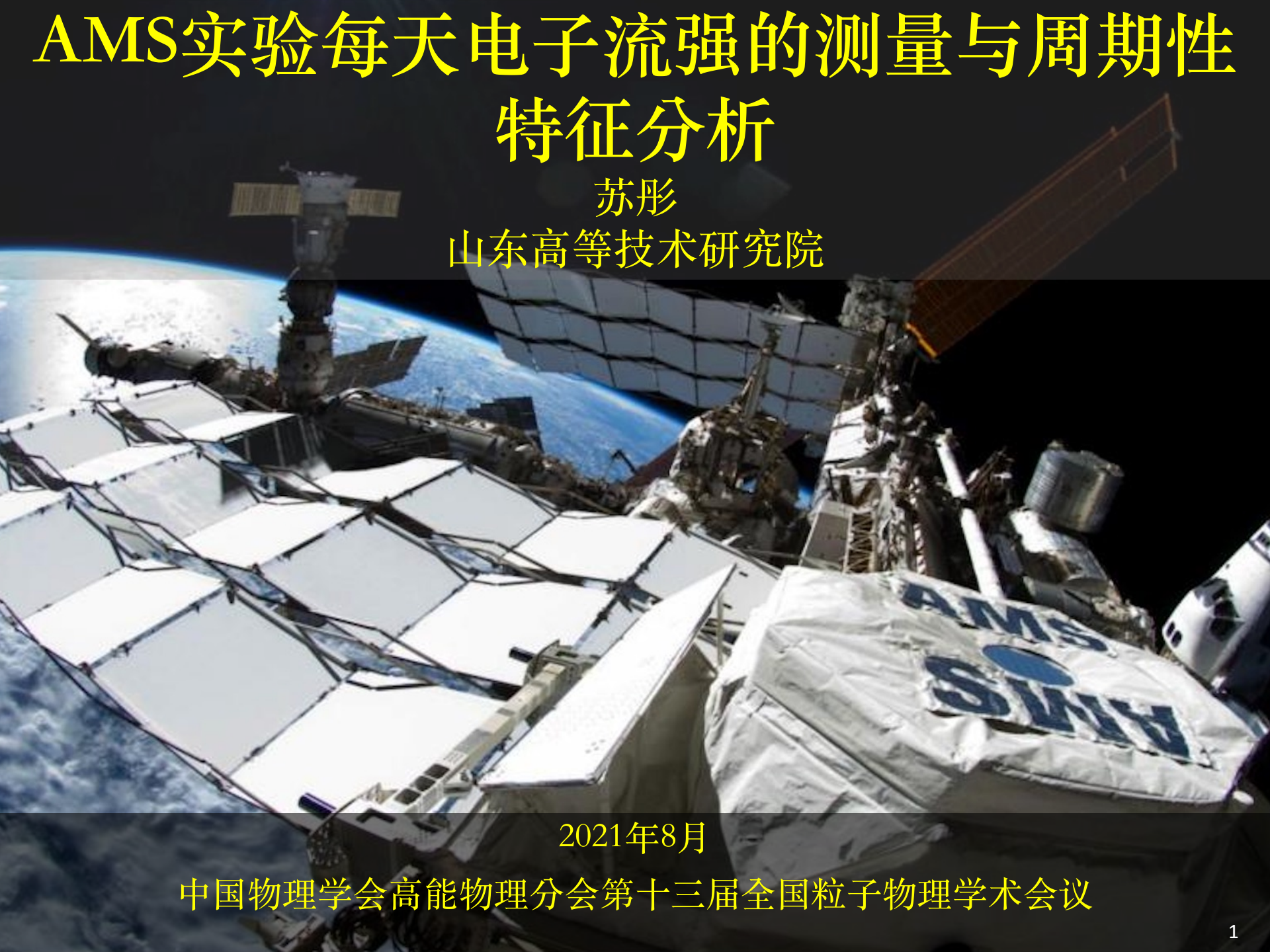
AMS实验每天电子流强的测量与周期性特征分析

苏彤
山东高等技术研究院

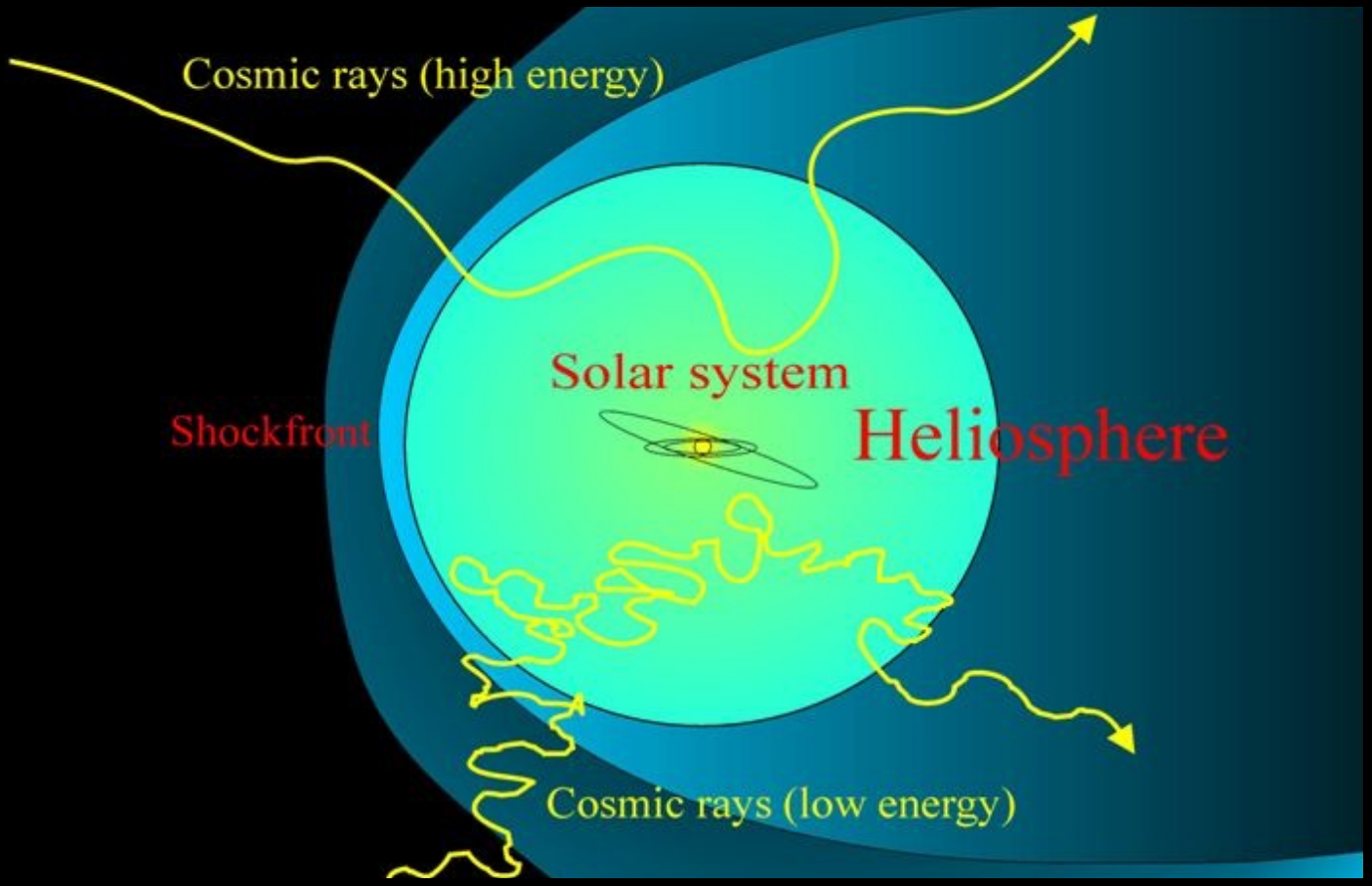


2021年8月

中国物理学会高能物理分会第十三届全国粒子物理学术会议

宇宙线与太阳物理

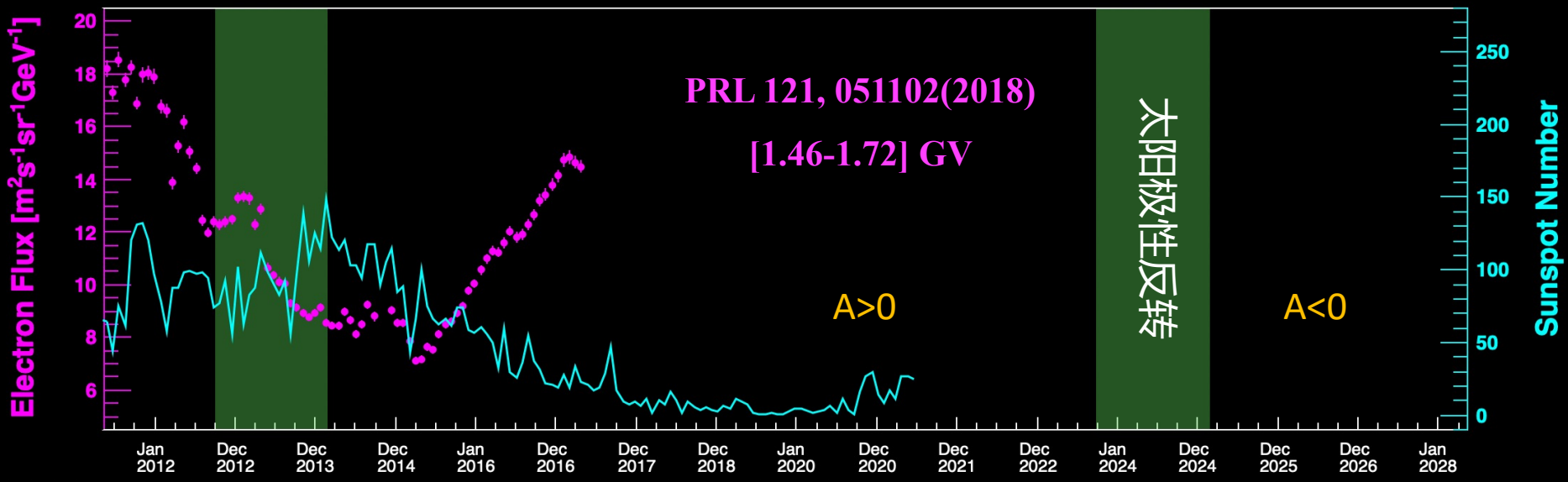
- 带电宇宙线在日球层中的传播受其质量和电荷的影响
- 不同的太阳调制使得宇宙线流强随时间的变化具有不同的结构



- 电子是宇宙线中丰度最高的负电荷粒子, 也是带电宇宙线中质量最轻的粒子, 对于研究日球层中宇宙线粒子的传播具有独特的意义

宇宙线流强长周期性变化

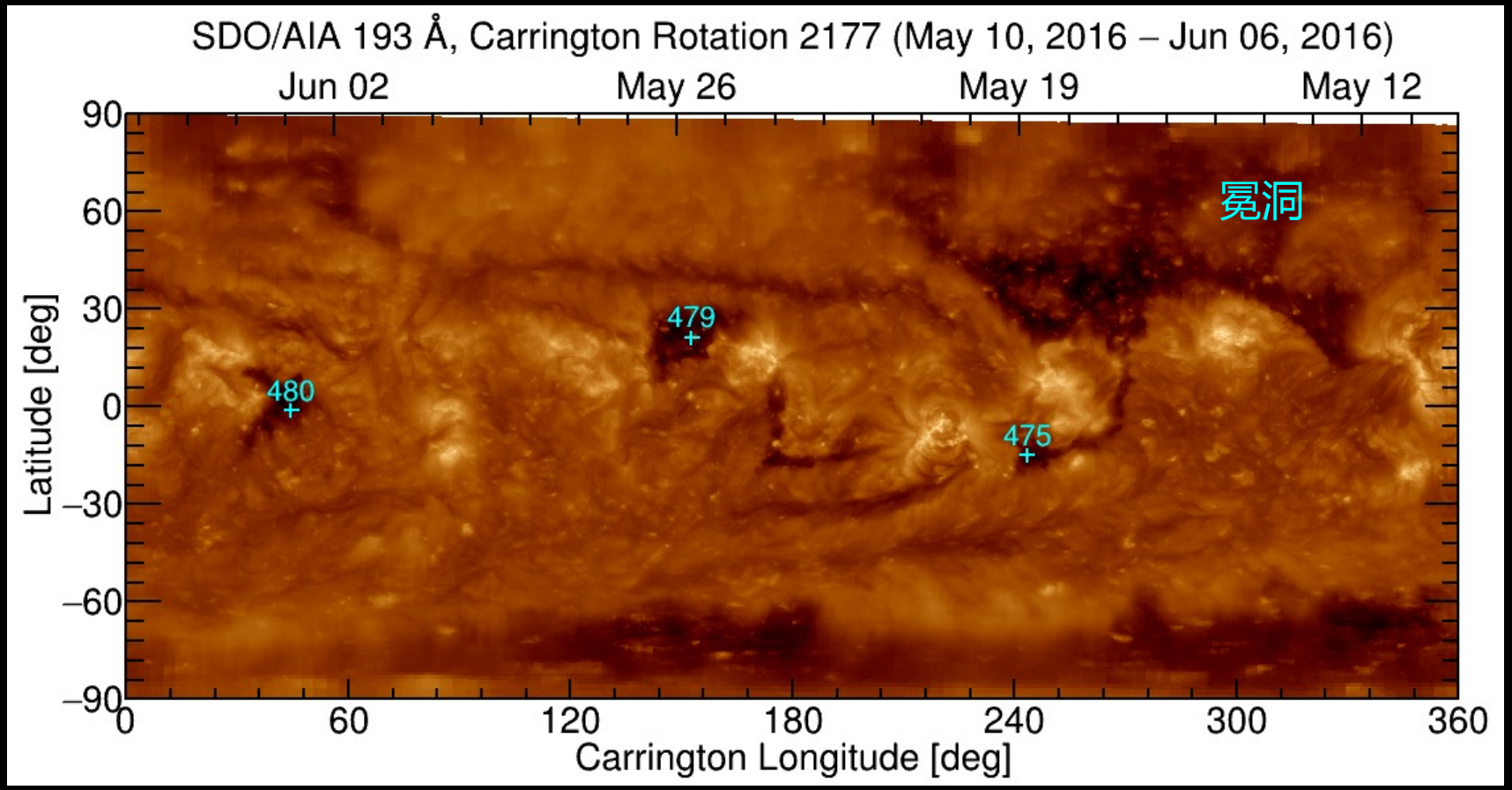
- 与太阳活动周期相关的11年周期
- 与太阳磁场极性相关的22年周期



AMS于2018年发表的电子每27天的流强能够观测到宇宙线流强的长期变化趋势

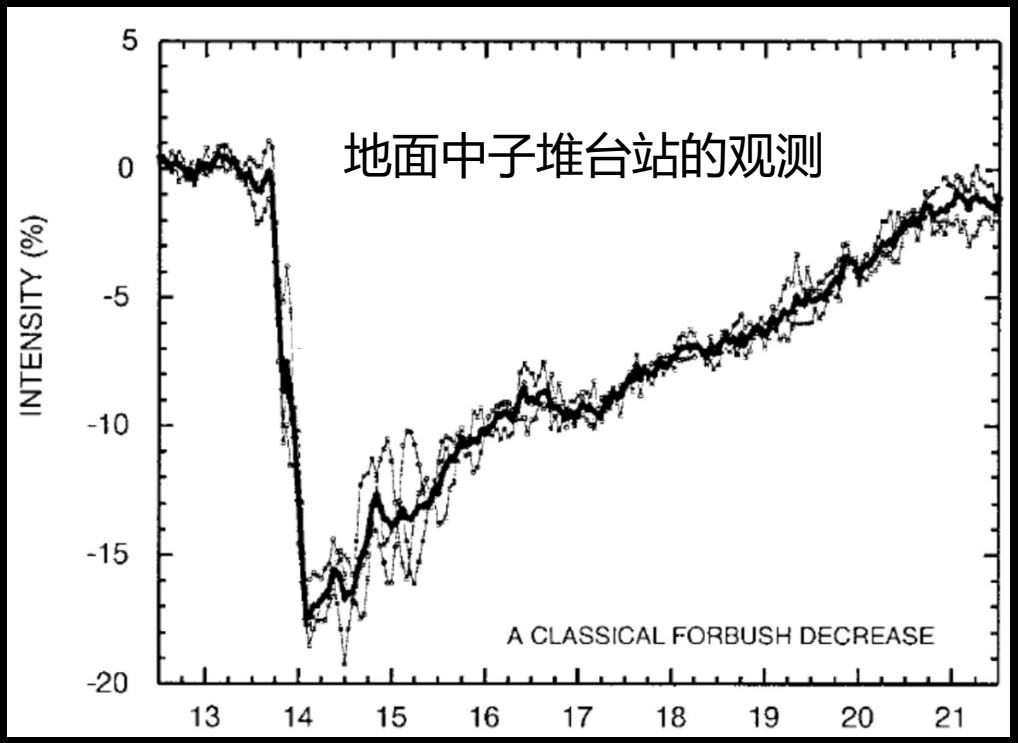
宇宙线流强短周期性变化

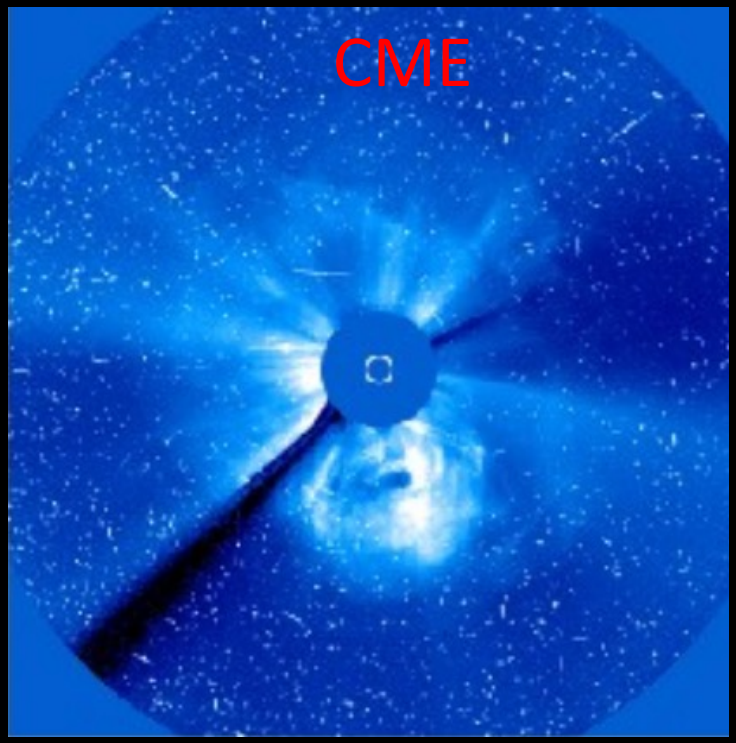
- 太阳表面存在的冕洞使得宇宙线流强产生与太阳自转相当（约27天）或更短（如13.5天 或9天）的周期



宇宙线流强非周期性变化

- 福布斯下降(Forbush Decrease ,FD)是一种常见的宇宙线流强非周期的变化
- 目前认为福布斯下降与太阳表面剧烈的活动（如日冕物质抛，Coronal Mass Ejection, CME)有关





地面中子堆台站无法区分宇宙线的种类和能量

国际空间站上的AMS实验

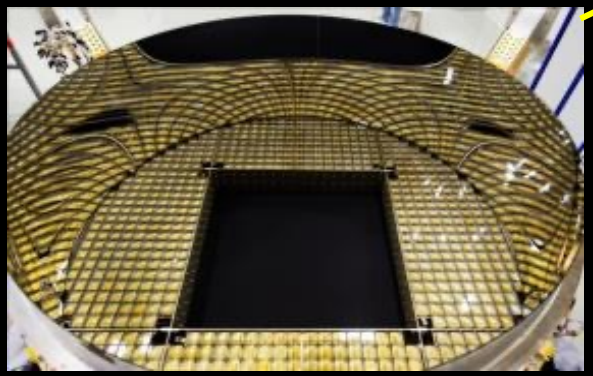
- 自2011年5月19日起，AMS已持续运行超过10年收集了超过1800亿个宇宙线数据

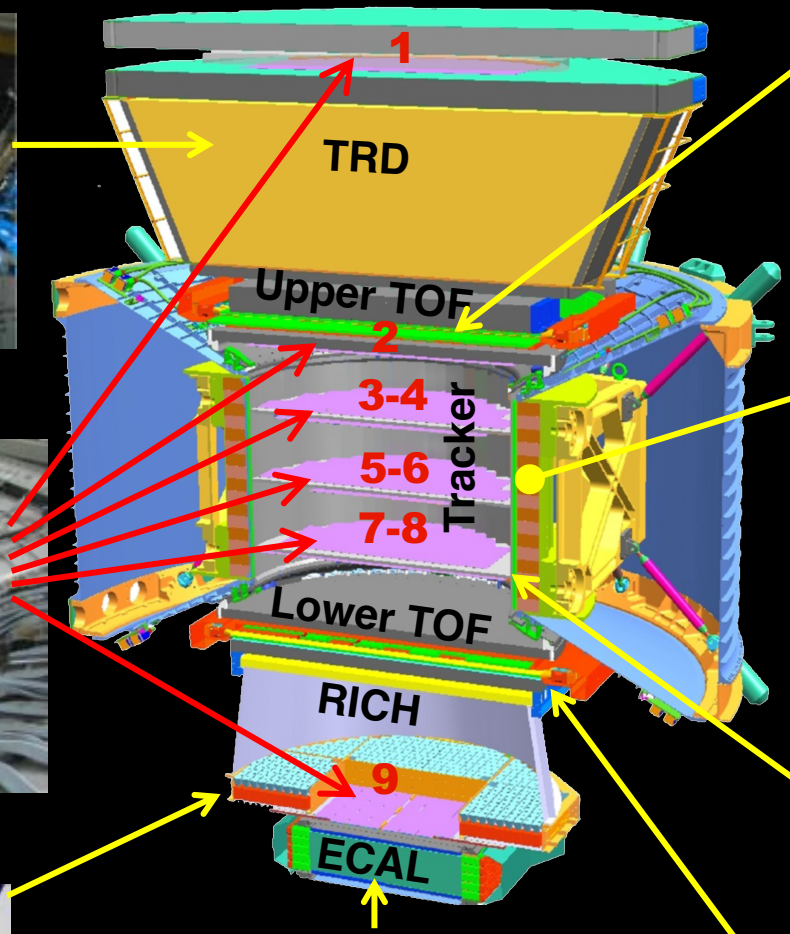
AMS 磁谱仪

穿越辐射探测器 (TRD)

硅微条径迹探测器（Tracker）

环形切伦科夫探测器 (RICH)

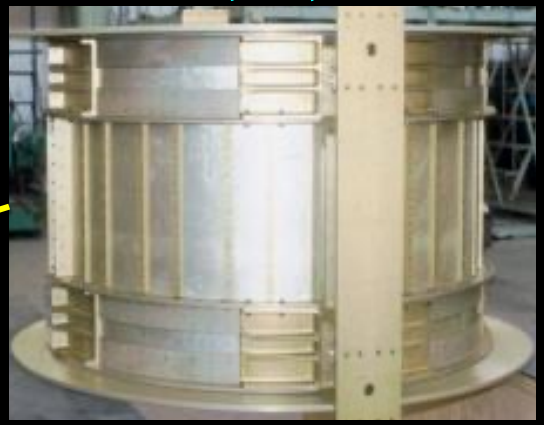




电磁量能器(ECAL)

上层飞行时间计数器（TOF）

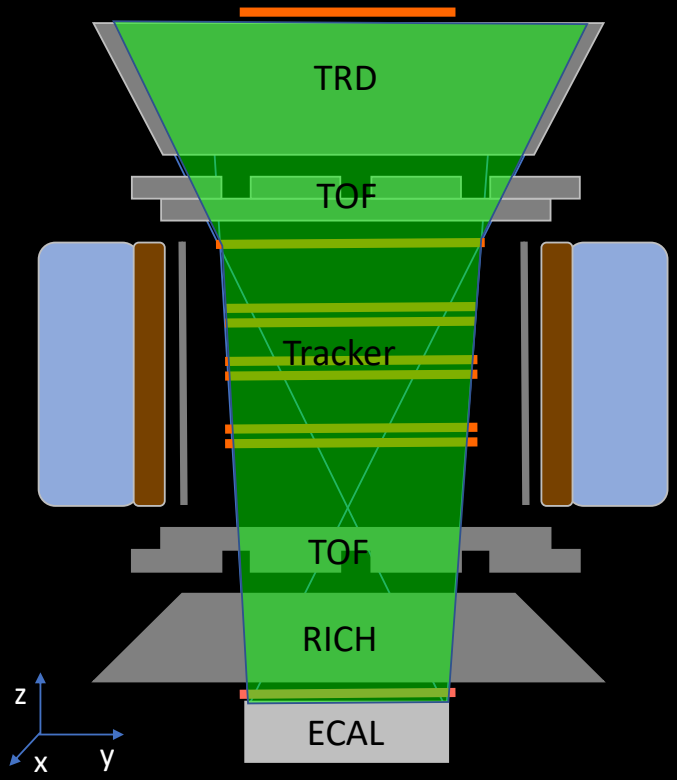
永磁铁

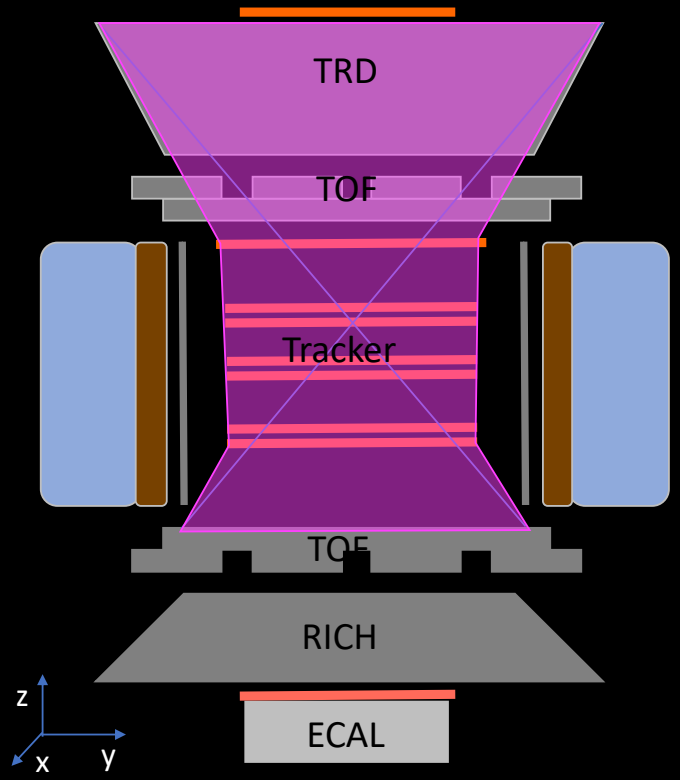


反符合计数器 (ACC)

下层飞行时间计数器（TOF）

AMS测量电子的方法





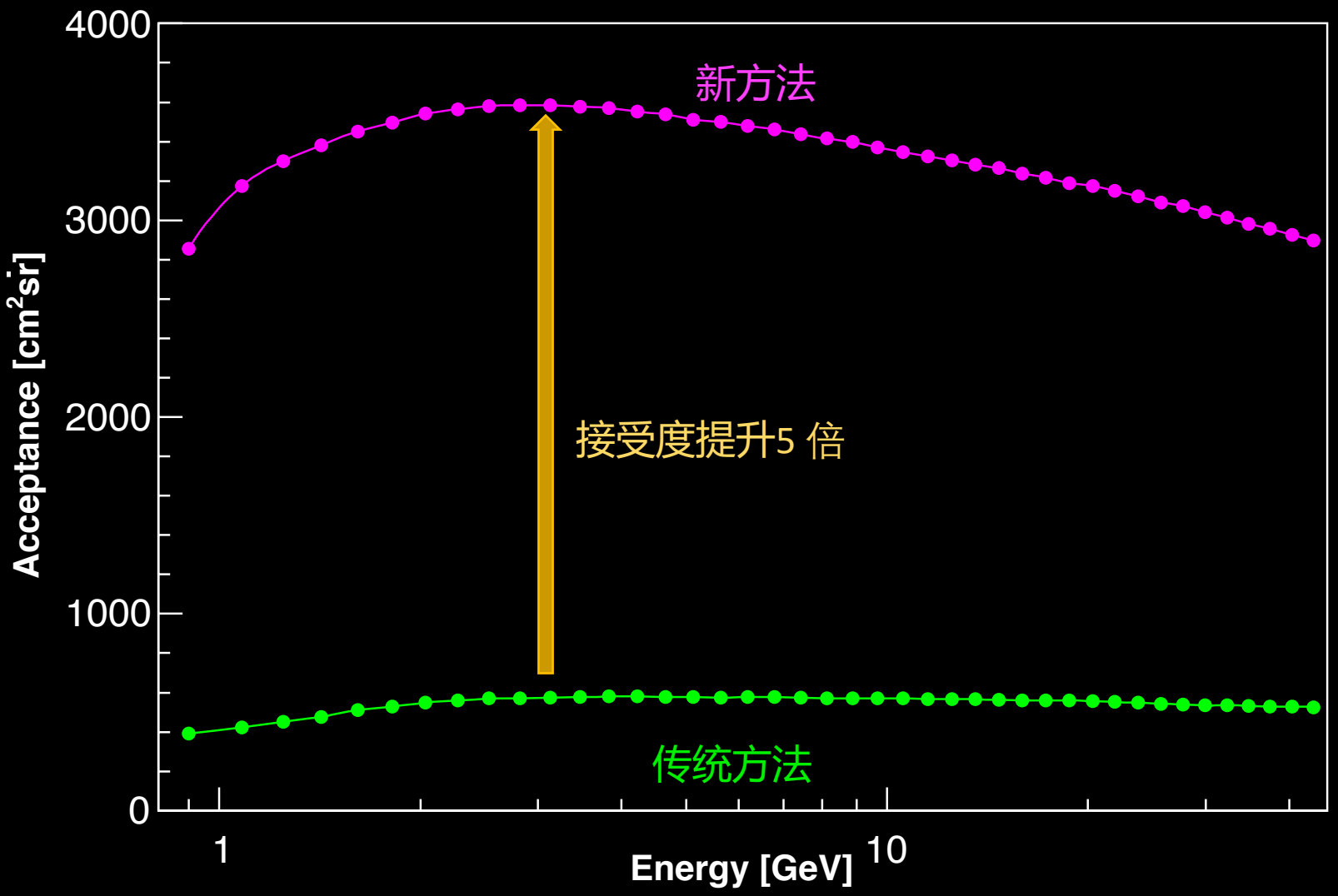
传统方法

- 使用ECAL进行事例鉴别
- 使用ECAL测量电子能量

新的方法

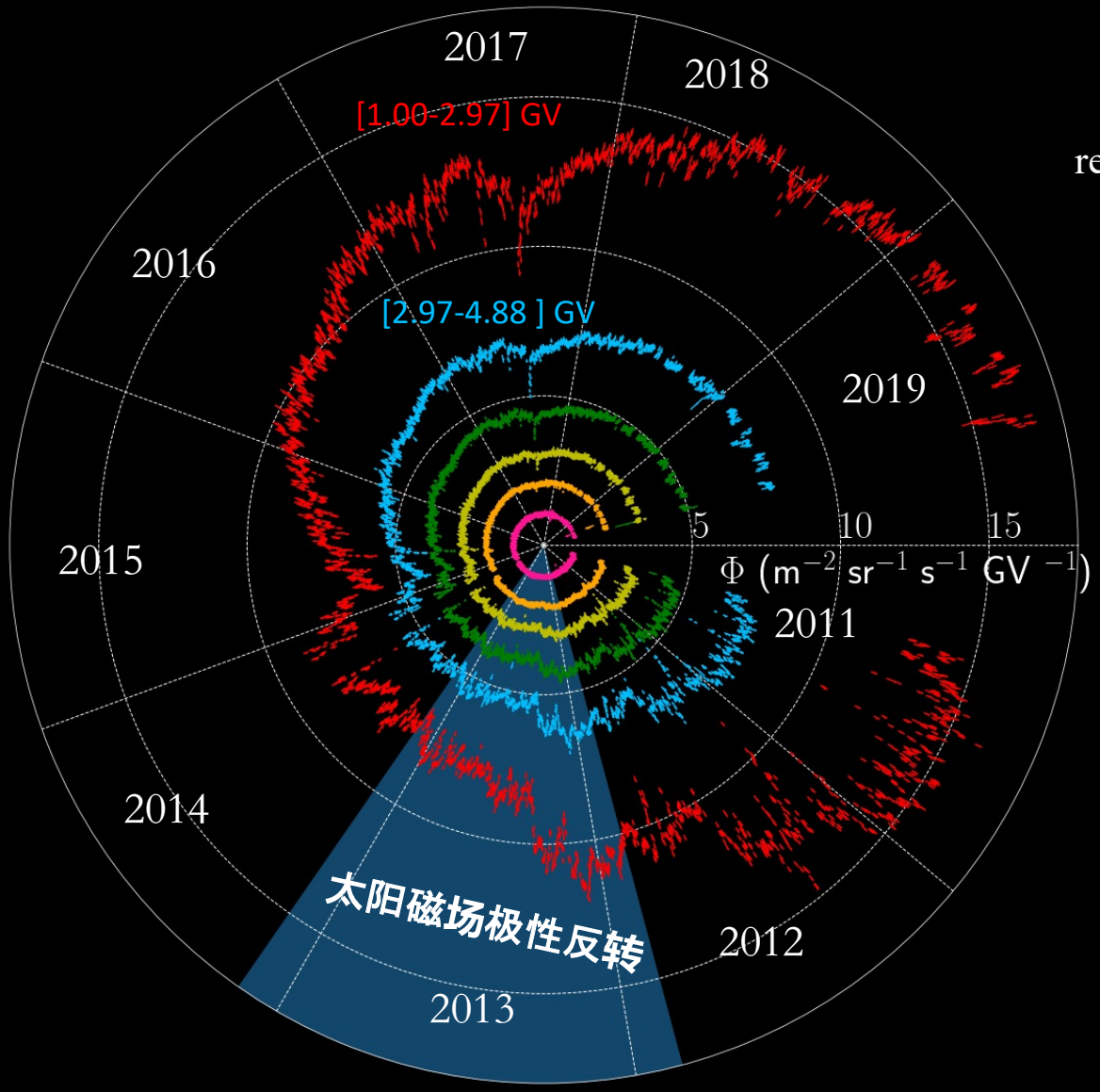
- 使用TRD进行事例鉴别
- 使用磁铁和Tracker测量电子能量

新分析方法可大幅提高AMS的事例接受度



AMS测量的每天电子流强

第一次实现对每天的宇宙线电子流强的测量

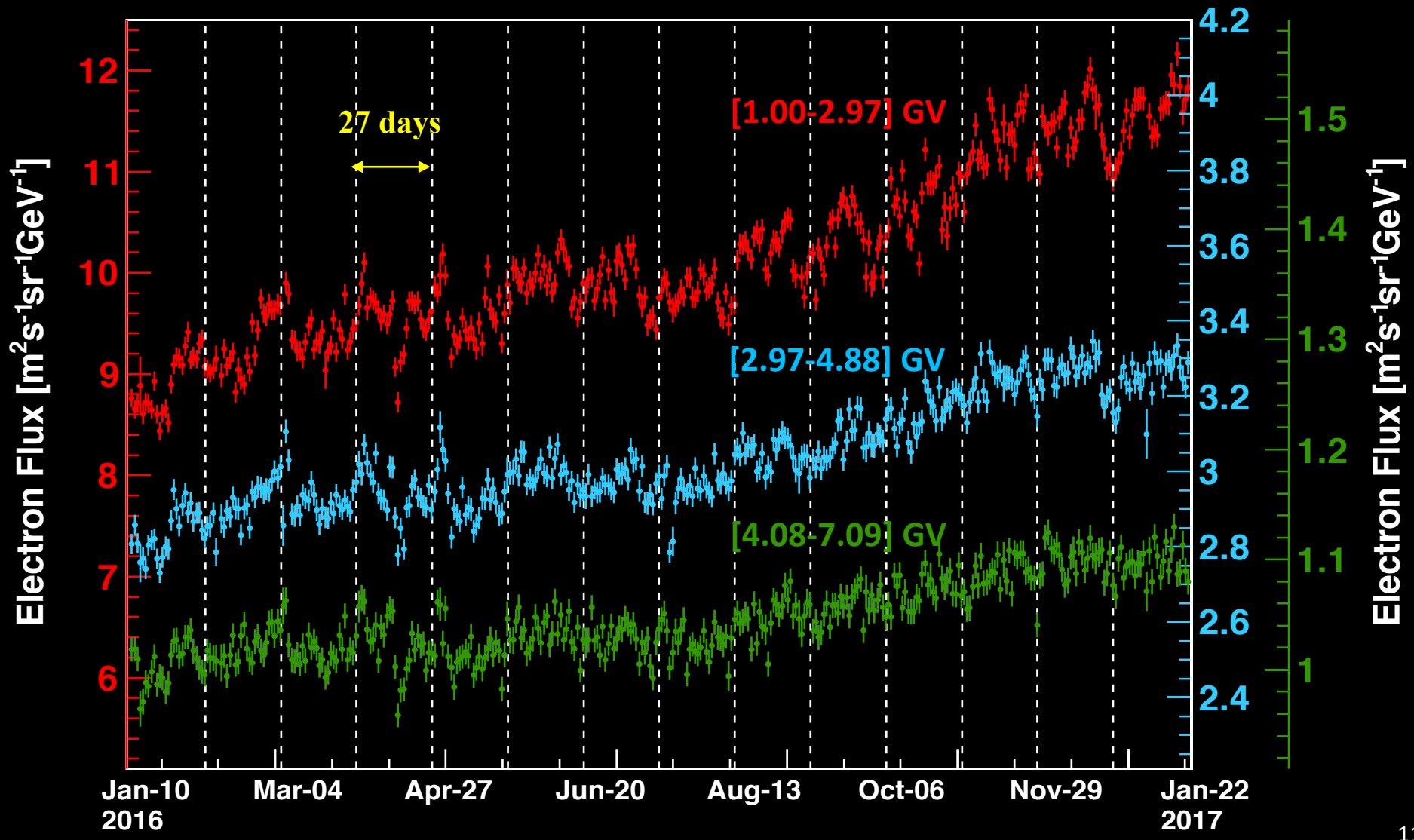


Preliminary data
refer to upcoming AMS publication

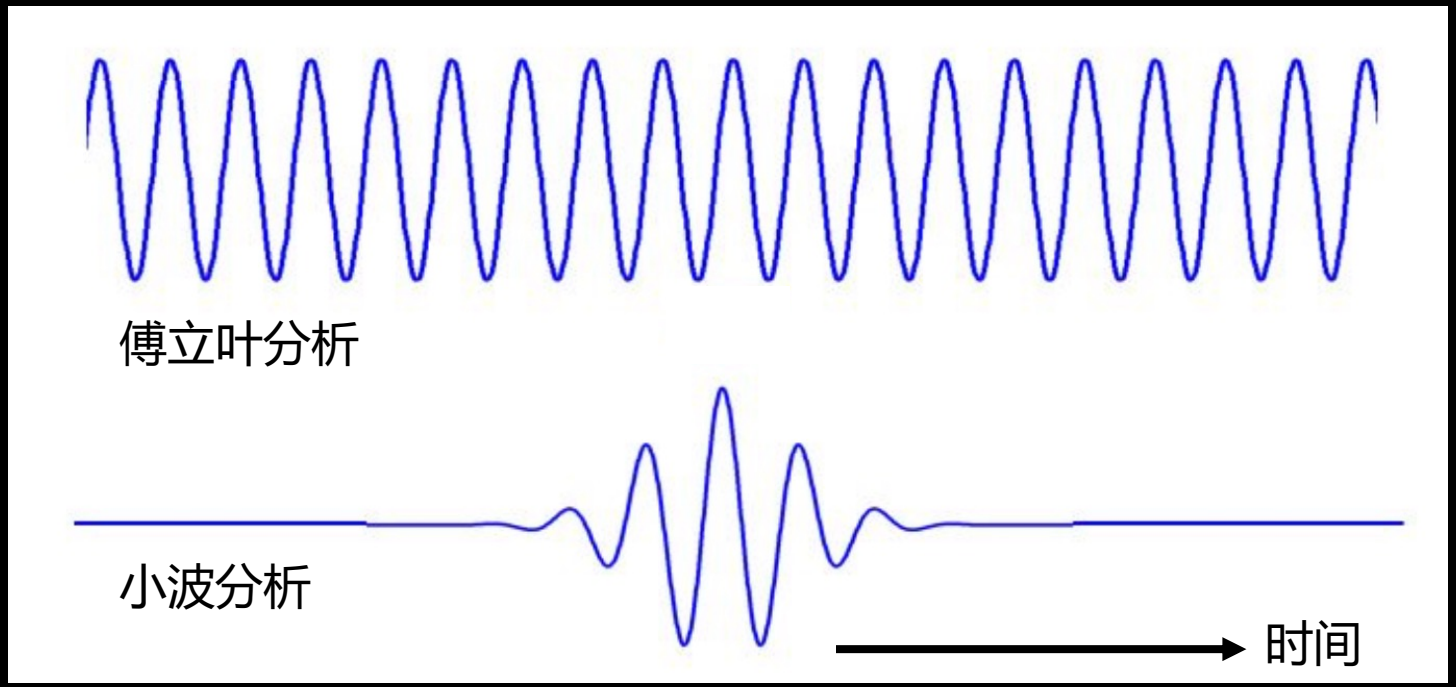
- [1.00 - 2.97] GV Φ_e-x 1
- [2.97 - 4.88] GV Φ_e-x 2
- [4.88 - 7.09] GV Φ_e-x 4
- [7.09 - 10.1] GV Φ_e-x 8
- [10.1 - 19.5] GV Φ_e-x 25
- [19.5 – 41.9] GV Φ_e-x 128

分析电子流强的精细时间结构

Preliminary data, refer to upcoming AMS publication



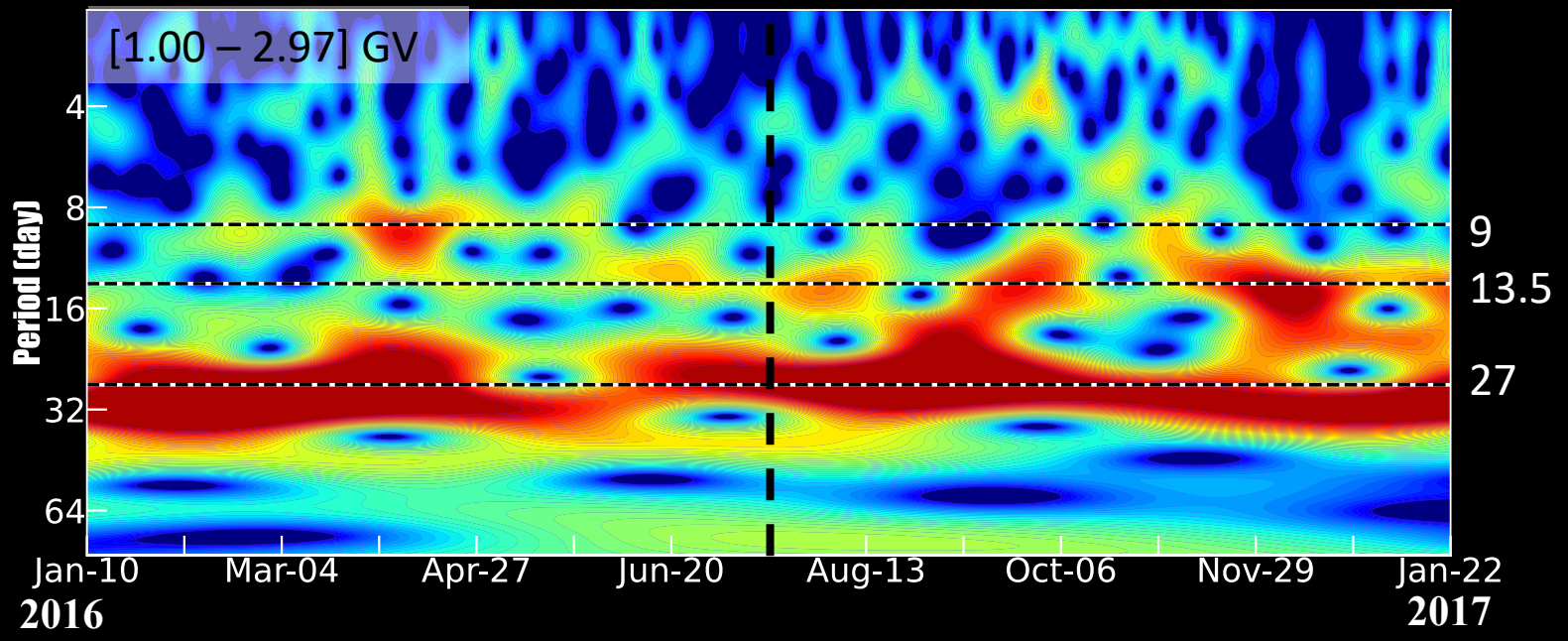
小波分析

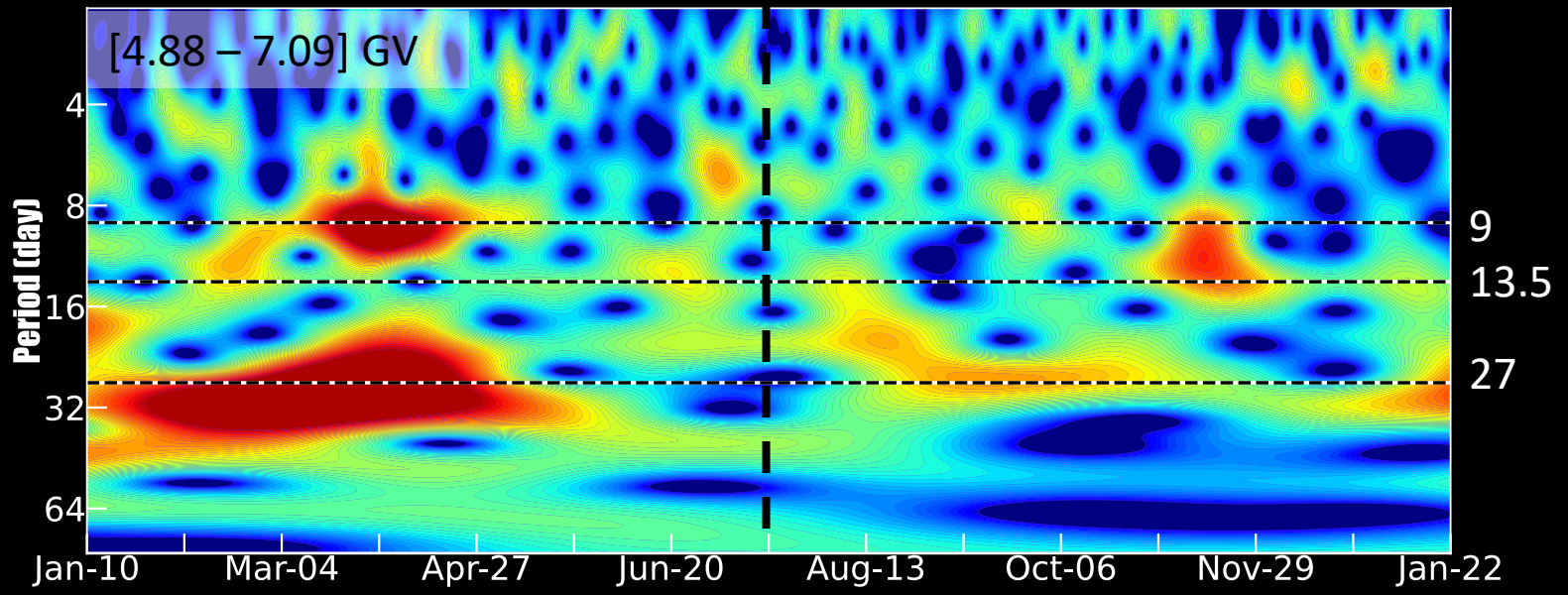


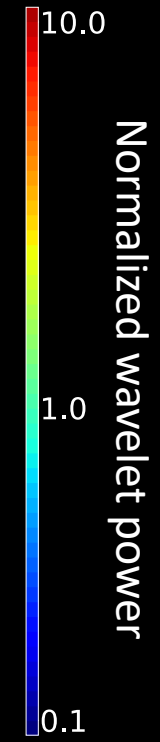
- 小波分析是一种研究能谱周期性特征的算法
- 与傅立叶变换不同，小波分析选取的基函数振幅会随着时间有不同程度的衰减，从而实现对周期局域化的分析

电子流强的周期性特征

Preliminary data, refer to upcoming AMS publication



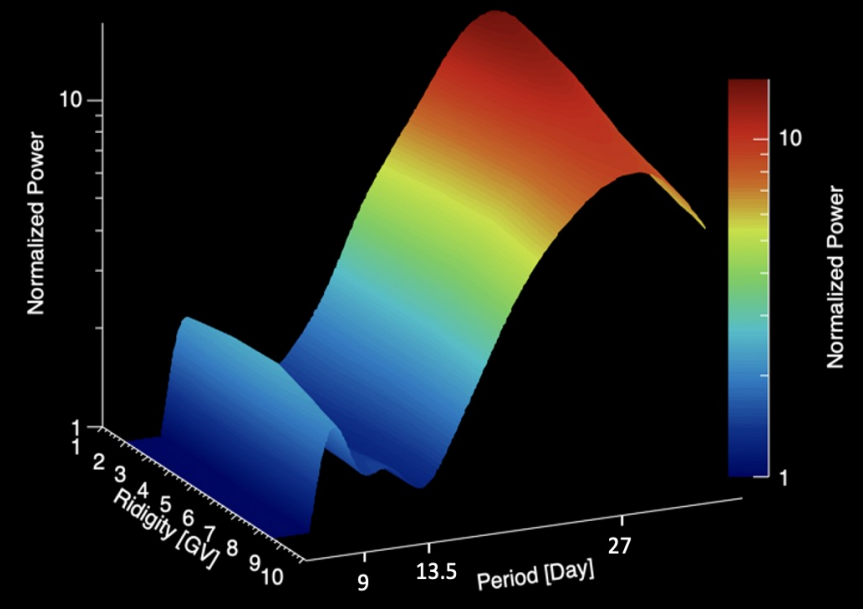




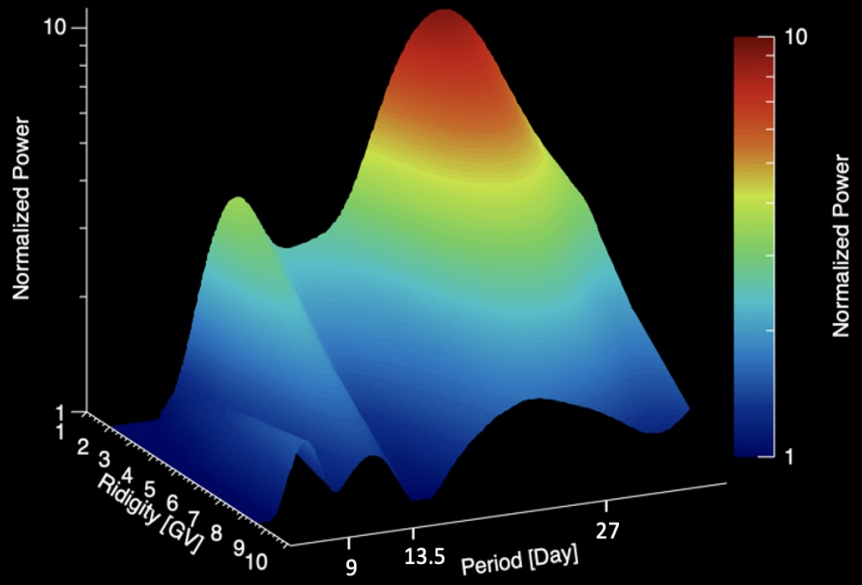
电子流强的周期特征与刚度的依赖关系

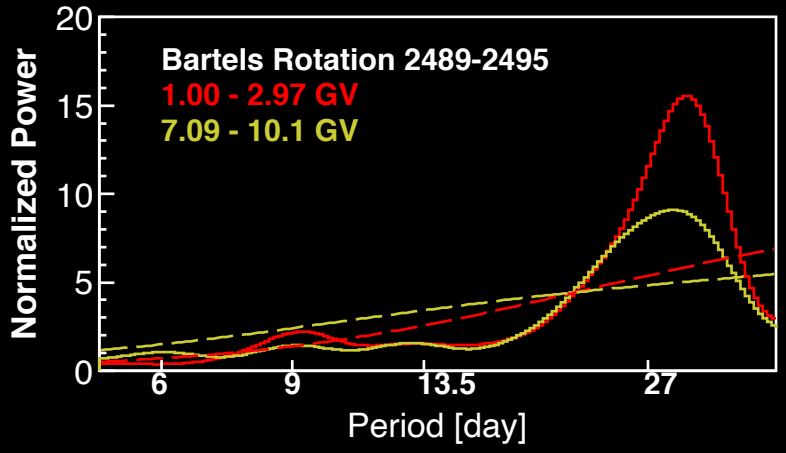
Preliminary data, refer to upcoming AMS publication

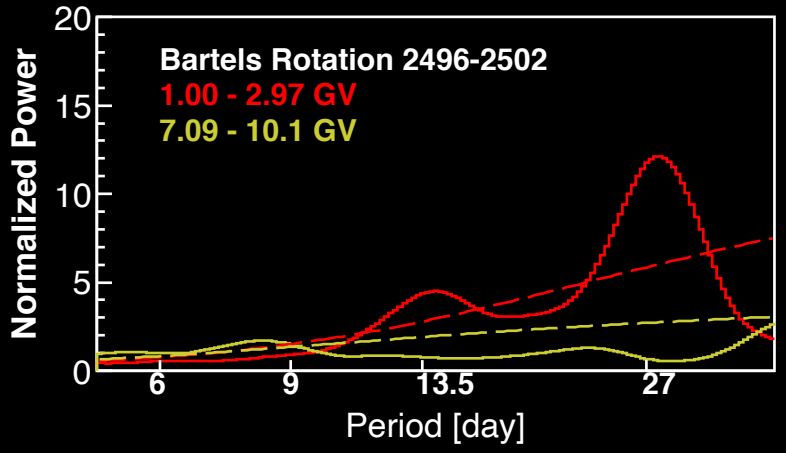
2016上半年



2016下半年

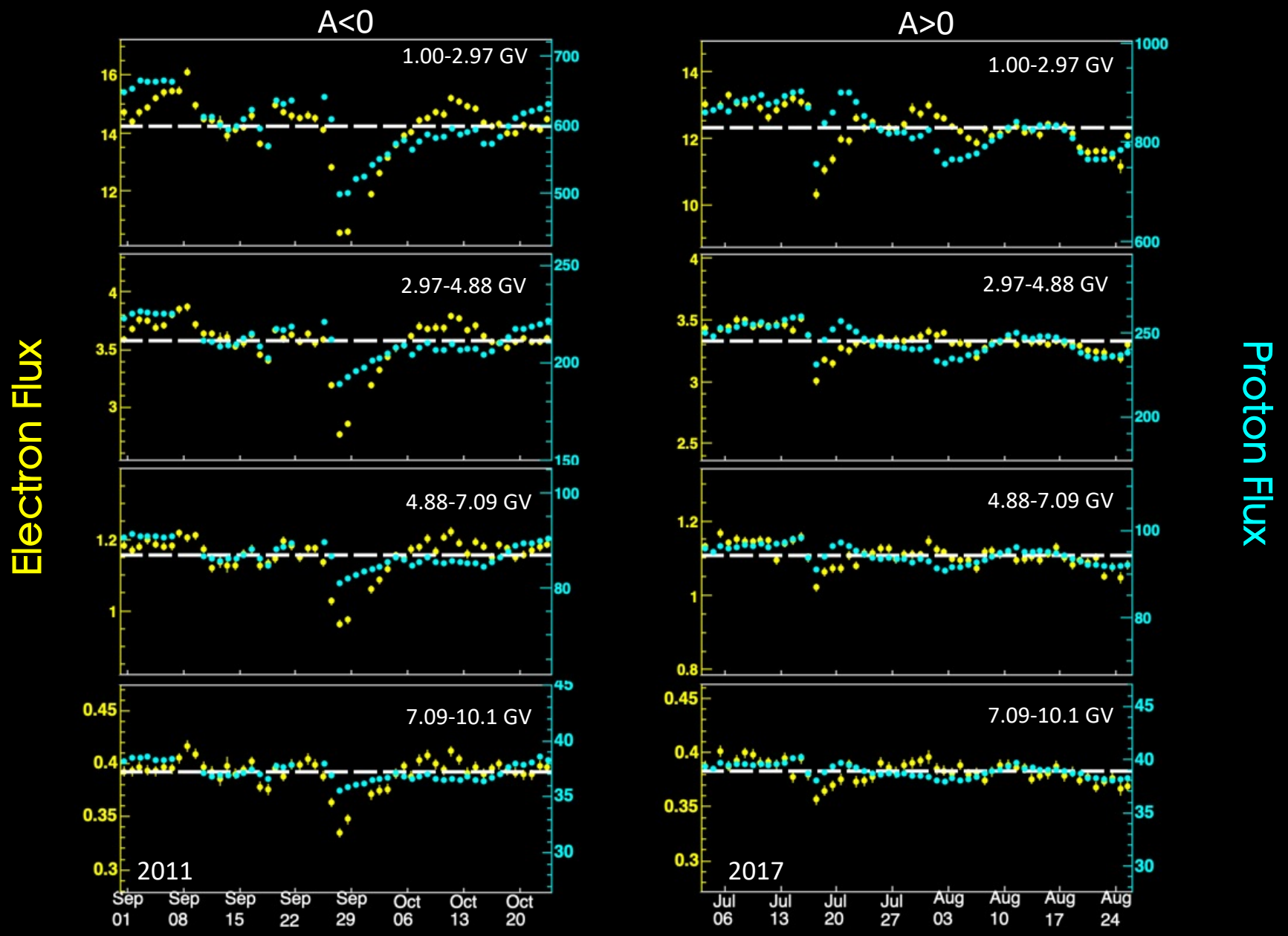






电子流强中观测到的福布斯下降事件

Preliminary data, refer to upcoming AMS publication



总结

- 利用AMS所收集的宇宙线数据，精确测量了自2011年5月-2019年10月每天的电子流强
- 测量结果不但呈现出长周期变化趋势，也呈现出短周期特征
  - 可以在电子数据中观测到27天的周期
- 电子（Z=-1）与质子 (Z=+1)表现出不同的福布斯下降行为
- AMS将持续收集宇宙线数据，分析不同宇宙线成分流强，为研究太阳物理提供重要的实验支持