

## 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。

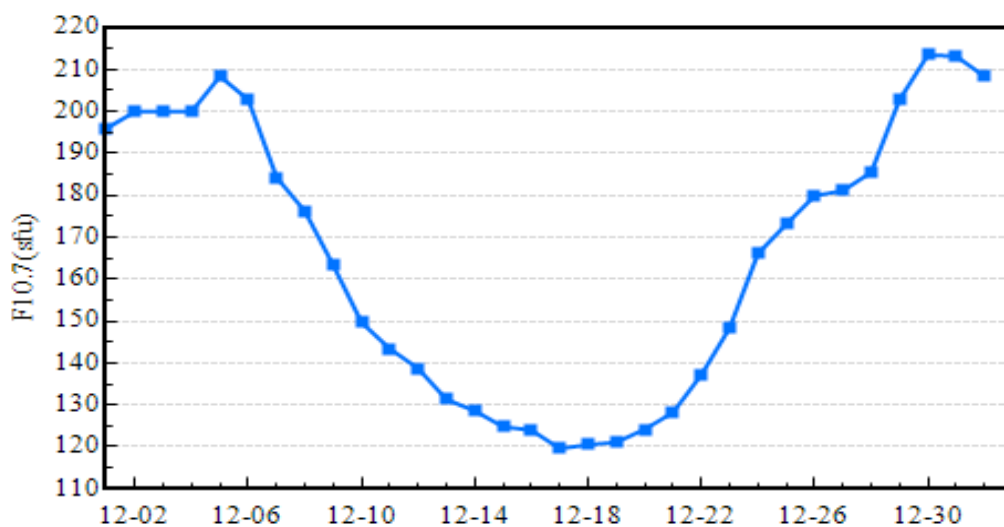


图 1 2025 年 12 月份太阳 10.7 厘米射电流量预测  
(数据源自预报中心太阳 10.7 厘米射电流量中期预报模式)

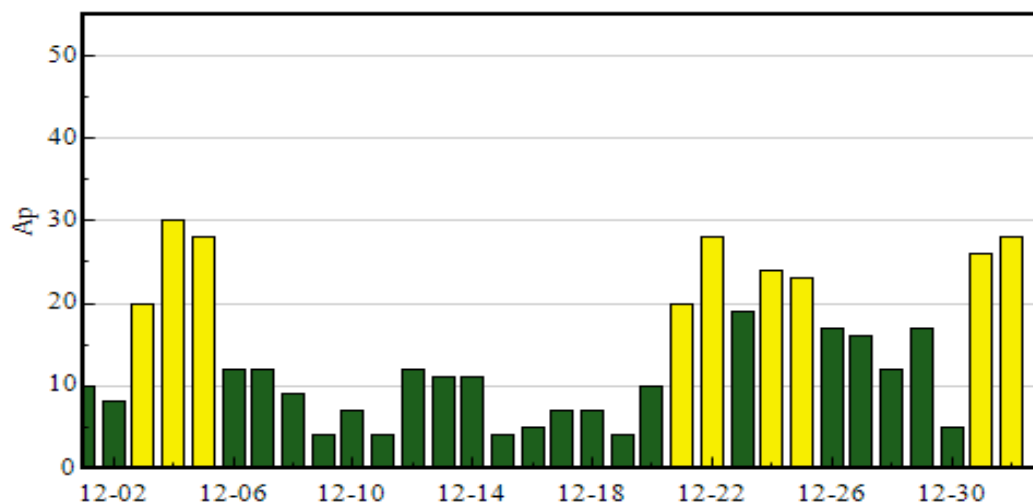


图 2 2025 年 12 月份地磁 Ap 指数预测  
(数据源自预报中心地磁 Ap 指数中期预报模式)

## 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（ $1.0E8 \leq \text{Flux} < 1.0E9$ ）。

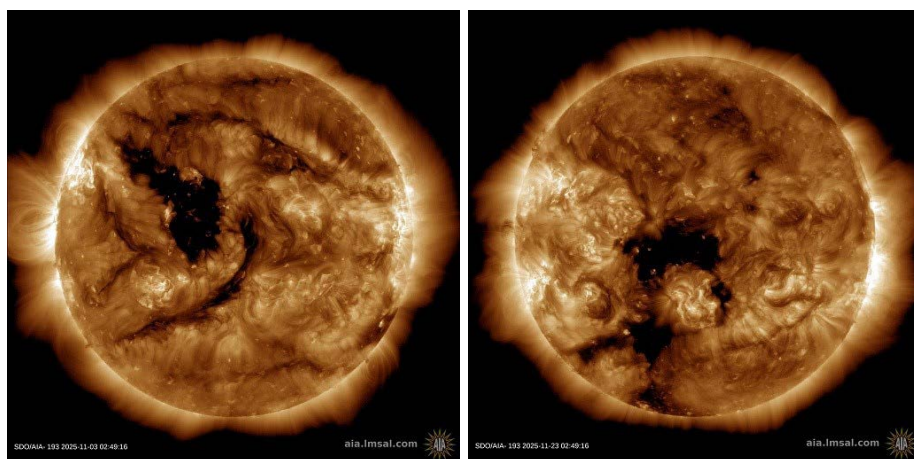


图 3 2025 年 11 月冕洞（SDO 卫星观测数据）

## 2025 年 11 月份空间环境概述

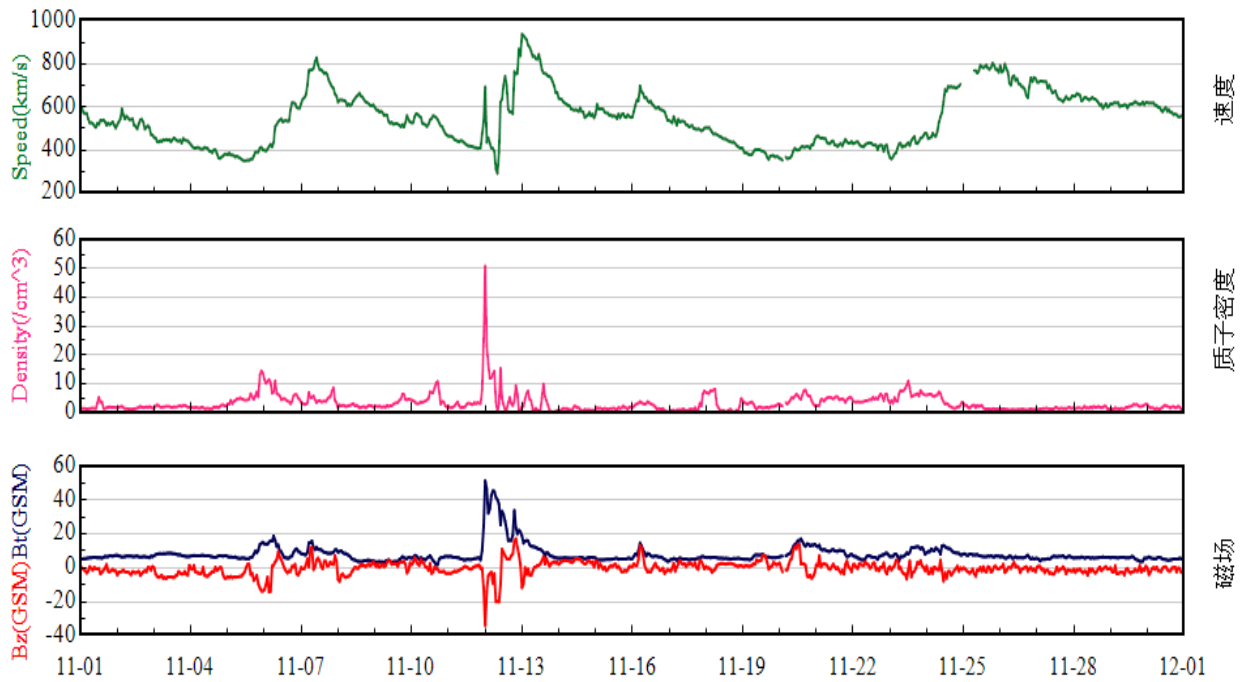


图 4 2025 年 11 月行星际太阳风和磁场（ACE 卫星观测数据）

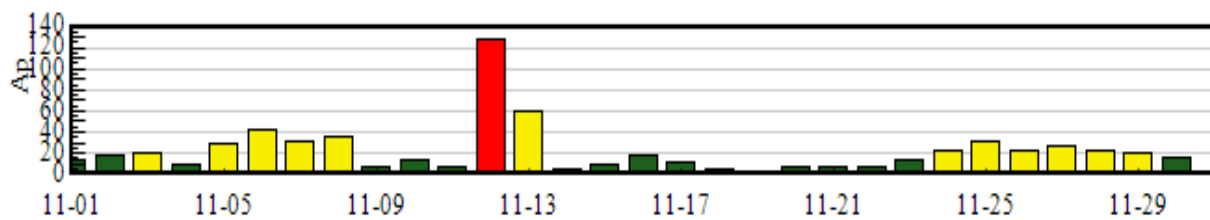


图 5 2025 年 11 月地磁 Ap 指数

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 ≤ S4 < 0.4)	中等闪烁 (0.4 ≤ S4 < 0.6)	强闪烁 (S4 ≥ 0.6)	闪烁天数总计	闪烁日期
福州	119.3E, 26.1N	0	0	0	0	—
厦门	118.1E, 24.5N	0	1	0	1	4日
广州	113.2E, 23.1N	0	1	2	3	4-5, 16日
南宁	108.3E, 22.8N	1	1	2	4	4, 14, 23-24日
海南富克	109.1E, 19.4N	2	3	1	6	4-5, 10, 14, 16, 24日
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

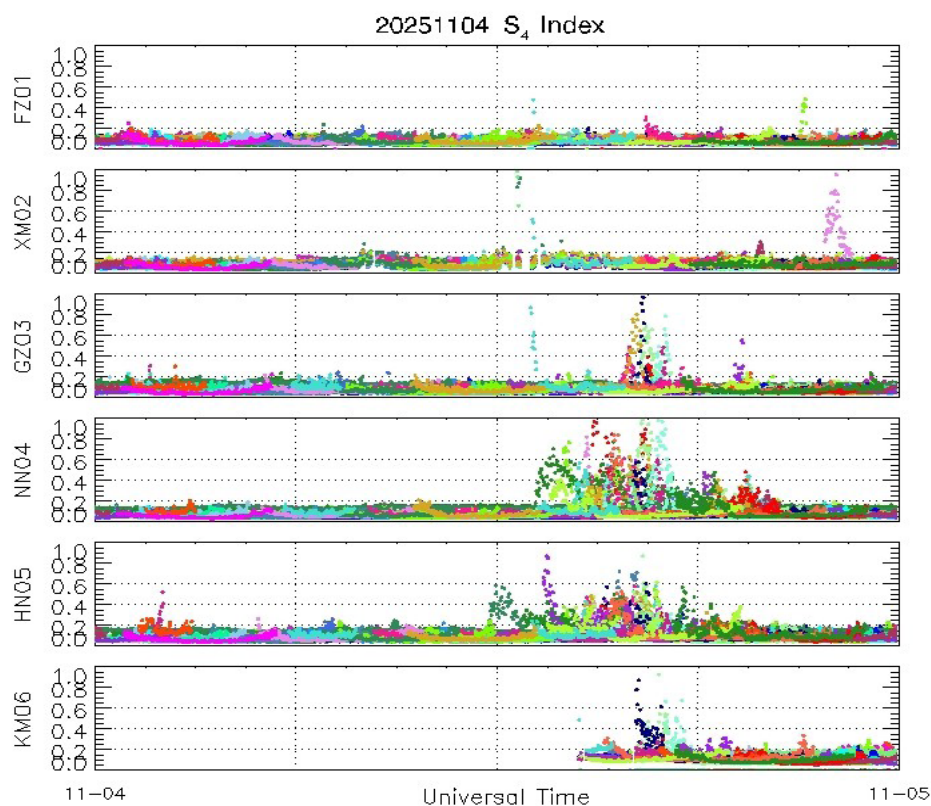


图6 11月4日福州(FZ01)、厦门(XM02)、广州(GZ03)、南宁(NN04)、海南富克(HN05)和昆明(KM06)站观测到11月份最强的电离层闪烁事件

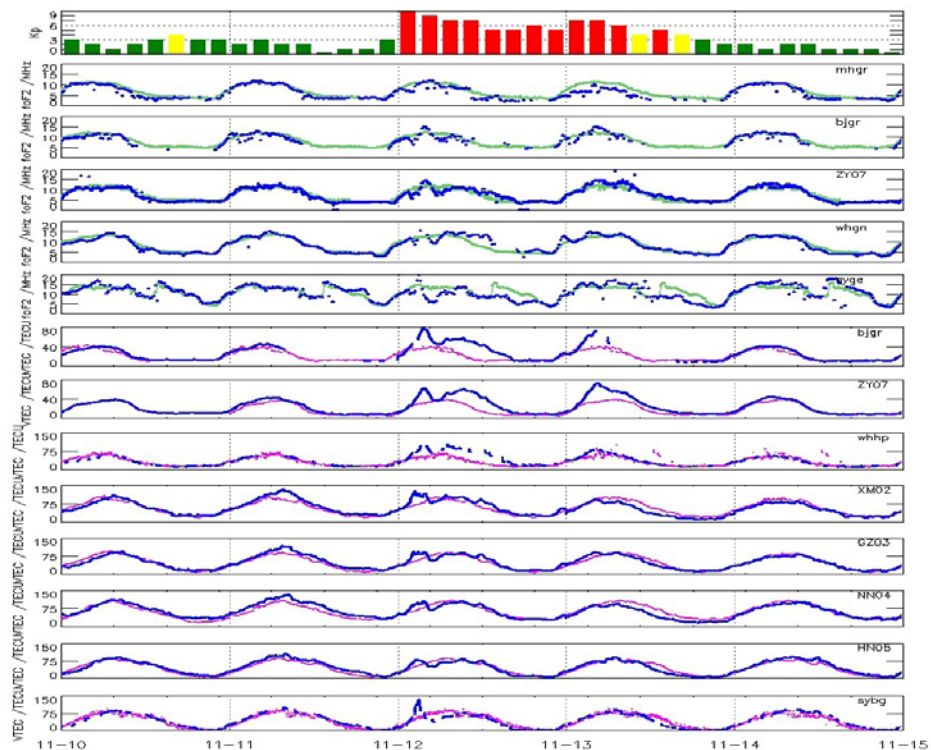


图7 11月12日电离层扰动期间, 漠河(mhgr)、北京(bjgr)、张掖(ZY07)、武汉(whgn)和三亚(syge)站观测到的电离层foF2变化, 以及北京(bjgr)、张掖(ZY07)、武汉(whhp)、厦门(XM02)、广州(GZ03)、南宁(NN04)、海南富克(HN05)和三亚(sybg)站观测到的电离层TEC变化



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。

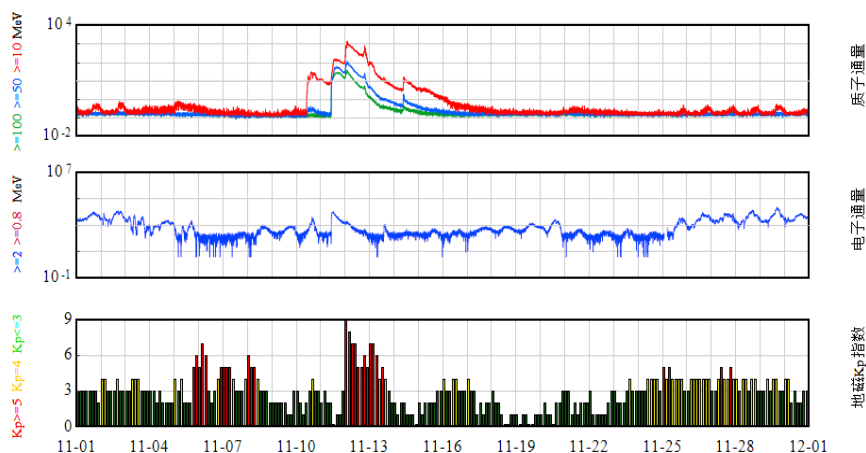


图 8 2025 年 11 月 GOES 卫星高能质子通量、高能电子通量及磁场 Hp 分量，地磁 Kp 指数

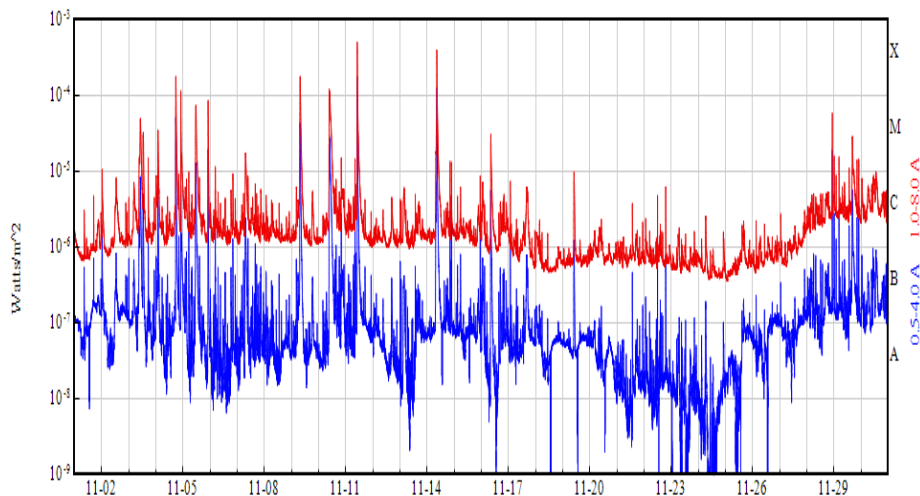


图 9 2025 年 11 月太阳 X 射线流量

## 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 ( $1000\text{pfu} \leq P_{10}$ )，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 ( $1.0\text{E}8 \leq \text{Flux} < 1.0\text{E}9$ )，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。

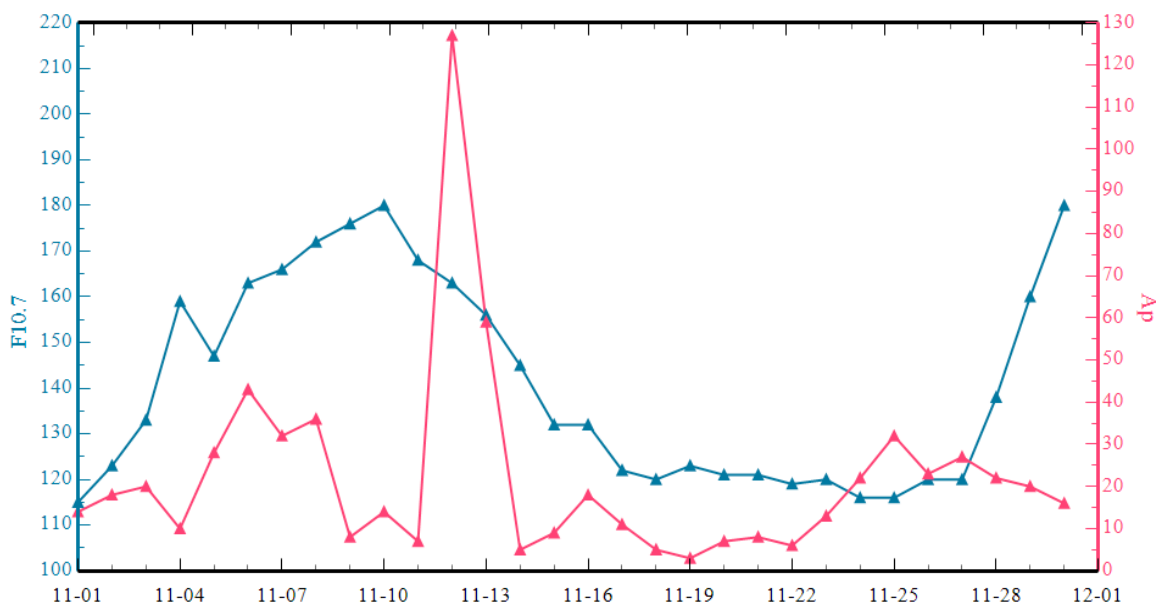


图 10 2025 年 11 月射电流量和地磁 Ap 指数



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 ~ 104 个 / (cm<sup>2</sup>•s•sr•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（1000pfu ≤ 峰值通量 < 10000pfu）。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）。

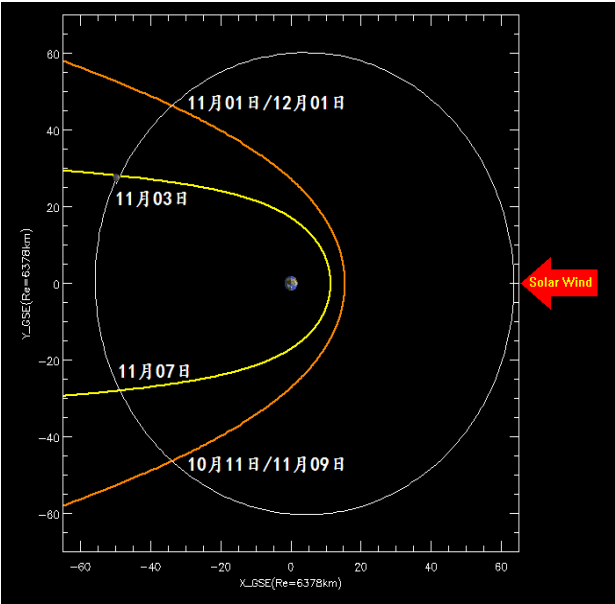


图 11 2025 年 11 月份月球穿越地球磁层顶和弓激波示意图

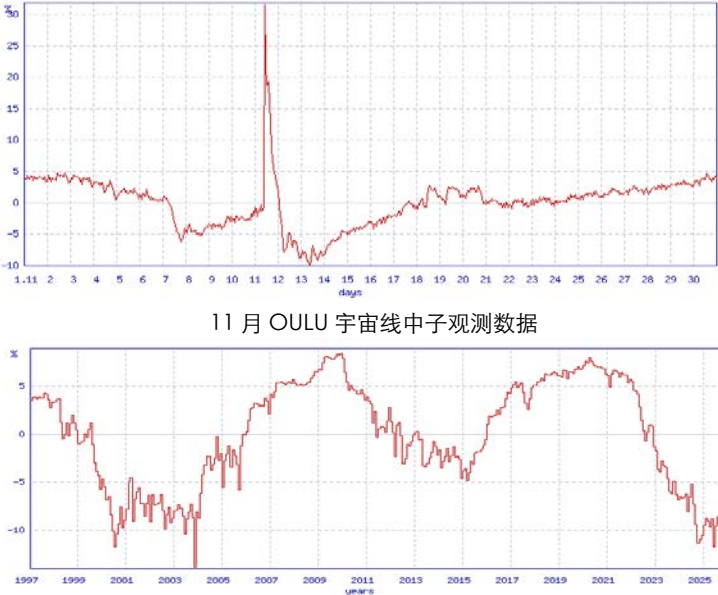


图 12 OULU 宇宙线中子观测数据

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