

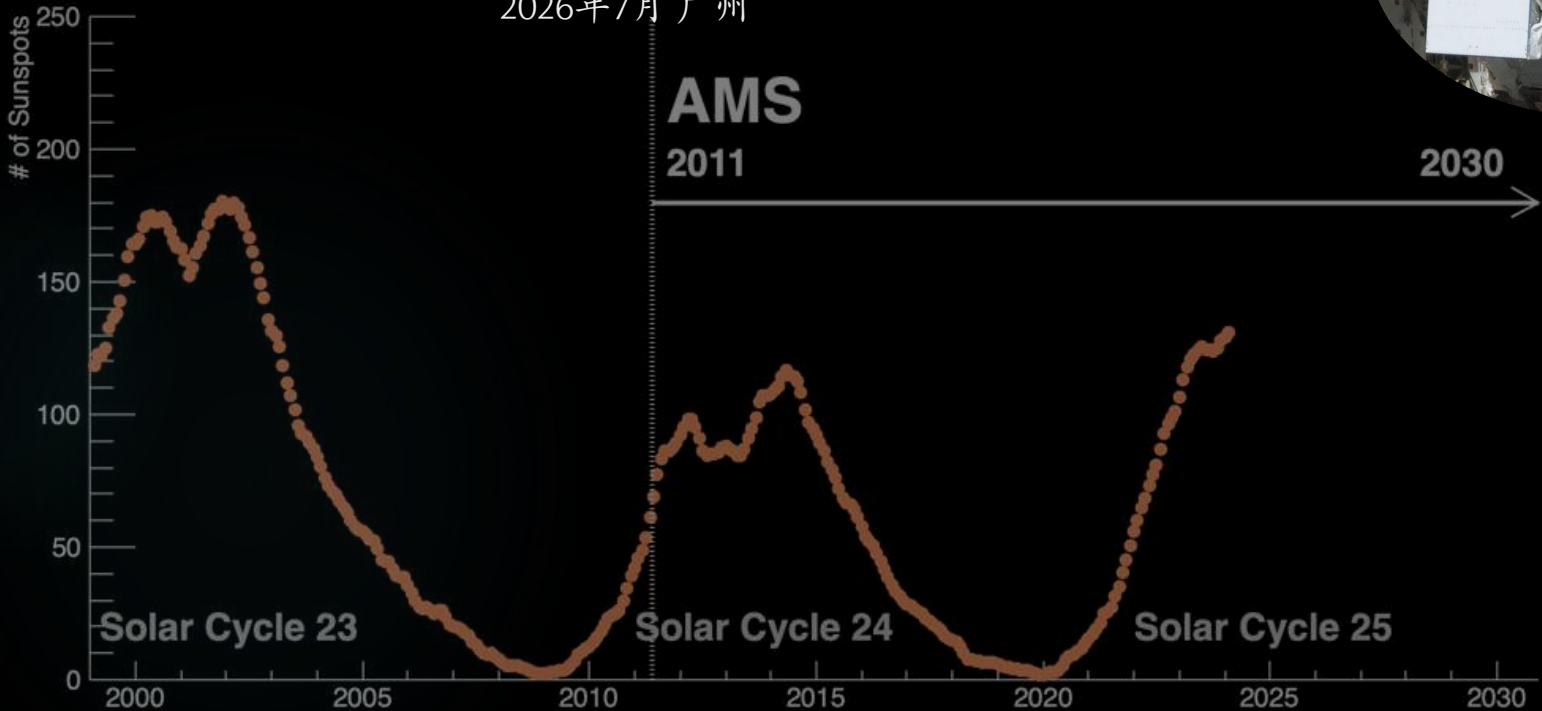
太阳周期中的宇宙线时间变化

唐志成 高能物理研究所

中国物理学会高能物理分会第十二届全国会员代表大会暨学术年会

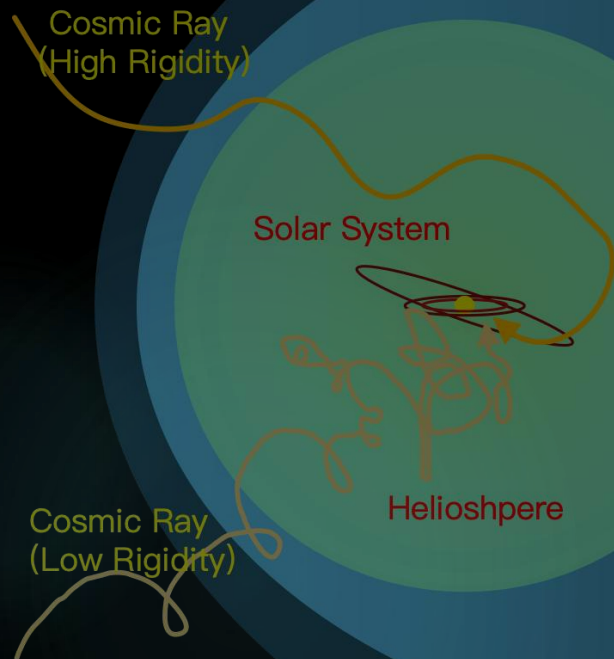
第十五届全国粒子物理学术会议

2026年7月 广州

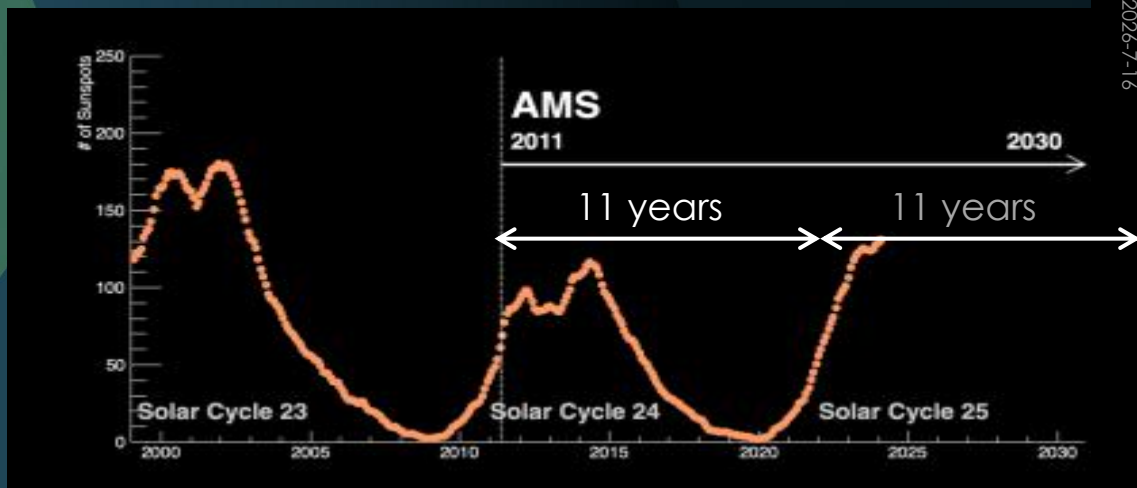


宇宙线在太阳系内的传播

2



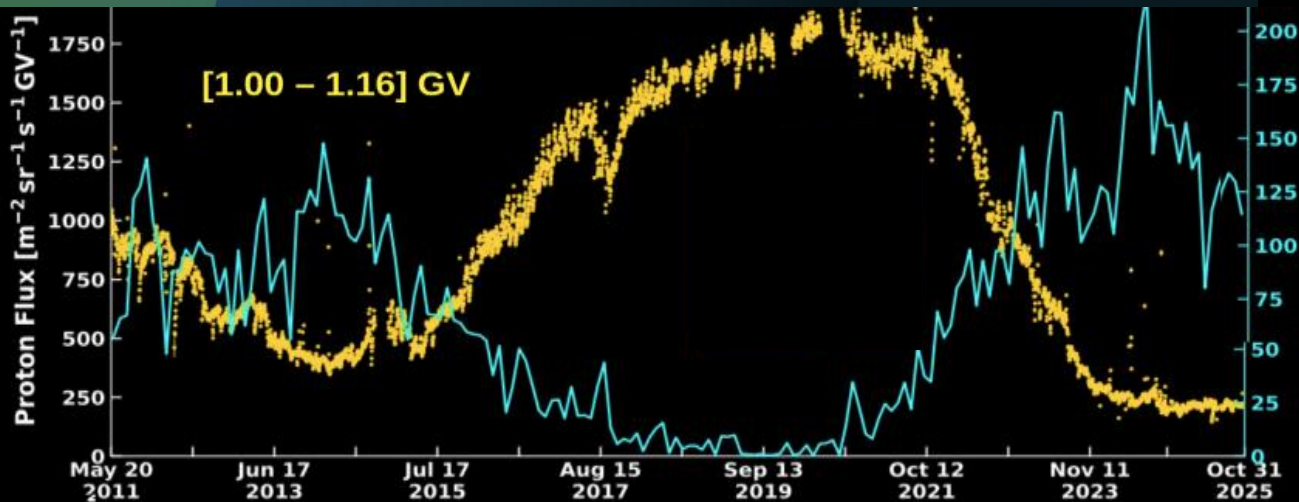
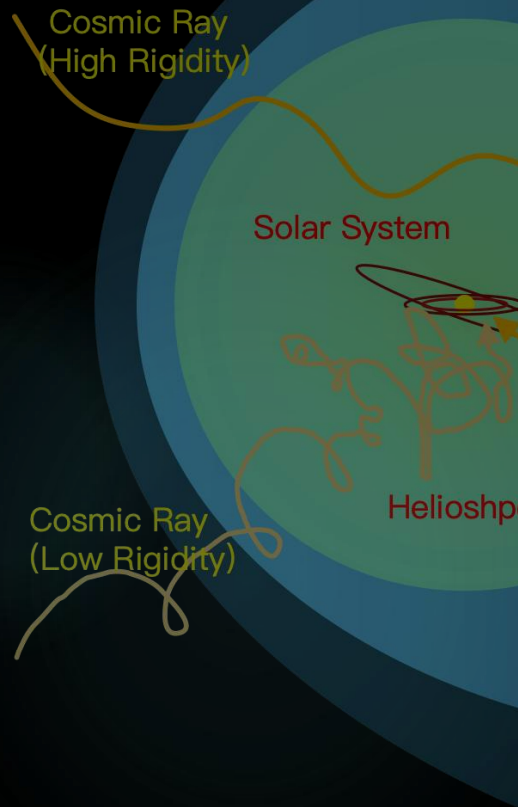
- ▶ 太阳调制：带电宇宙线在太阳磁场内经过传播过程，流强受强烈影响
- ▶ 调制强度随着太阳长期和短期活动变化



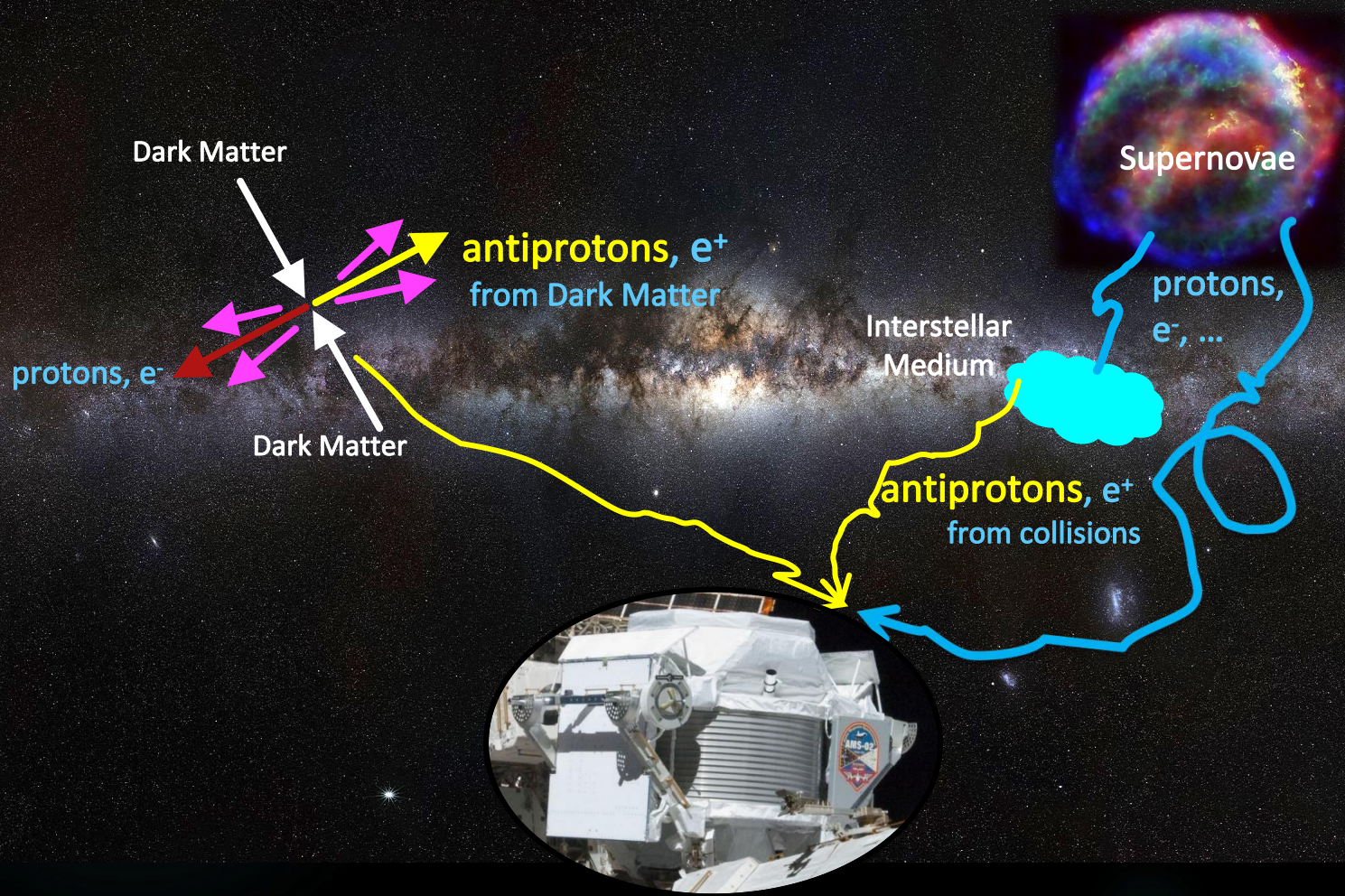
宇宙线在太阳系内的传播

3

- ▶ 太阳调制：带电宇宙线在太阳磁场内经过传播过程，流强受强烈影响
- ▶ 调制强度随着太阳长期和短期活动变化



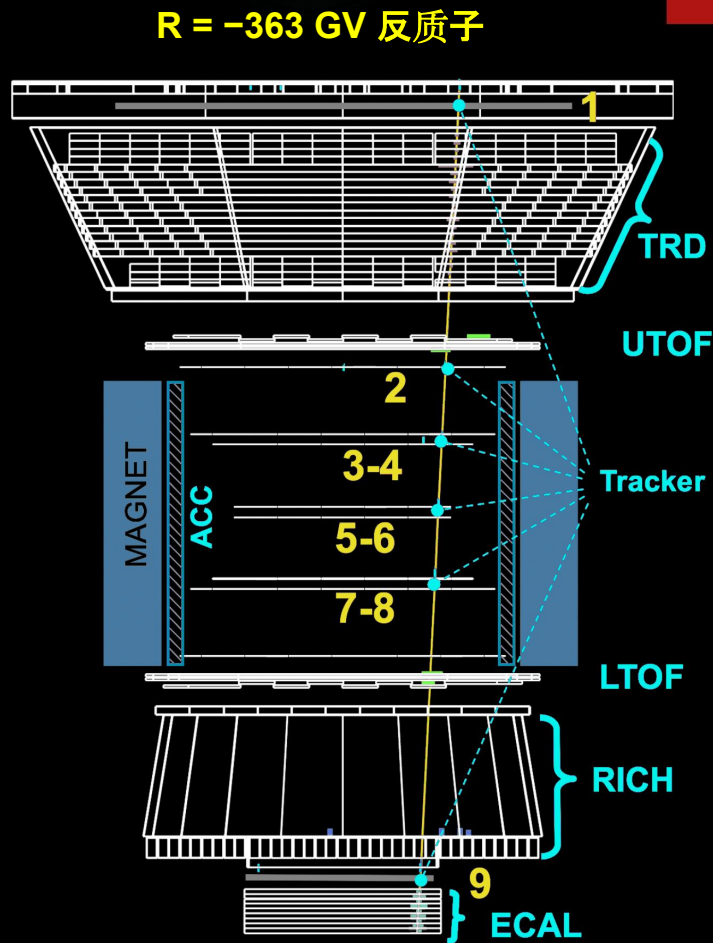
宇宙线中的反质子



AMS对宇宙线反质子的测量

5

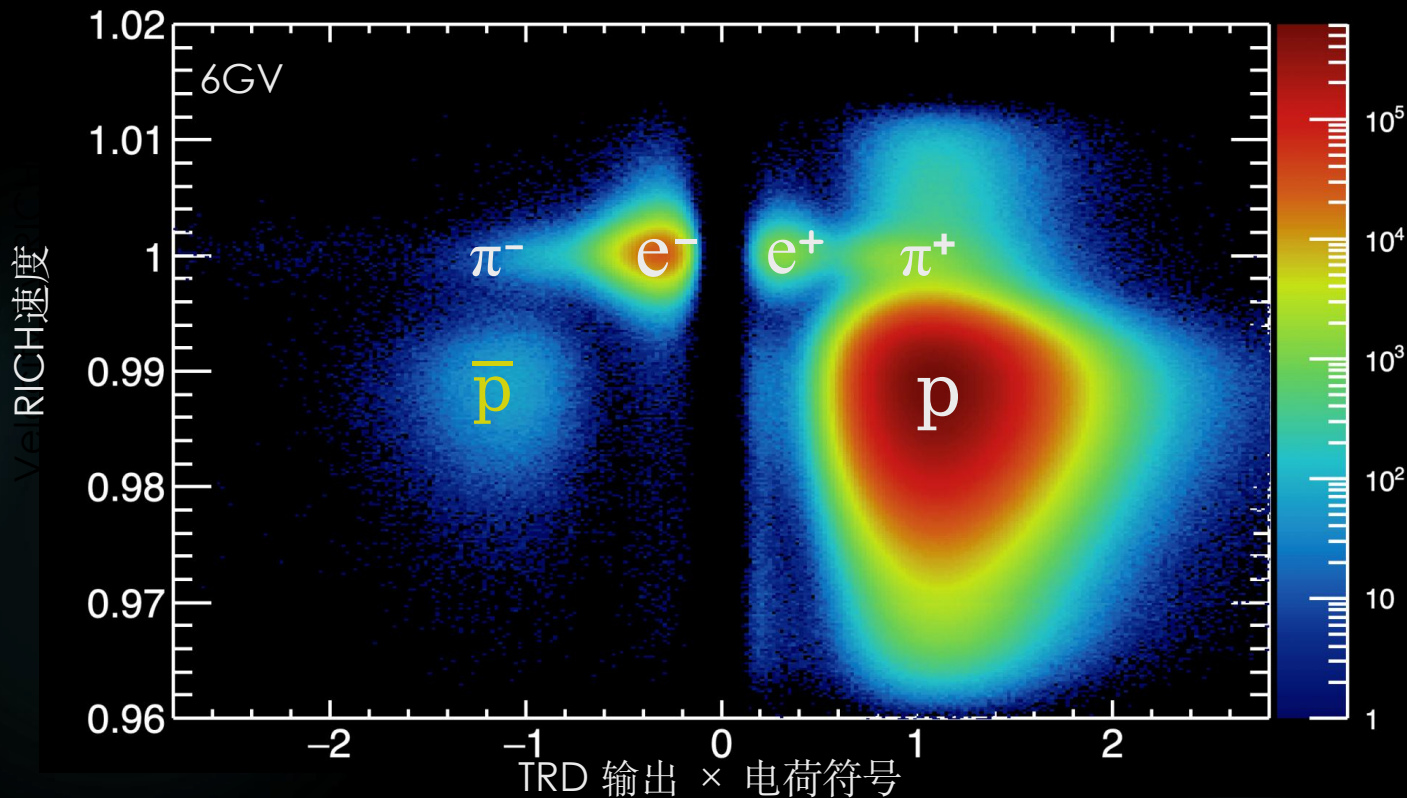
- ▶ 宇宙线反质子流强仅为质子的 $\sim 10^{-4}$
- ▶ 要达到百分之几的测量精度，本底排斥能力需达到 10^6
- ▶ AMS是目前唯一能精确测量反质子的实验
- ▶ Tracker + 磁铁
测量刚度、电荷，区分质子、原子核
- ▶ TRD & ECAL
排除电子本底
- ▶ TOF & RICH
选择从上往下粒子，测量速度



AMS对反质子的鉴别

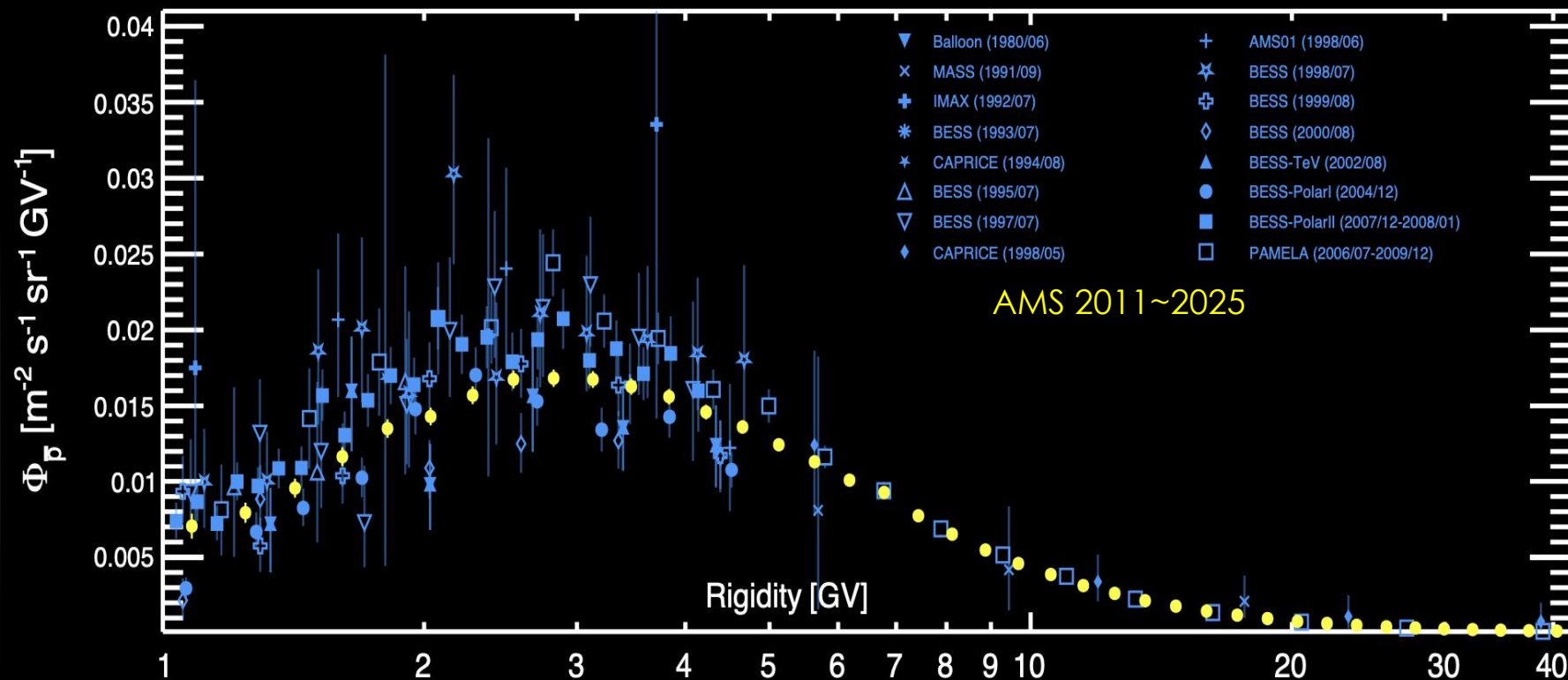
- ▶ AMS可以精准鉴别各种入射粒子
- ▶ 反质子信号和本底（电子、pion本底）区分很好

6



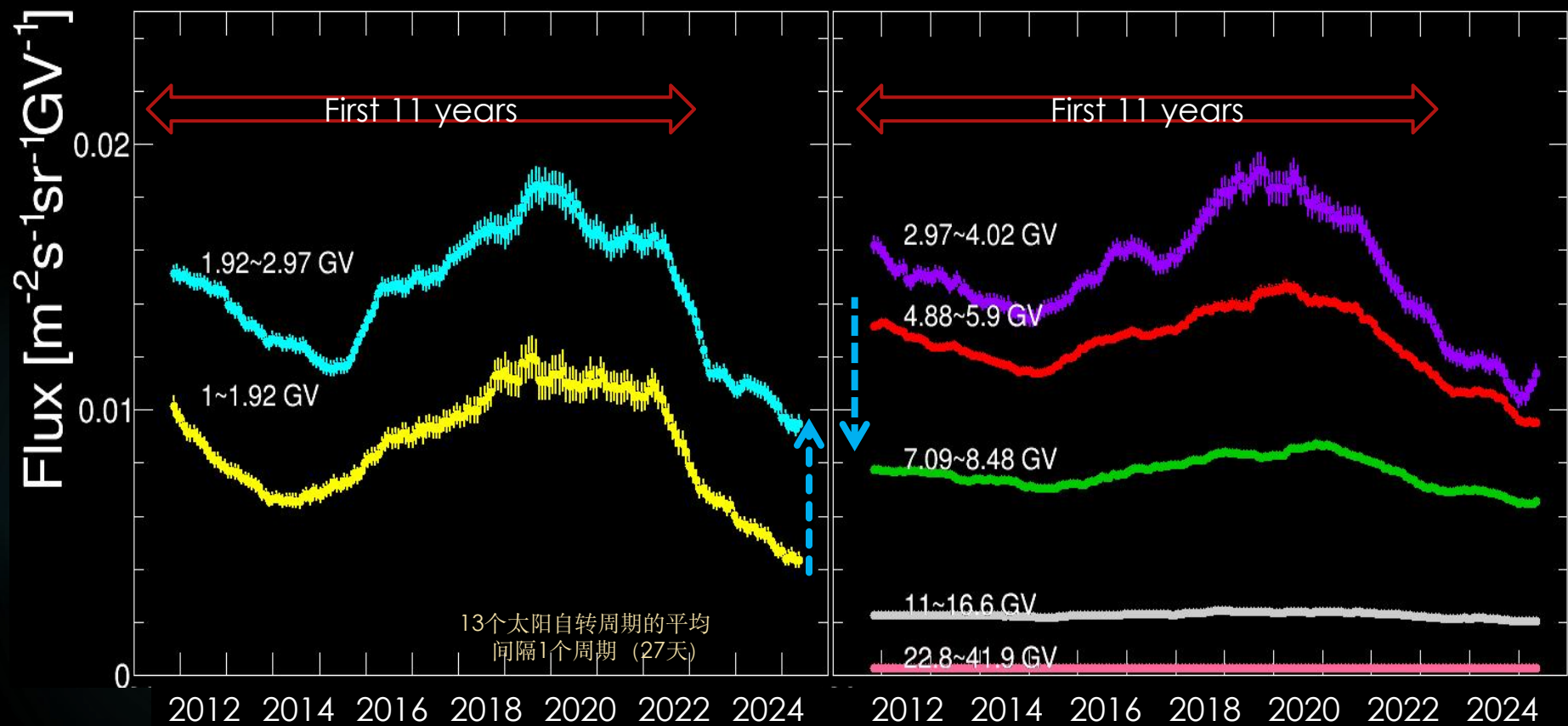
AMS测量的宇宙线反质子

7



宇宙线反质子流强的时间变化

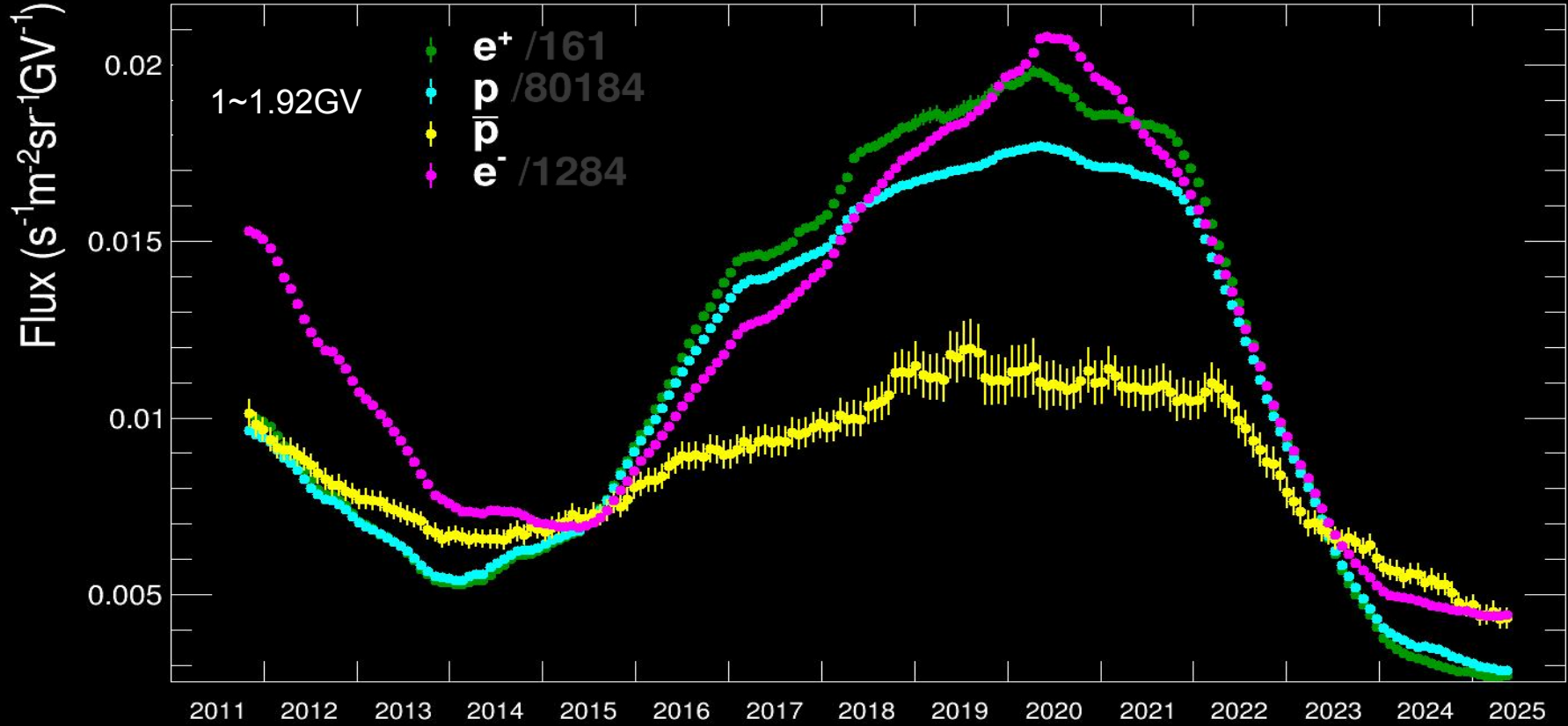
详见 PRL 134, 051002 (2025) 及未来AMS文章



宇宙线基本电荷粒子随时间的变化

反质子与其他粒子显著不同

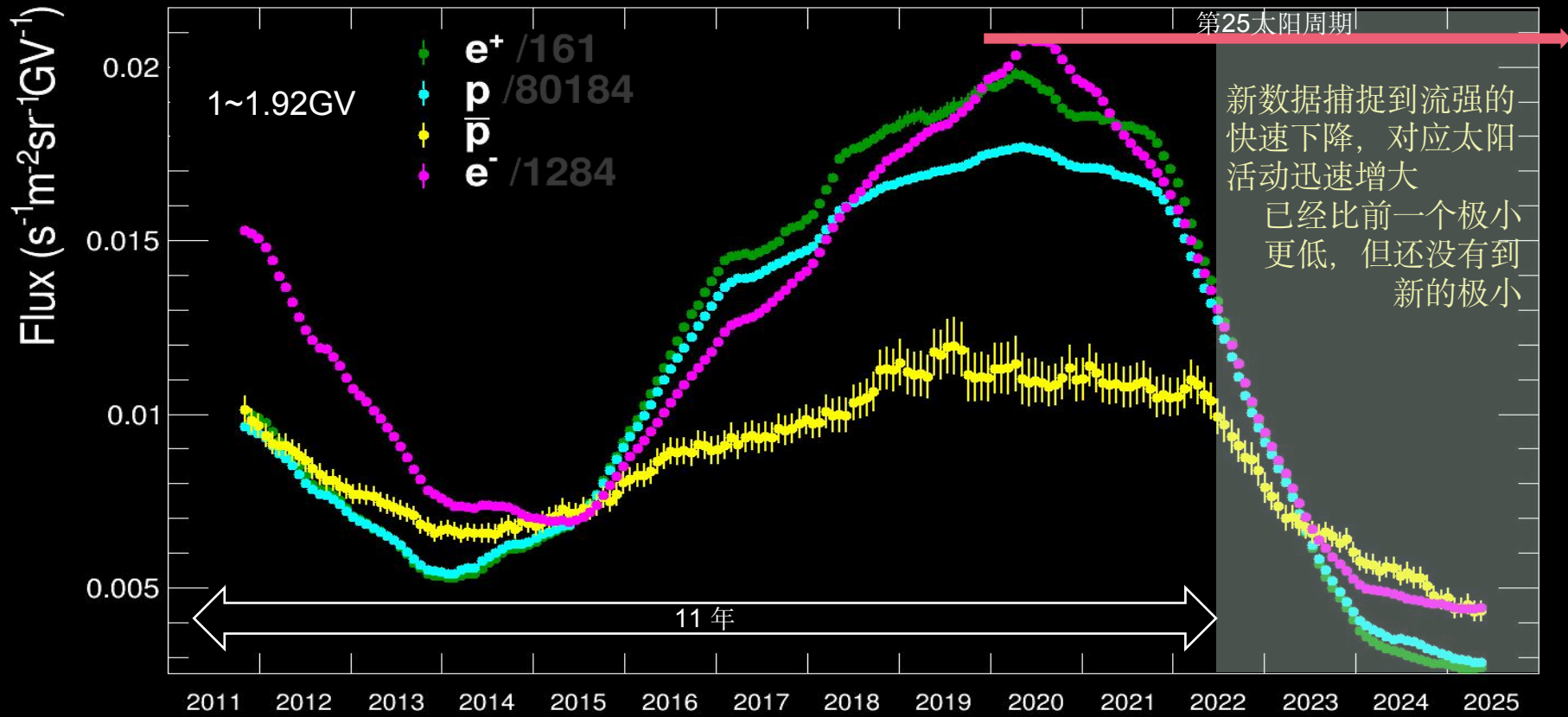
详见 PRL 134, 051002 (2025) 及未来AMS文章



详见苏彤等的报告

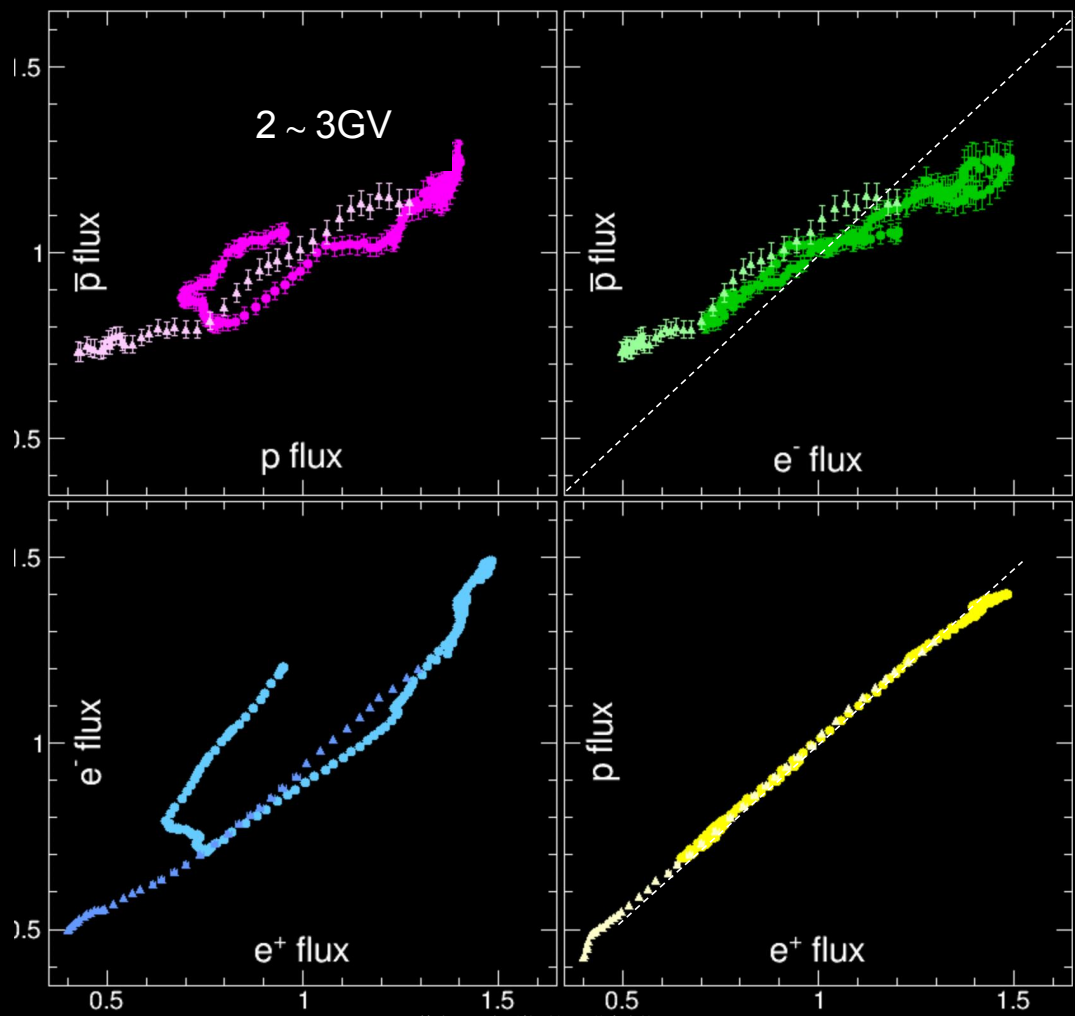
宇宙线基本电荷粒子随时间的变化

详见 PRL 134, 051002 (2025) 及未来AMS文章



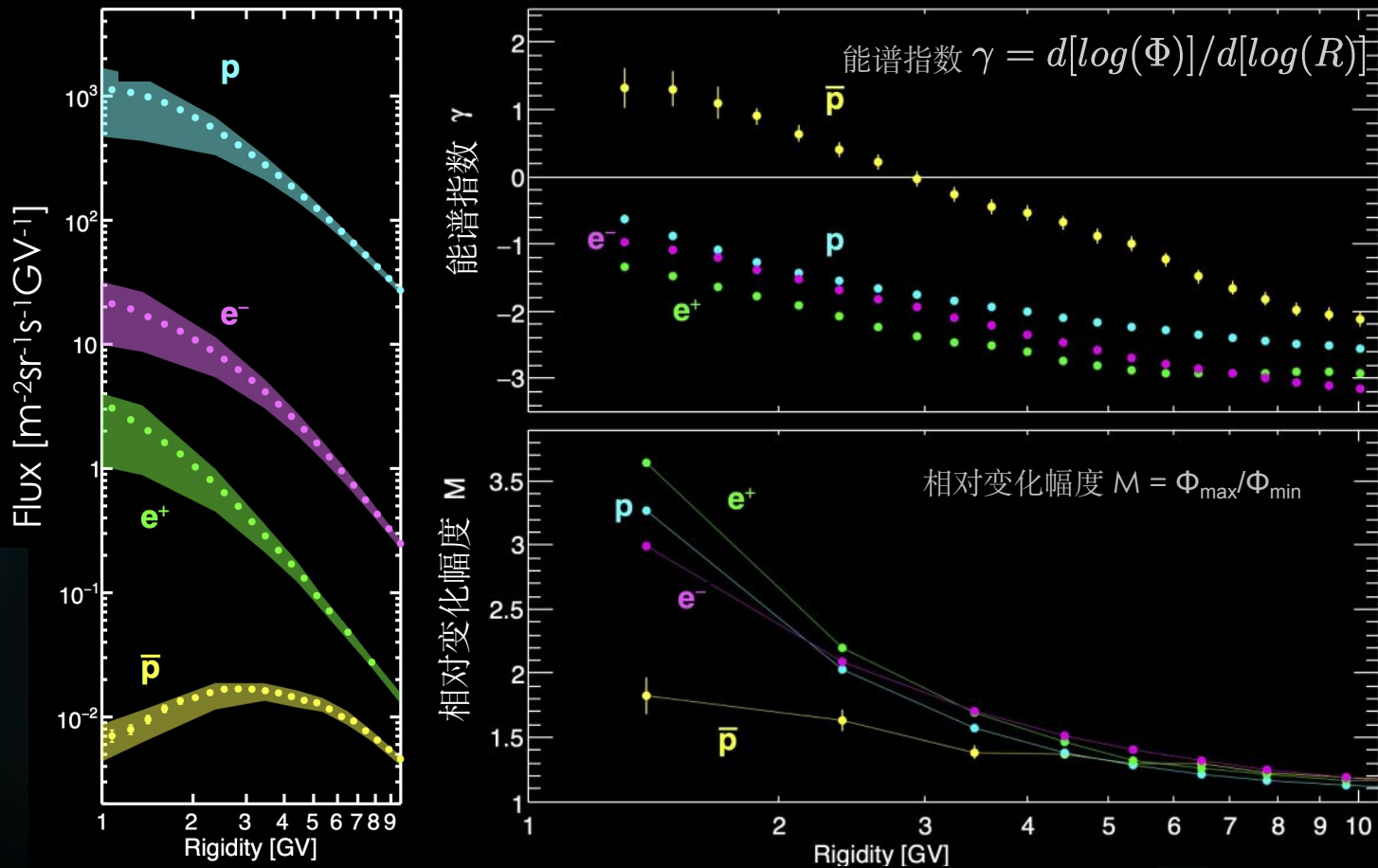
流强的相关性分析

相反电荷
迟滞现象

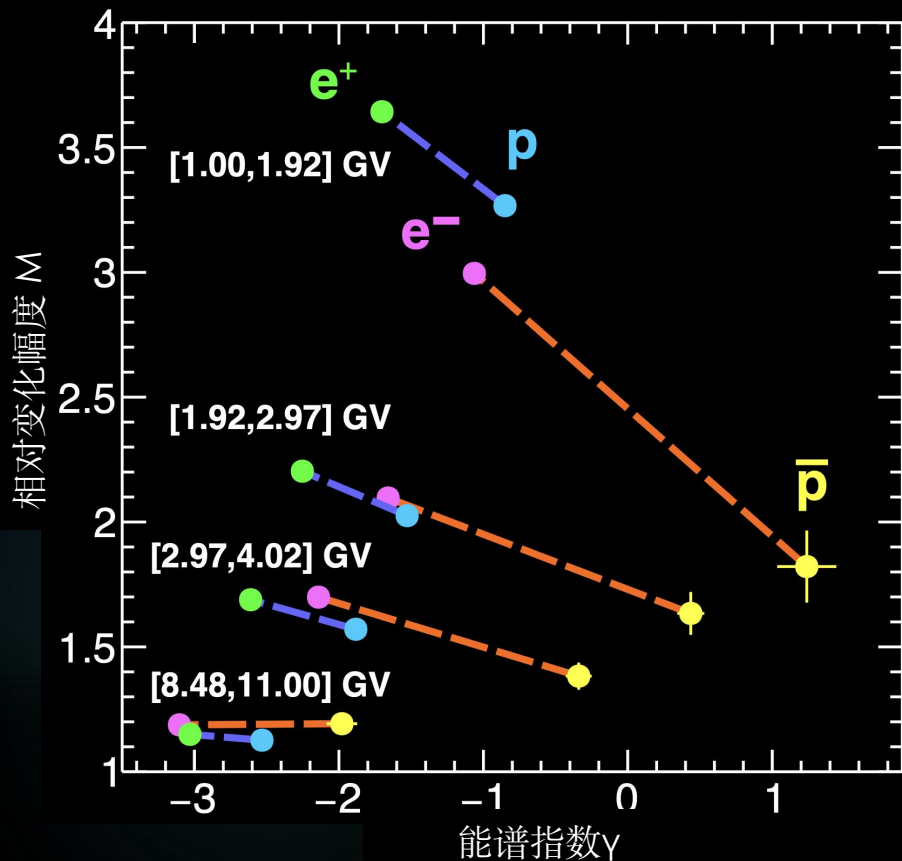


相同电荷
线性关系

11年周期内的流强变化幅度与能谱形状

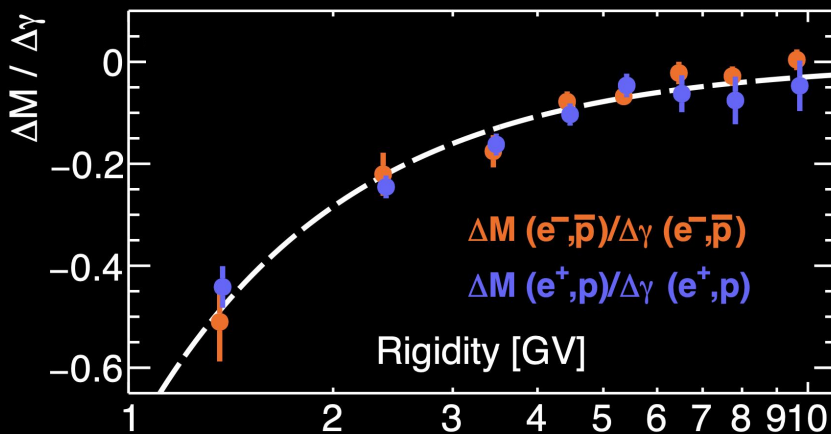


变化幅度与能谱指数



- 每个刚度区间中，正负电荷粒子都有明显的 γ 和 M 的关联： γ 越大 M 越小

- ΔM 与 $\Delta \gamma$ 的比例在高压趋近于0
- 这个比例对于正电荷和负电荷粒子是一样的



- ▶ 利用14.5年AMS数据测量了宇宙线反质子的时间变化情况，并分析了同步测量的质子、电子、正电子随时间变化
- ▶ 反质子与质子流强存在迟滞现象，反质子与电子流强基本为线性关系，但反质子变化幅度更小
- ▶ 模型无关分析表明，除了电荷符号、粒子质量等因素影响以外，各种粒子在一个太阳周期内的流强变化幅度与能谱形状存在统一的相关性

小结

- ▶ 利用14.5年AMS数据测量了宇宙线反质子的时间变化情况，并分析了同步测量的质子、电子、正电子随时间变化
- ▶ 反质子与质子流强存在迟滞现象，反质子与电子流强基本为线性关系，但反质子变化幅度更小
- ▶ 模型无关分析表明，除了电荷符号、粒子质量等因素影响以外，各种粒子在一个太阳周期内的流强变化幅度与能谱形状存在统一的相关性
- ▶ AMS将持续运行到至少2030年，届时将可以覆盖两个太阳周期，为太阳调制和宇宙线的研究提供独有的测量数据

15

