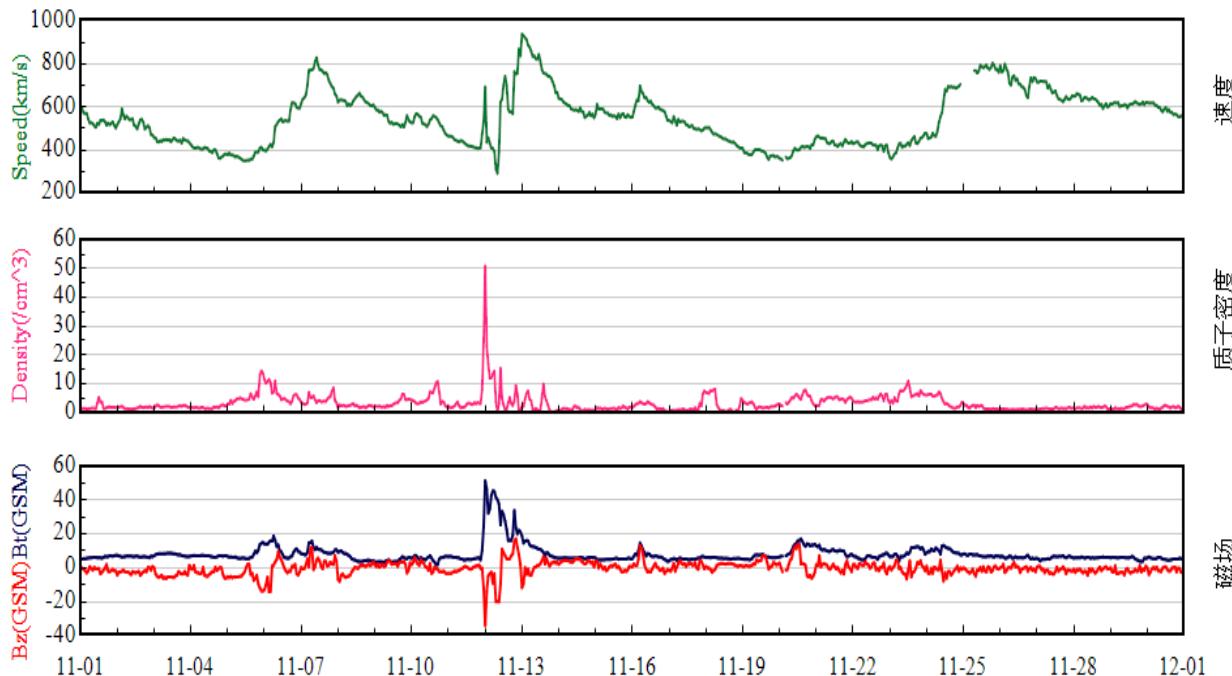


图 4 2025 年 11 月行星际太阳风和磁场 (ACE 卫星观测数据)

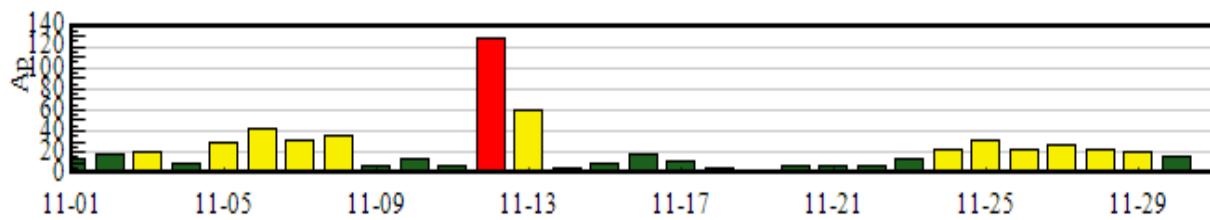


图 5 2025 年 11 月地磁 Ap 指数

## 电离层环境

**电离层环境:** 9 日和 14 日中国区域发生电离层突然骚扰 (SID) 事件。10 ~ 14 日发生极盖吸收事件。11 月份 L 波段电离层闪烁现象明显减少, 海南富克站闪烁天数为 6 天。12 日中国区域发生电离层暴事件。

**电离层突然骚扰:** 11 月份太阳共爆发 6 个 X 级耀斑和 23 个 M 级耀斑。9 日和 14 日中国区域发生电离层突然骚扰事件。

表 1 电离层突然骚扰和 X 射线耀斑情况 (时间: UT)

日期	X 射线耀斑				峰值时刻 日下点经 纬度	SID 影响区域
	开始	最大	结束	级别		
11 月 09 日	07:01	07:35	07:55	X1.7	62.2 E, -17.7N	中国部分地区
11 月 14 日	07:44	08:30	08:40	X4.0	48.6 E, -19.3N	中国大部分地区

**极盖吸收:** 11 月 10 日 11:25 ~ 13 日 16:50UT 期间, 地球同步轨道大于 10MeV 高能质子通量最高达到大质子事件水平, 峰值通量为 1460pfu, 发生极盖吸收事件。14 日 09:20 ~ 13:25UT 期间, 地球同步轨道大于 10MeV 高能质子通量最高达到小质子事件水平, 峰值通量为 17pfu, 发生极盖吸收事件。事件期间, 可能影响穿越极区的短波通信。

**电离层闪烁:** 11 月份 L 波段电离层闪烁现象明显减少, 海南富克站闪烁天数为 6 天, 南宁站为 4 天, 广州和昆明站为 3 天, 厦门站为 1 天, 福州站为 0 天。4 日多站观测到强闪烁事件, 可能影响导航定位等应用系统。

**电离层暴:** 12 日发生特大磁暴, 6 日、13 日发生大地磁暴, 5 日、7 ~ 8 日、25 日、27 日发生中小地磁暴。12 日中国区域发生电离层暴事件, 我国部分地区发生电离层强烈扰动, 多个测站的电离层 F2 层临界频率 (foF2) 和电离层总电子含量 (TEC) 偏离背景值。北京、张掖、武汉等站的电离层 TEC 显著高于背景值。12 日我国中部部分地区电离层 TEC 显著增大, 可能影响导航定位等应用系统。

表 2 L 波段电离层闪烁事件发生频次统计 (单位: 天)

站点地理坐标	弱闪烁 ( $0.2 \leq S4 < 0.4$ )	中等闪烁 ( $0.4 \leq S4 < 0.6$ )	强闪烁 ( $S4 \geq 0.6$ )	闪烁天数总计	闪烁日期
福州	119.3E, 26.1N	0	0	0	—
厦门	118.1E, 24.5N	0	1	0	1
广州	113.2E, 23.1N	0	1	2	3
南宁	108.3E, 22.8N	1	1	2	4, 14, 23– 24 日
海南富克	109.1E, 19.4N	2	3	1	6
昆明	102.9E, 24.7N	1	1	1	3
					4, 23– 24 日

注: 1. 电离层闪烁事件: S4 指数超过 0.2, 持续 10 分钟以上。

2. 监测波段: GPS 系统 L1 波段和北斗系统 B1 波段。

## 电离层环境

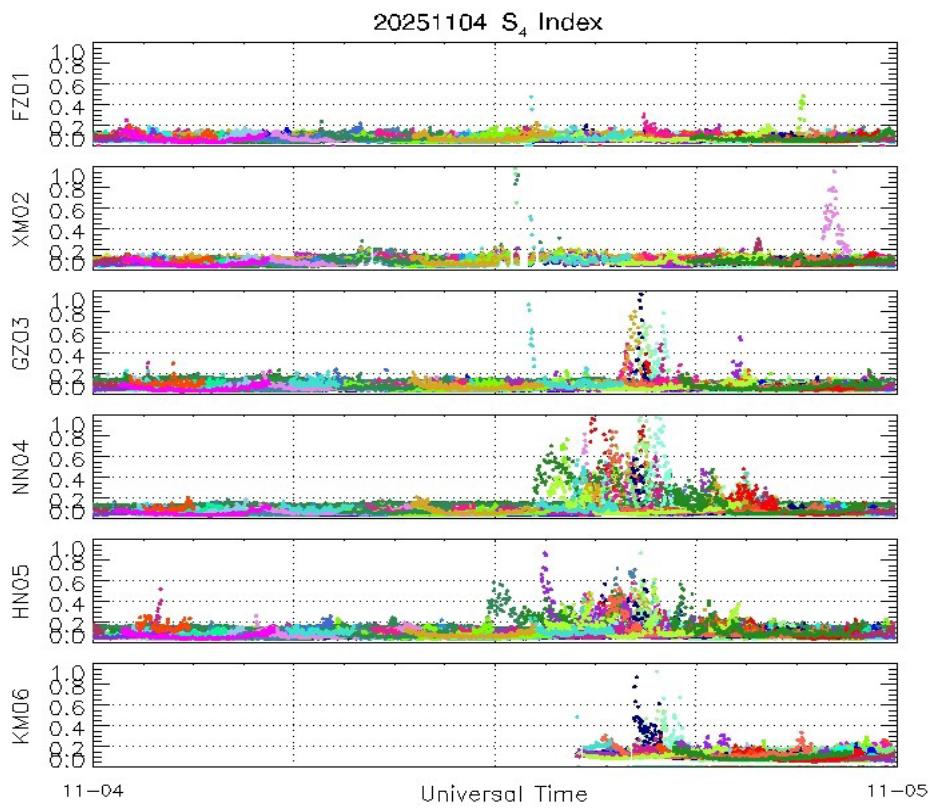


图 6 11月4日福州(FZ01)、厦门(XM02)、广州(GZ03)、南宁(NN04)、海南富克(HN05)和昆明(KM06)站观测到11月份最强的电离层闪烁事件

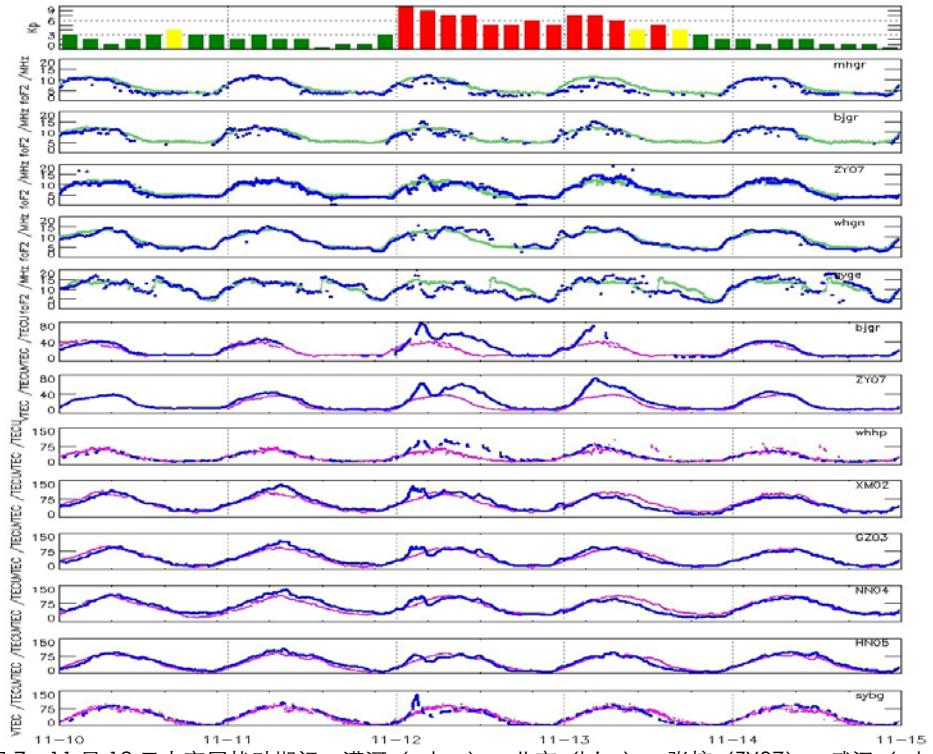


图 7 11月12日电离层扰动期间, 漠河(mhgr)、北京(bjgr)、张掖(ZY07)、武汉(whhp)、厦门(XM02)、广州(GZ03)、南宁(NN04)、海南富克(HN05)和三亚(sybg)站观测到的电离层TEC变化

## 每日太阳和地磁活动观测数据

日期	射电 流量 10.7cm	太阳 黑子数	X射线 背景	耀斑							质子流量 (GOES13) 大于 10MeV Protons / (cm <sup>2</sup> -day-sr)	电子流量 (GOES13) 大于 2MeV Electrons / (cm <sup>2</sup> -day-sr)	地磁 Ap 指数			
				X射线耀斑			光学耀斑									
				C	M	X	S	1	2	3						
20251101	115	24	B7.1	5	0	0	1	0	0	0	2.40E+04	4.00E+08	14			
20251102	123	43	B9.0	4	1	0	2	0	0	0	2.40E+04	4.50E+08	18			
20251103	133	87	C1.1	8	5	0	3	0	0	0	2.10E+04	1.60E+08	20			
20251104	159	91	C1.2	9	2	2	6	3	0	0	2.30E+04	1.00E+08	10			
20251105	147	76	C1.4	13	2	0	10	2	2	0	3.70E+04	4.10E+07	28			
20251106	163	104	C1.2	22	1	0	9	0	0	0	2.00E+04	9.50E+06	43			
20251107	166	133	C1.3	20	1	0	19	1	0	0	1.60E+04	1.30E+07	32			
20251108	172	107	C1.2	15	0	0	6	0	0	0	1.40E+04	3.20E+07	36			
20251109	176	126	C1.1	11	0	1	5	1	1	0	1.50E+04	3.80E+07	8			
20251110	180	128	C1.5	14	1	1	8	1	2	0	8.30E+05	5.20E+07	14			
20251111	168	131	C1.3	12	1	1	20	0	0	1	5.70E+06		7			
20251112	163	150	C1.0	8	0	0	4	0	0	0	4.10E+07		127			
20251113	156	104	C1.0	17	0	0	12	0	0	0	2.30E+06	1.90E+07	59			
20251114	145	114		12	2	1	2	0	0	1		1.90E+07	5			
20251115	132	97	C1.2	14	0	0	1	0	0	0	2.20E+05	2.20E+07	9			
20251116	132	66	B9.3	13	1	0	3	0	0	0	5.30E+04	1.90E+07	18			
20251117	122	45	B6.9	12	0	0	13	0	0	0	2.50E+04	3.70E+07	11			
20251118	120	66	B4.7	7	0	0	2	0	0	0	1.80E+04	4.40E+07	5			
20251119	123	60	B5.6	3	0	0	0	0	0	0	1.70E+04	6.20E+07	3			
20251120	121	51	B6.5	8	0	0	1	0	0	0	1.60E+04	7.90E+07	7			
20251121	121	75	B6.5	12	0	0	2	0	0	0	2.10E+04	2.00E+07	8			
20251122	119	74	B6.1	12	0	0	0	0	0	0	1.80E+04	1.60E+07	6			
20251123	120	79	B5.2	9	0	0	1	0	0	0	1.60E+04	1.70E+07	13			
20251124	116	99	B3.9	5	0	0	2	0	0	0	1.50E+04	1.30E+07	22			
20251125	116	99	B4.2	4	0	0	2	0	0	0	1.70E+04	1.00E+08	32			
20251126	120	85	B5.6	7	0	0	6	0	0	0	1.90E+04	2.70E+08	23			
20251127	120	76	B8.1	7	0	0	3	0	0	0	1.80E+04	3.40E+08	27			
20251128	138	87	C2.1	15	2	0	1	0	0	0	1.80E+04	4.00E+08	22			
20251129	160	74	C2.3	6	5	0	3	1	0	0	2.10E+04	5.30E+08	20			
20251130	180	108	C2.4	14	0	0	3	0	0	0	1.70E+04	3.50E+08	16			

## 地球同步轨道空间环境

12日发生特大磁暴，6日、13日发生大地磁暴，当同步轨道卫星处于子夜和黎明段（即地方时为0~6h扇段内），引发卫星高表面充电的概率较高。

5日、7~8日、25日、27日发生中小地磁暴，当同步轨道卫星处于子夜和黎明段（即地方时为0~6h扇段内），有一定引发卫星高表面充电的概率。

12日，地球同步轨道大于10MeV高能质子日积分通量达到大太阳质子事件水平，引发卫星器件单粒子事件的概率较高。

11日、13日，地球同步轨道大于10MeV高能质子日积分通量达到中等太阳质子事件水平，有一定引发卫星器件单粒子事件的概率。

10日、14日，地球同步轨道大于10MeV高能质子日积分通量达到小太阳质子事件水平，引发卫星器件单粒子事件的概率较低。

1~3日、11日、25~30日地球同步轨道大于2MeV高能电子日积分通量达到小高能电子暴水平 ( $1.0E8 \leq \text{Flux} < 1.0E9$ )，有一定引发同步轨道卫星深层充电的概率。

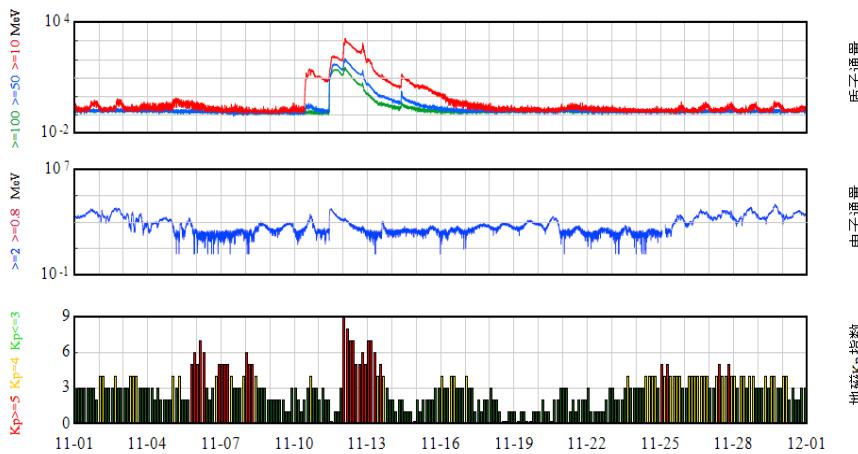


图 8 2025 年 11 月 GOES 卫星高能质子通量、高能电子通量及磁场 Hp 分量，地磁 Kp 指数

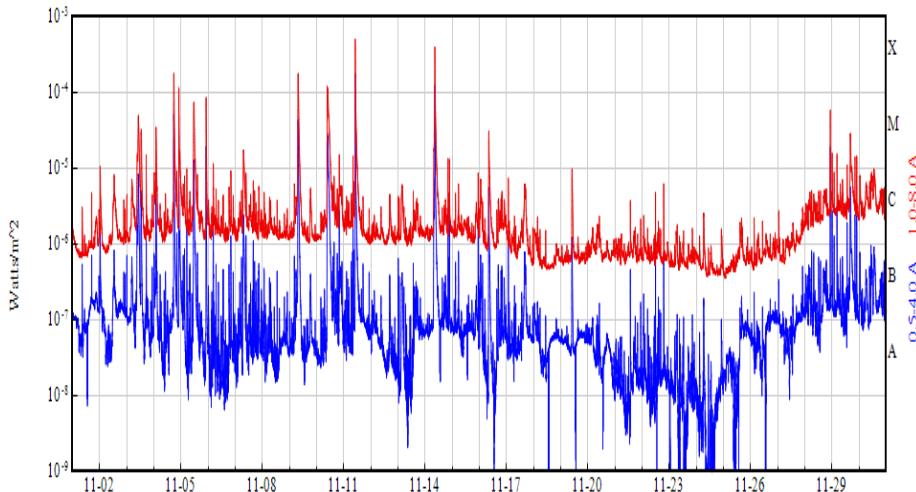


图 9 2025 年 11 月太阳 X 射线流量

## 低轨道空间环境

**高层大气环境：**12日发生特大磁暴，低轨道大气密度将大幅上升，对低轨卫星的拖曳效应急剧增加；当倾角高的低轨卫星经过极区时，引发卫星高表面充电的概率较高。

6日、13日发生大地磁暴，低轨道大气密度有较大上升，对低轨卫星的拖曳效应明显增加；当倾角高的低轨卫星经过极区时，引发卫星高表面充电的概率较高。

5日、7~8日发生中小地磁暴，低轨道大气密度略有上升，对低轨卫星的拖曳效应有所增加；当倾角高的低轨卫星经过极区时，有一定引发卫星高表面充电的概率。

12日，地球同步轨道大于10MeV高能质子日积分通量达到大太阳质子事件水平（1000pfu  $\leq P10$ ），当倾角高的低轨卫星经过极区时，引发卫星器件单粒子事件的概率较高。

11日、13日，地球同步轨道大于10MeV高能质子日积分通量达到中等太阳质子事件水平，当倾角高的低轨卫星经过极区时，有一定引发卫星器件单粒子事件的概率。

10日、14日，地球同步轨道大于10MeV高能质子日积分通量达到小太阳质子事件水平，当倾角高的低轨卫星经过极区时，引发卫星器件单粒子事件的概率较低。

1~3日、11日、25~30日地球同步轨道大于2MeV高能电子日积分通量达到小高能电子暴水平（ $1.0E8 \leq Flux < 1.0E9$ ），当倾角高的低轨卫星经过极区时，有一定引发卫星深层充电的概率。

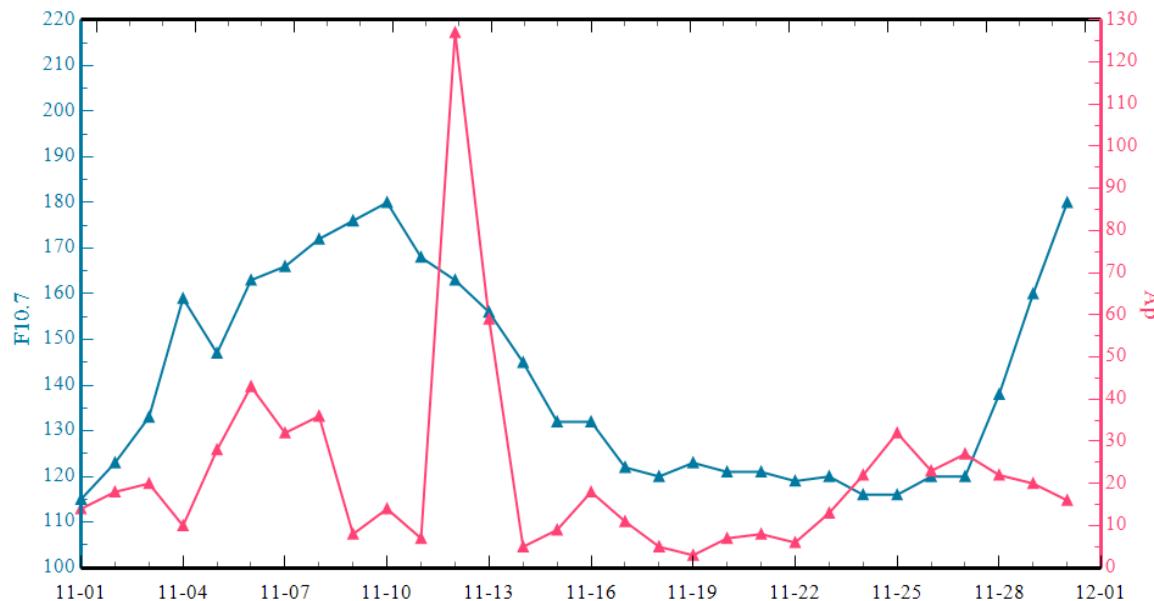


图 10 2025 年 11 月射电流量和地磁 Ap 指数

## 月球轨道空间环境

2025年11月份月球穿越地球磁尾时间：根据模型计算结果，11月3~7日，月球穿越地球磁尾区域；11月1~3日、7~9日，月球穿越地球磁鞘区域；11月份其他时间，月球处于行星际空间中（图11）。

2025年11月份月球轨道中高能粒子环境：月球轨道处的中高能粒子主要包括月球穿越磁尾期间的中高能电子、太阳质子事件和银河宇宙线。

11月1~9日，月球位于磁鞘和磁尾中。在这些区域中，特别是在磁尾等离子体片中时，月球轨道处100keV~1MeV中高能电子微分通量可达到 $102\sim104\text{个}/(\text{cm}^2\cdot\text{s}\cdot\text{sr}\cdot\text{MeV})$ 。

11月10~14日，地球同步轨道上观测到太阳质子事件（图8），大于10MeV质子通量最高达到大太阳质子事件水平（ $1000\text{pfu}\leq\text{峰值通量}<10000\text{pfu}$ ）。月球轨道处的高能质子流量与地球同步轨道相当。

11月份地面观测到银河宇宙线福布斯下降事件和地面银河宇宙线增强事件。

观测结果见图11（上），地面银河宇宙线长期变化见图11（下）。

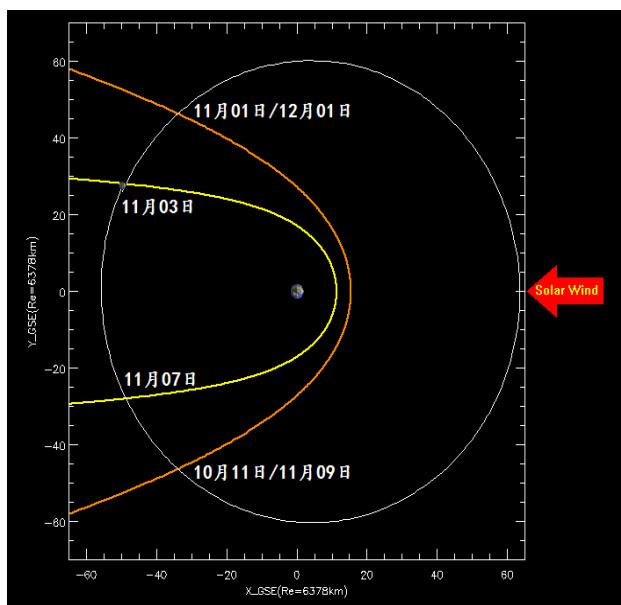


图11 2025年11月份月球穿越地球磁层顶和弓激波示意图

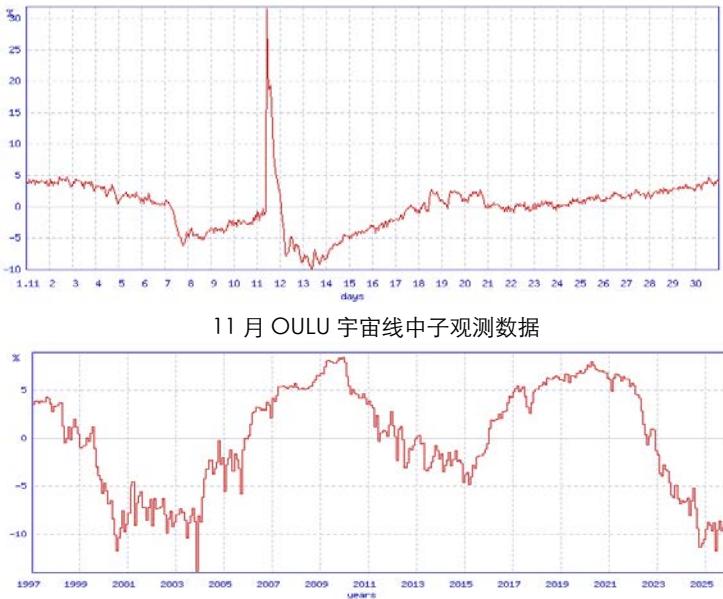


图12 OULU宇宙线中子观测数据

2025年11月份月球轨道等离子体环境：11月1日、9~30日，月球位于行星际空间中，其经历的等离子体环境是太阳风（图4）。11月1~9日，月球经历的是磁鞘和磁尾等离子体环境。相关区域内的等离子体参数变化范围如表3所示。

表3 2025年11月份月球轨道所经历的等离子体环境参数

时间范围	11月1日、9~30日	11月3~7日
所处区域	行星际空间（1小时平均值）	地球磁尾
等离子体速度 (km/s)	291.2-939.0	0-1000
等离子体密度 (个/cm <sup>3</sup> )	0.2-51.0	0.01-10
等离子体温度 (K)	4805-1891485	5-10×10 <sup>5</sup>
磁场强度 (nT)	1.9-51.6	0-20