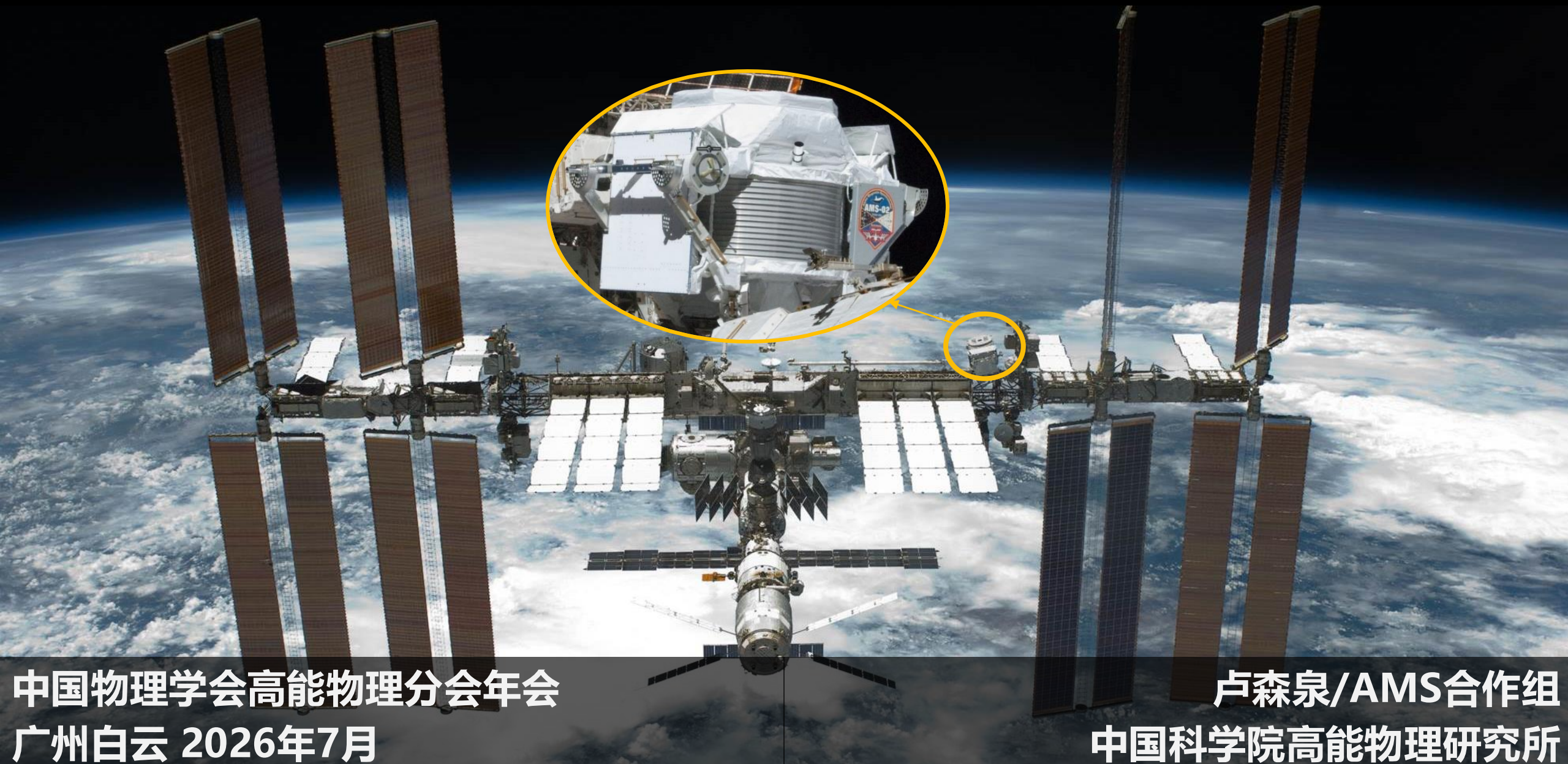


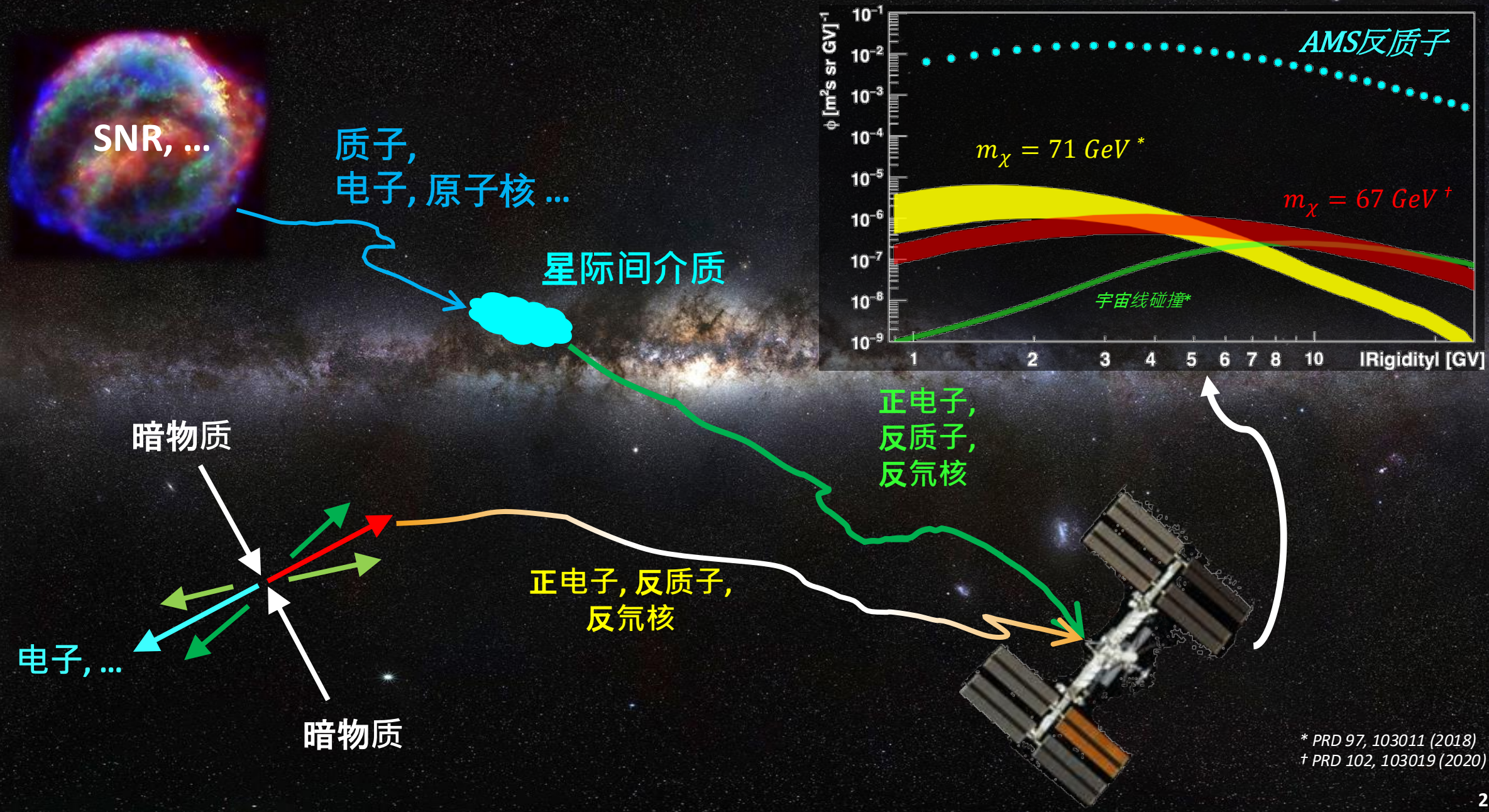
阿尔法磁谱仪对宇宙线反氦的搜寻



中国物理学会高能物理分会年会
广州白云 2026年7月

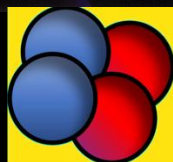
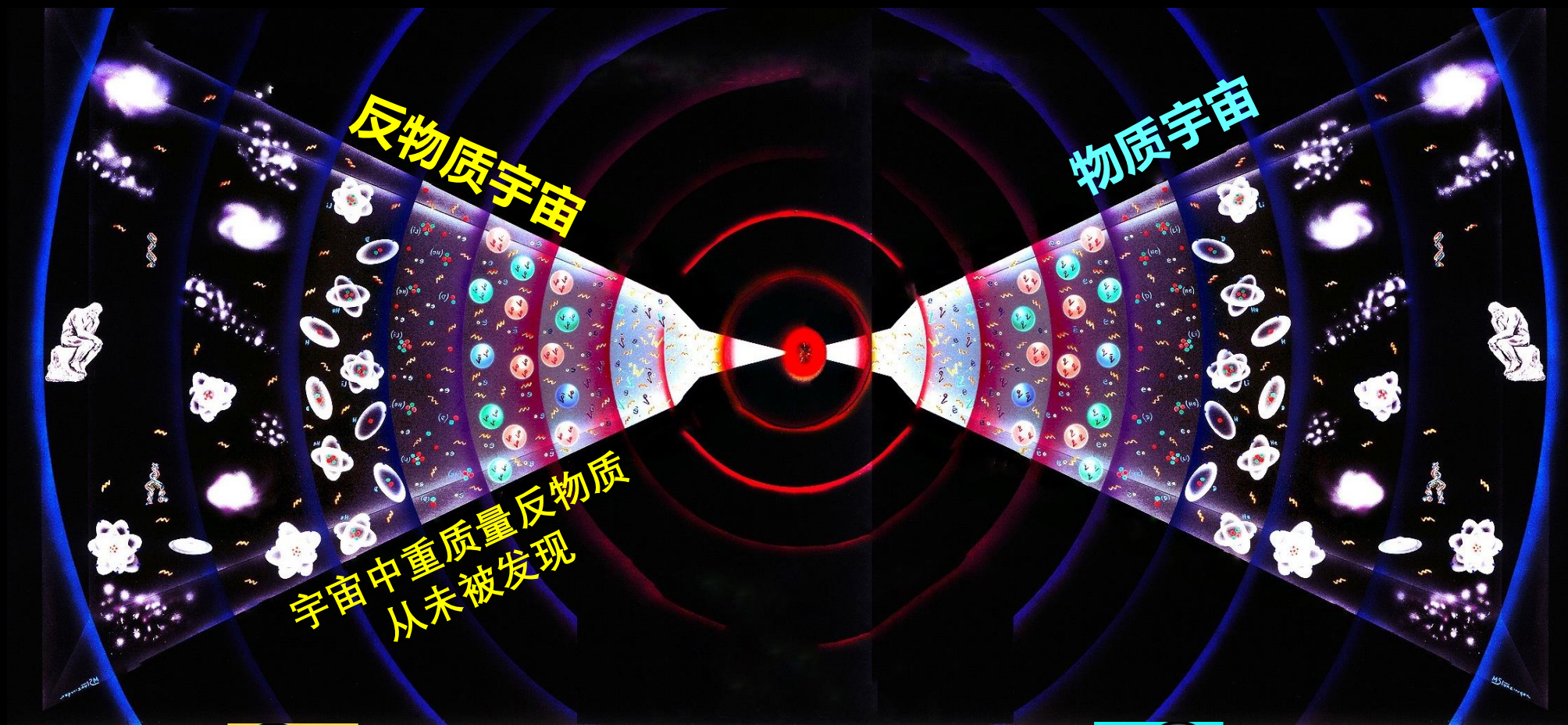
卢森泉/AMS合作组
中国科学院高能物理研究所

通过宇宙线反粒子探寻新物理

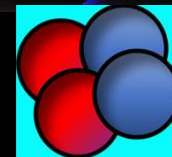


正反物质不对称

按宇宙大爆炸起源理论在宇宙早期，物质-反物质应具有相同丰度。



反氦核 $Z=-2$
2反质子+2反中子

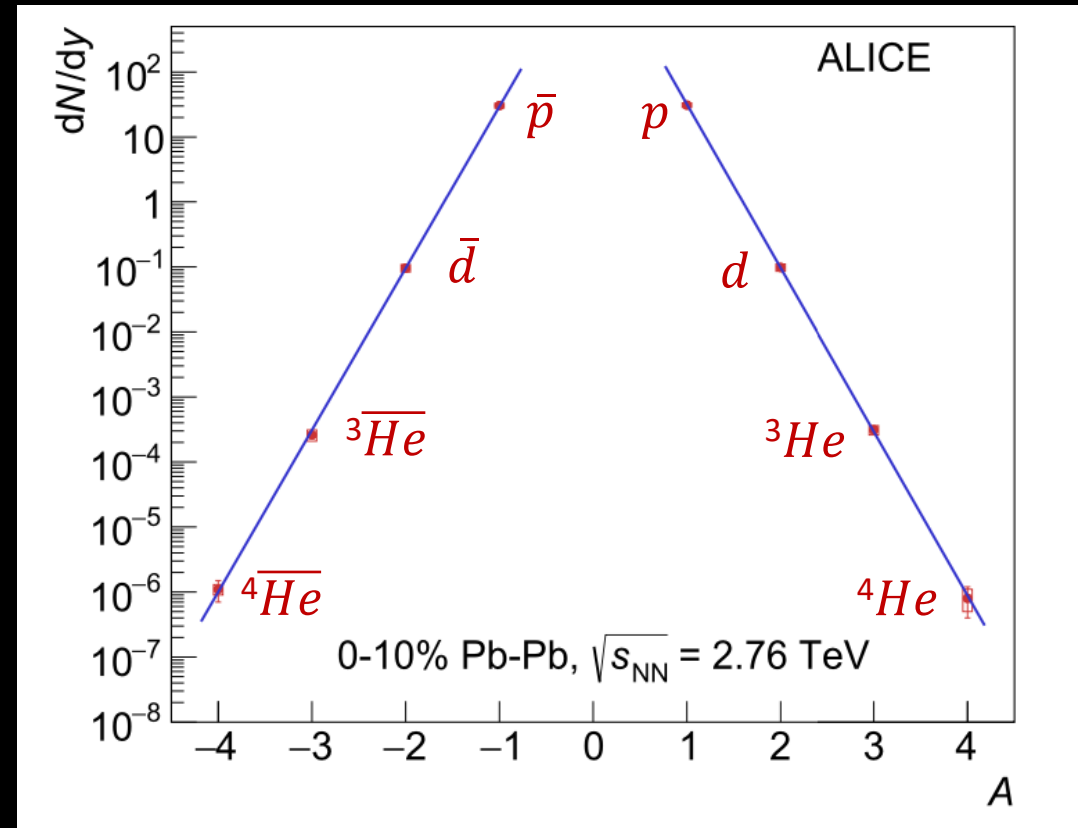
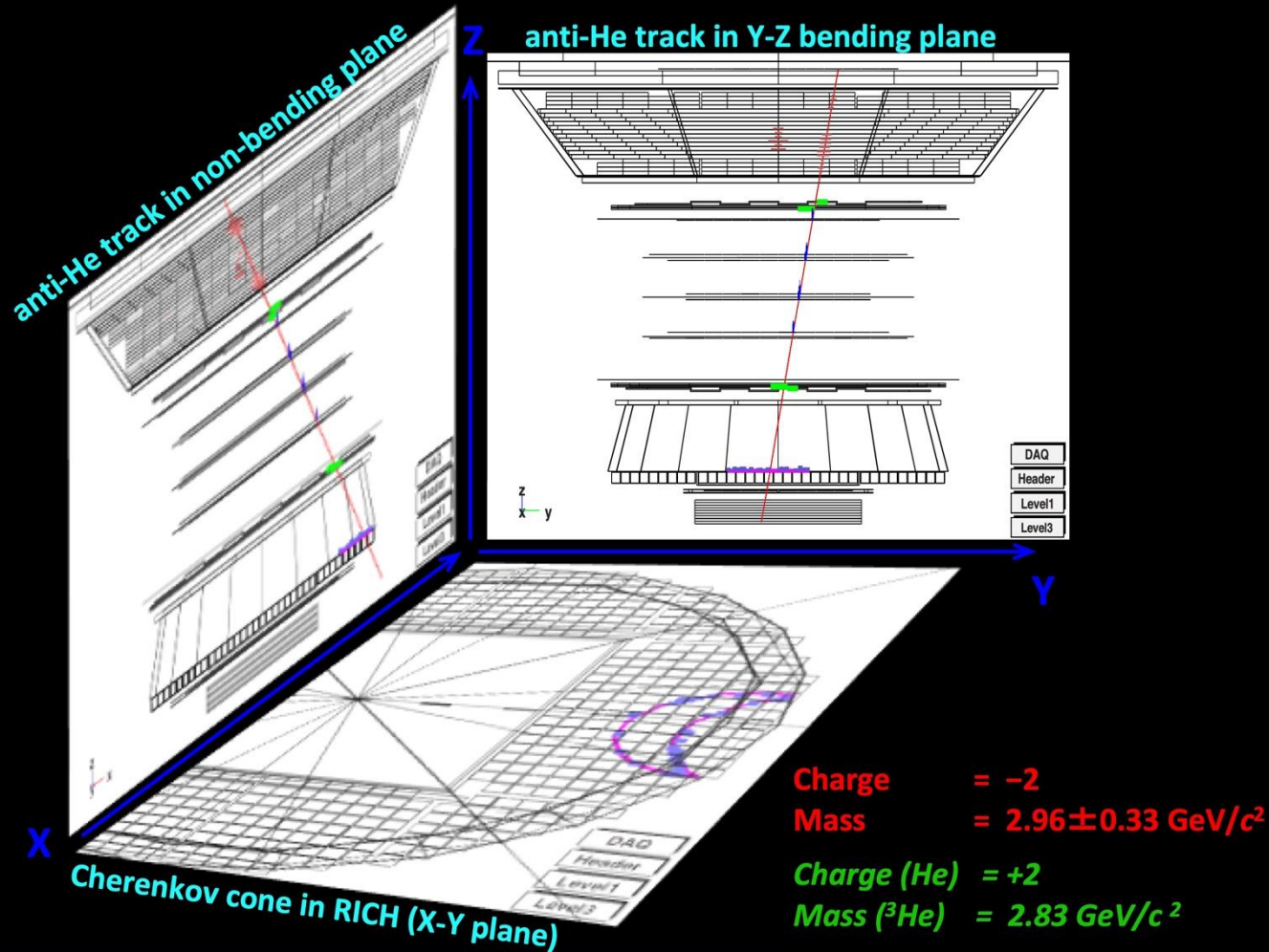


氦核 $Z=+2$
2质子+2中子

AMS 宇宙线反氦核测量

AMS过去曾报告过数个宇宙线反氦核候选事例。

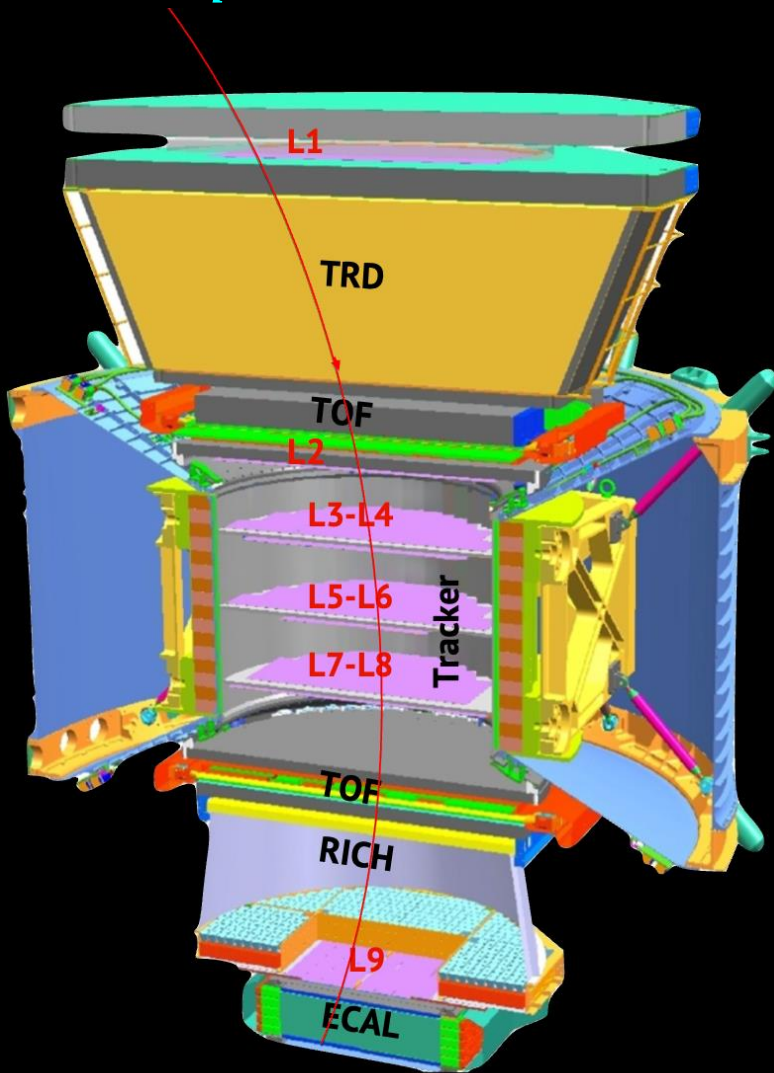
同时对宇宙线反氦核和反氦核进行探测对研究它们的起源有重要作用。



ALICE, Nucl. Phys. A 971 (2018) 1-20

AMS识别宇宙线反氦核的方法

- TRD 排除大部分 e^-
- $\bar{p}$, $\bar{d}$ 的主要区别为质量 $M = RZ/\beta\gamma$



Tracker + Magnet

Rigidity (R) and Charge Sign

$$R \cdot \Delta(1/R) \approx 10\% \text{ at } 10\text{GV}$$

TRD, Tracker, TOF, RICH

Charge Magnitude

Along Particle Trajectory

$$\Delta Z (Z=1) \approx 0.05-0.1$$

ToF

Velocity(β) and Direction by ΔT

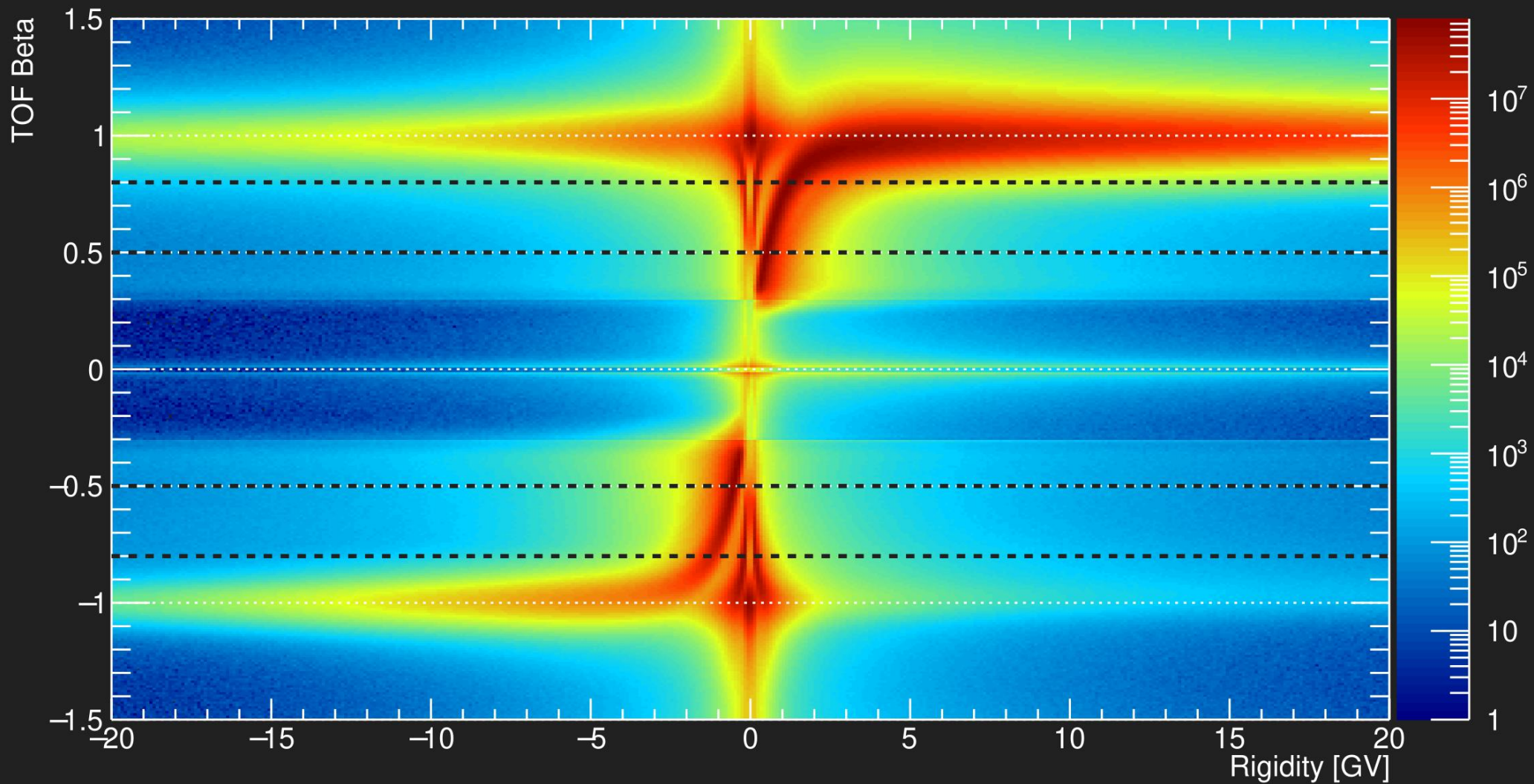
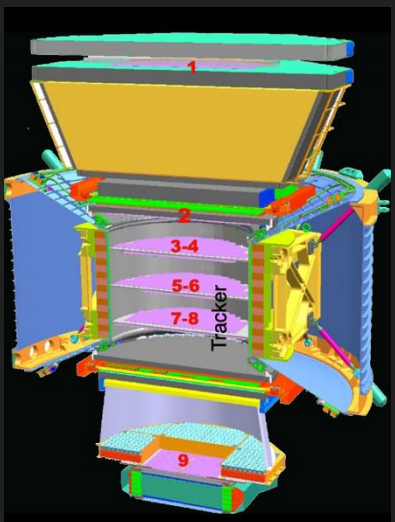
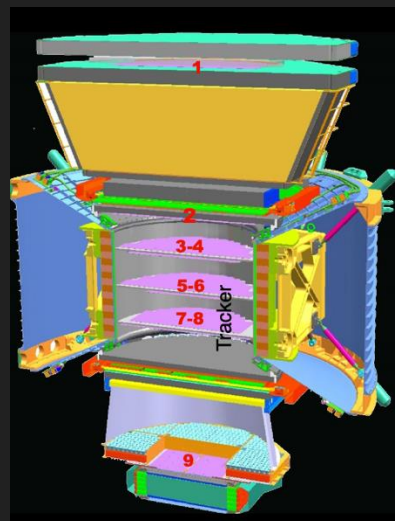
$$\Delta\beta/\beta^2 \approx 4\% (Z=1)$$

RICH

Velocity(β) by Cherenkov light

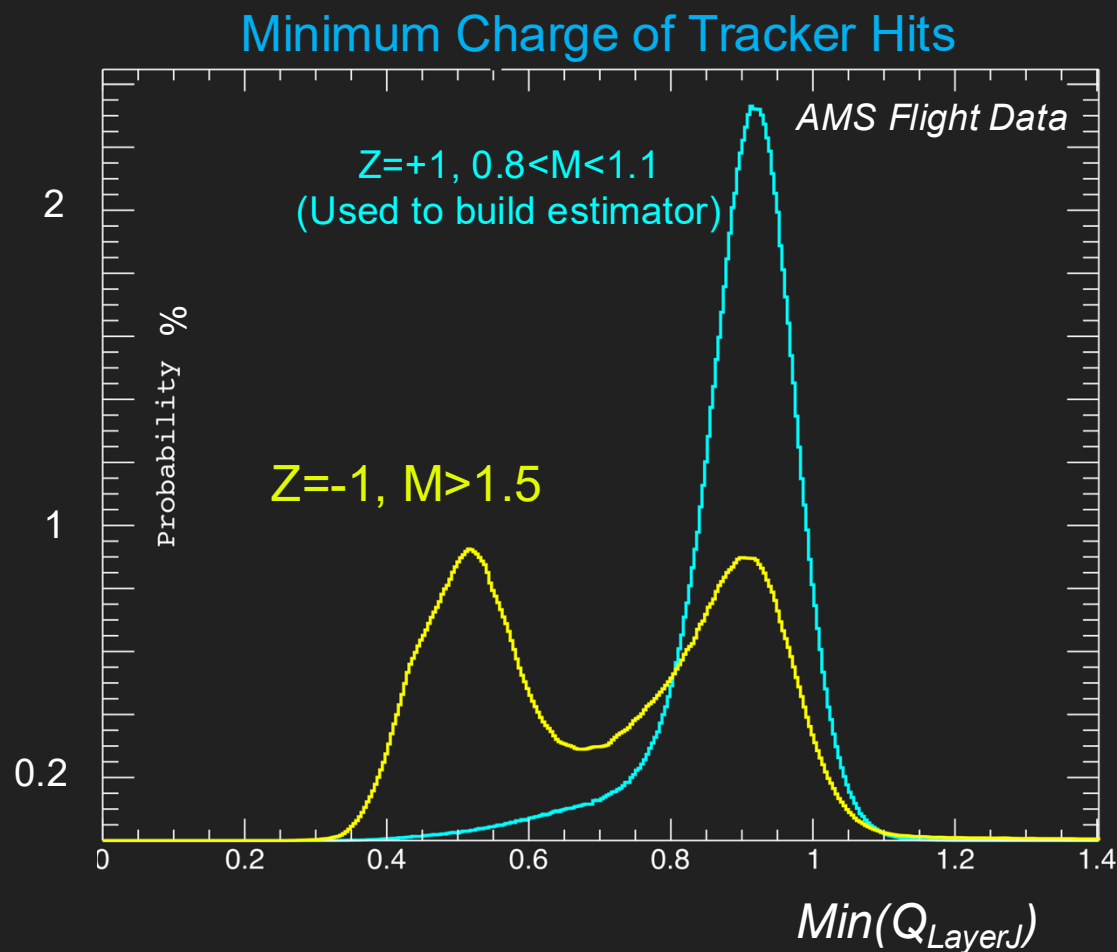
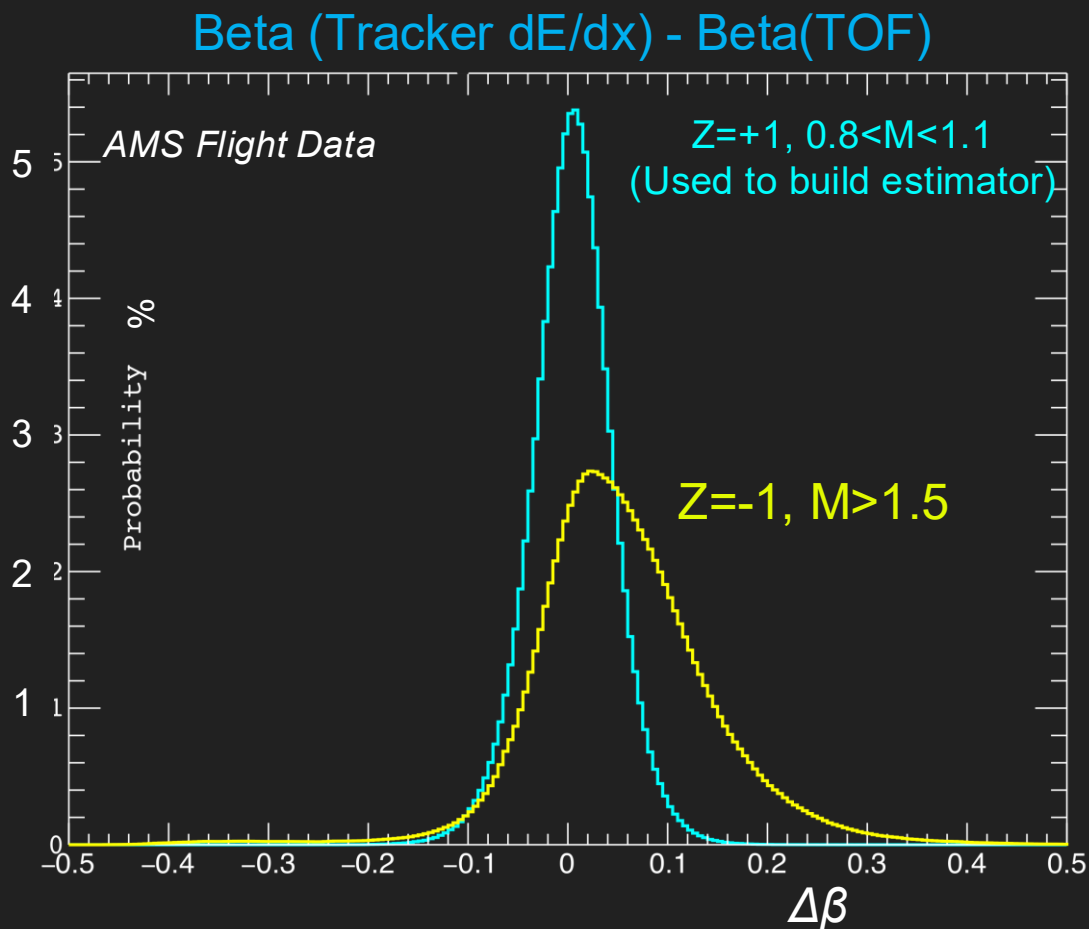
$$\Delta\beta/\beta \approx 0.1 - 0.4\% (Z=1)$$

AMS 粒子速度与磁刚度的测量



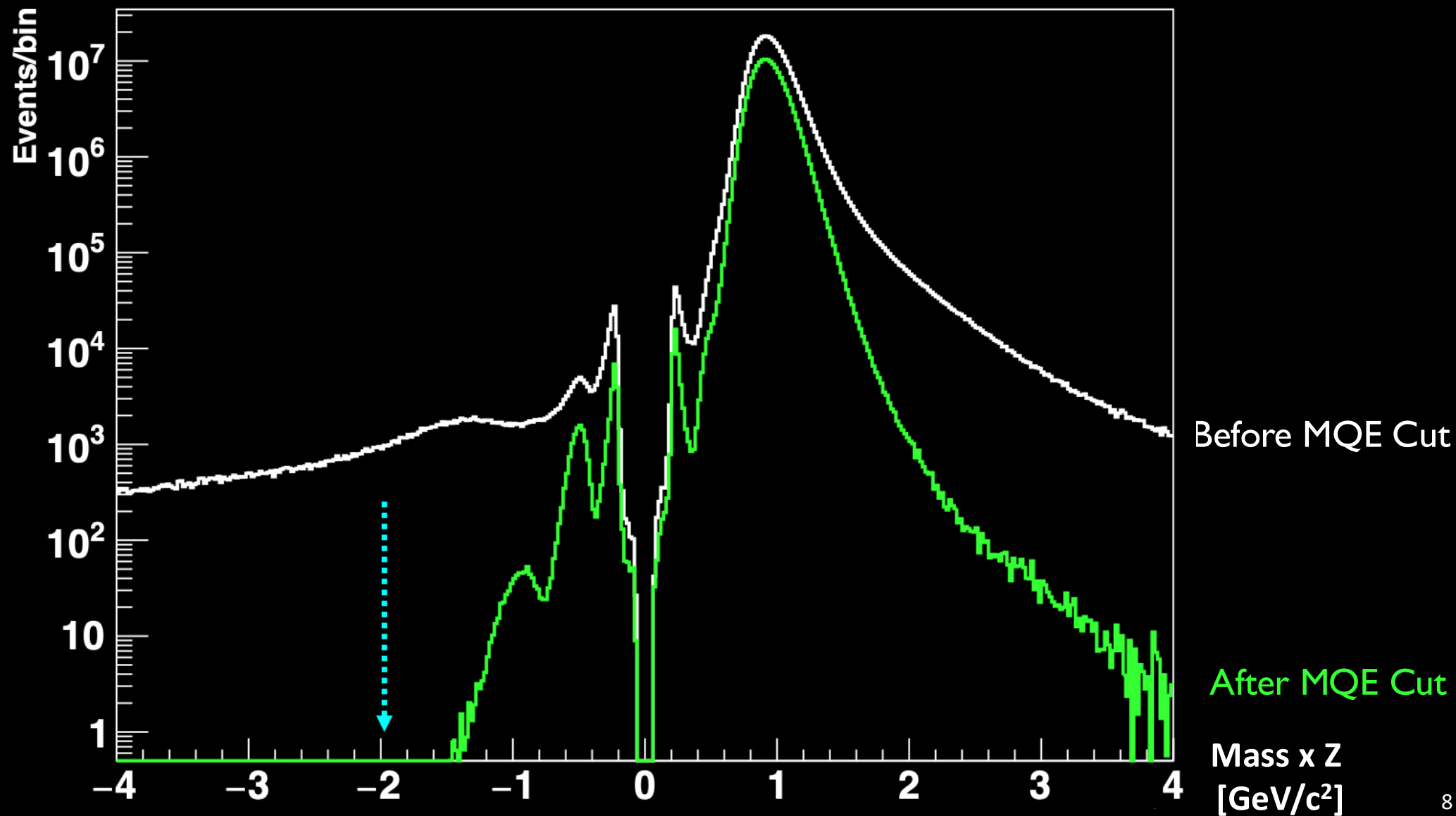
数据驱动方法: Mass Quality Estimator

利用各子探测器 *TOF, Tracker, RICH, TRD* 变量 (v_i) 的似然函数对数和 $E = -\sum \log P(v_i)$ 来建立 Mass Quality Estimator (MQE)

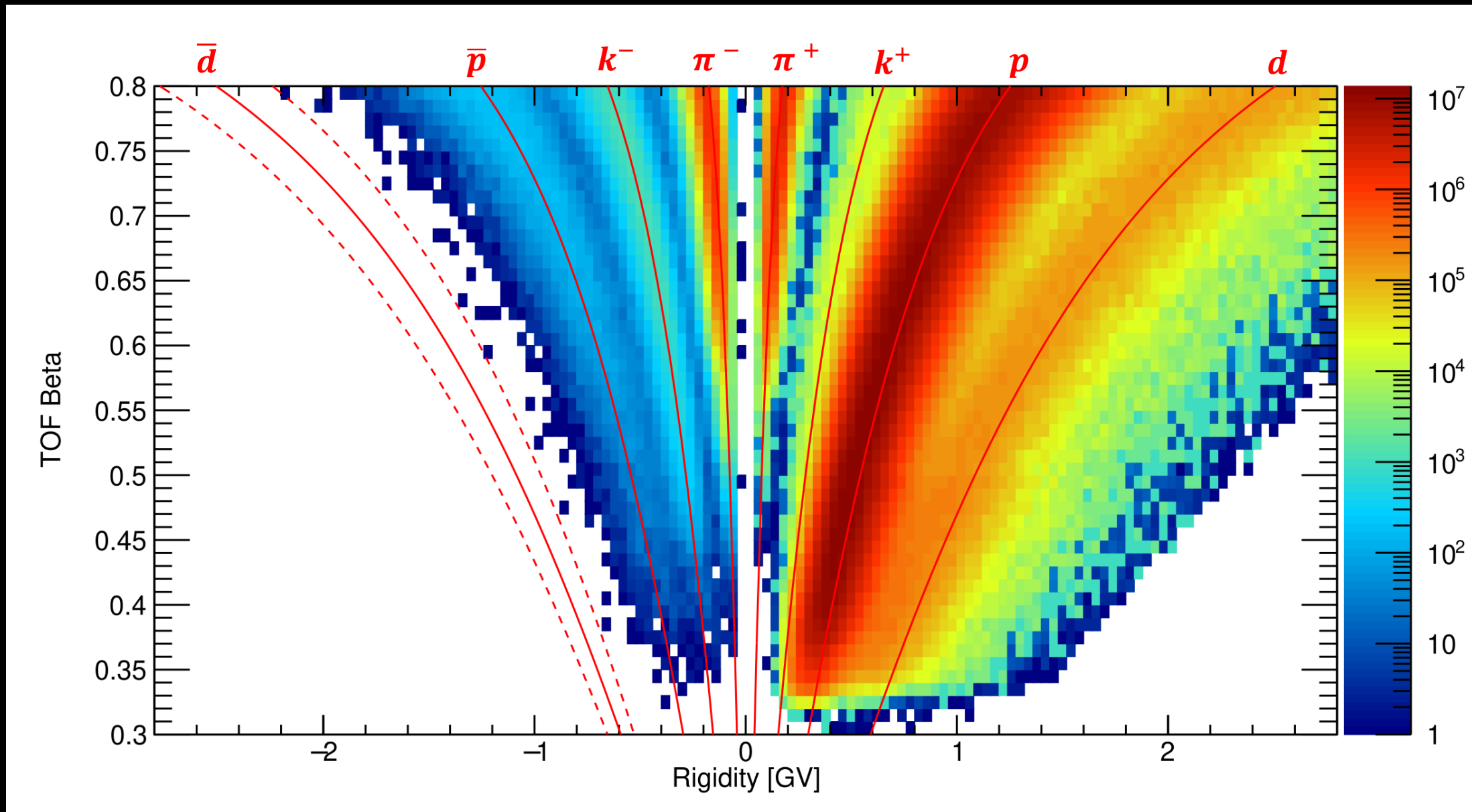


各变量的PDF都只使用在空间站上采集到的数据来建立，不依赖蒙特卡罗模拟

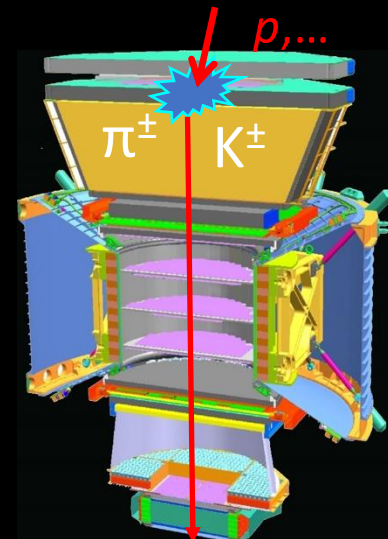
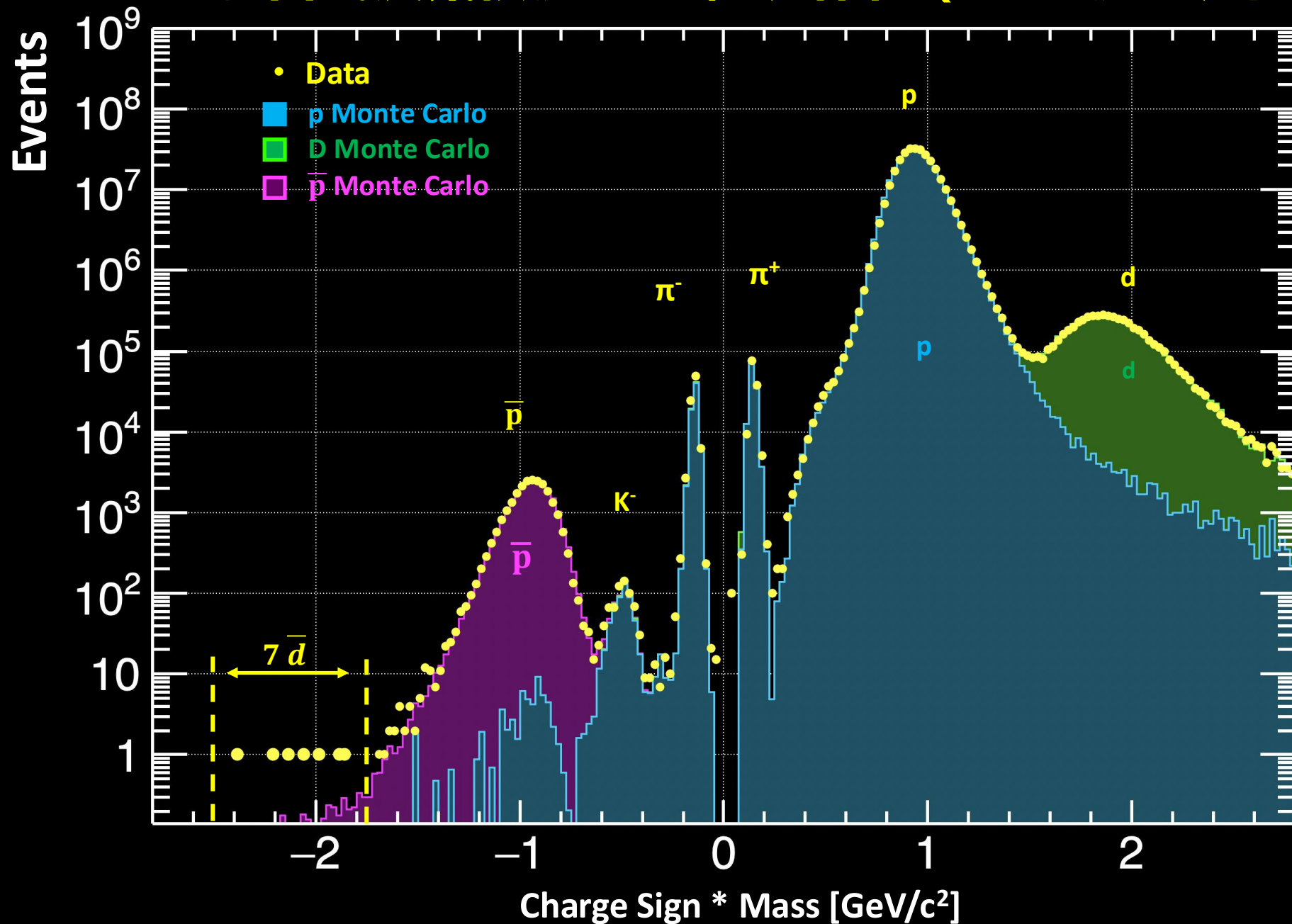
在质子蒙特卡罗模拟上测试性能

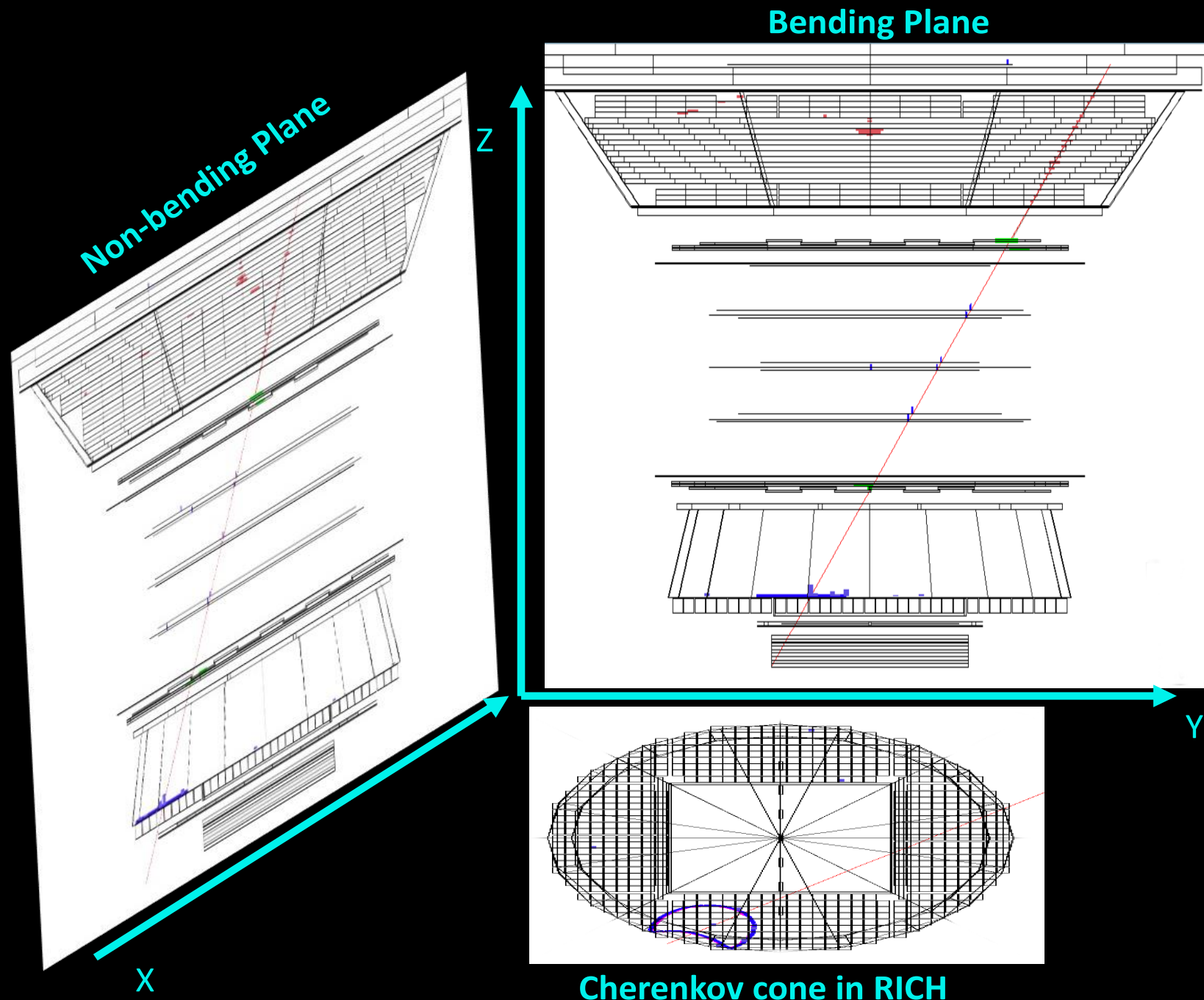


经过MQE Cut之后的粒子速度与磁刚度分布 (TOF测量范围)



AMS 宇宙线反氦核测量的最新结果 (RICH测量范围)





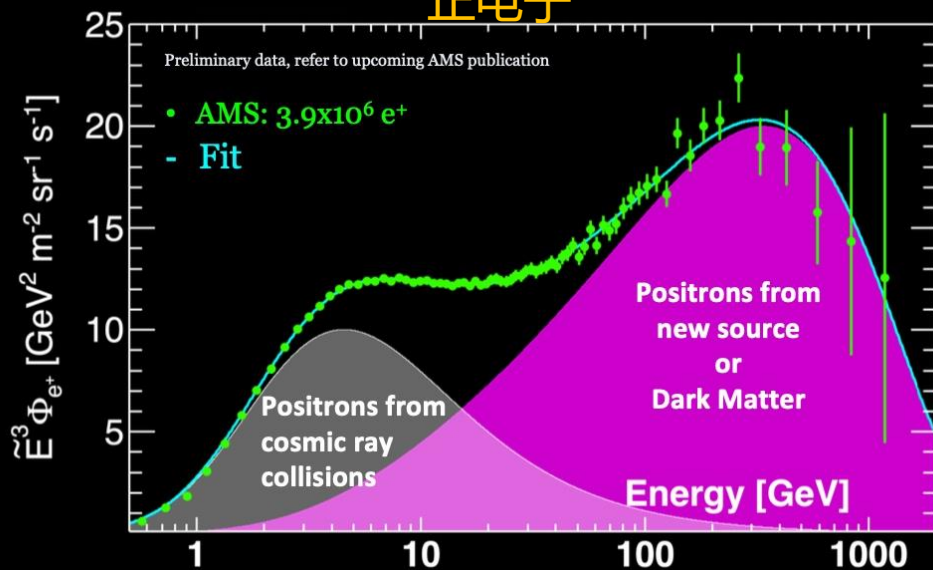
反氕候选事例

电荷 = -1.02 ± 0.05
 质量 = $1.9 \pm 0.1 \text{ GeV}/c^2$

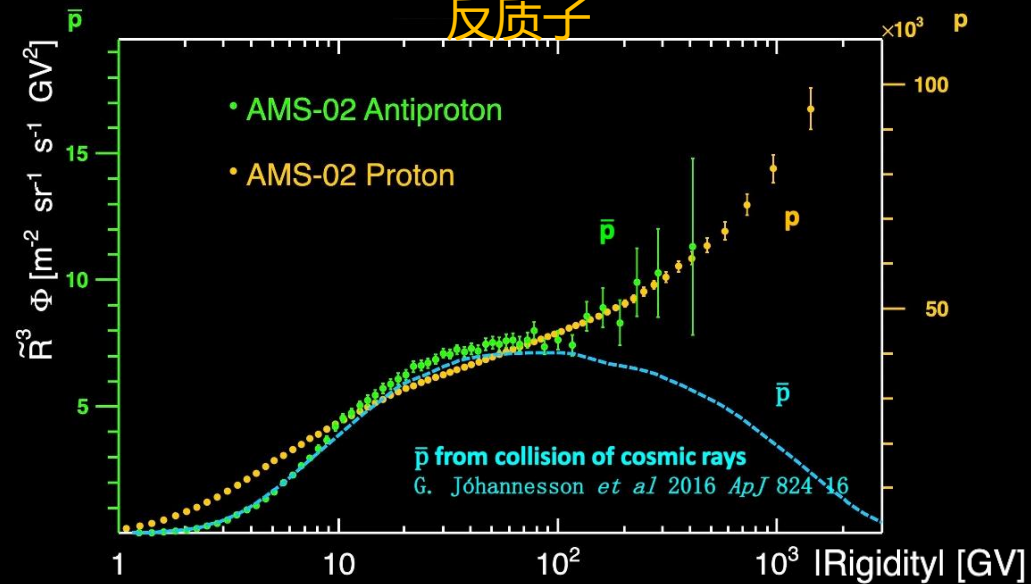
氕
 电荷 = $+1$
 质量 = $1.88 \text{ GeV}/c^2$

AMS对反粒子的测量

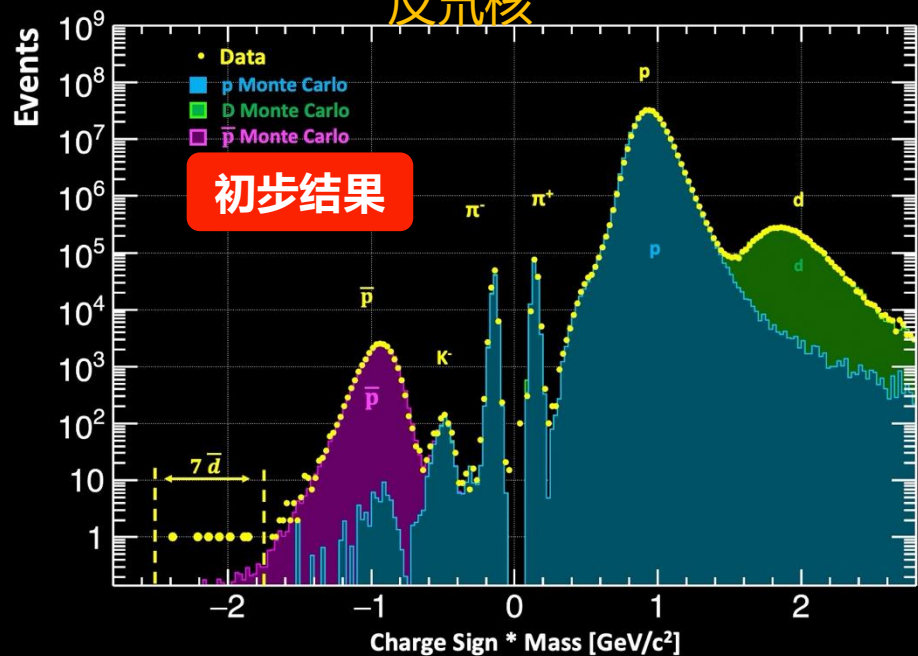
正电子



反质子

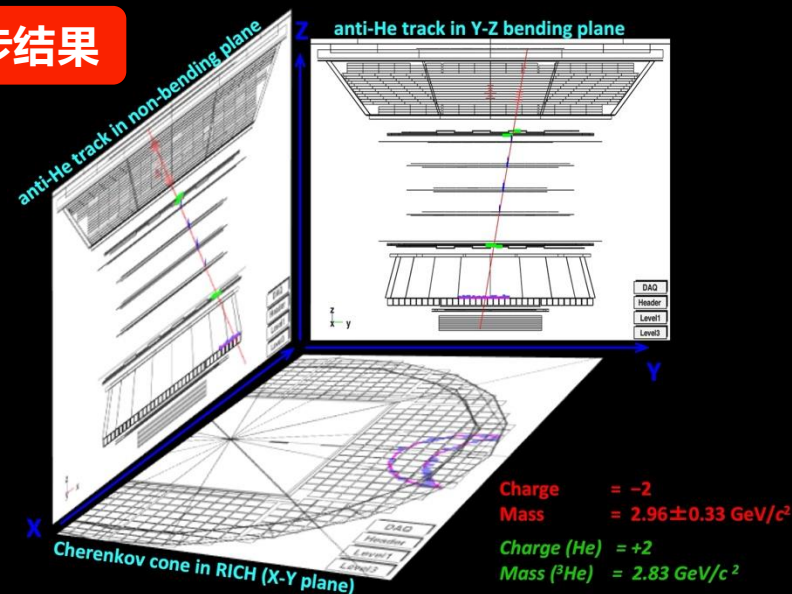


反氦核



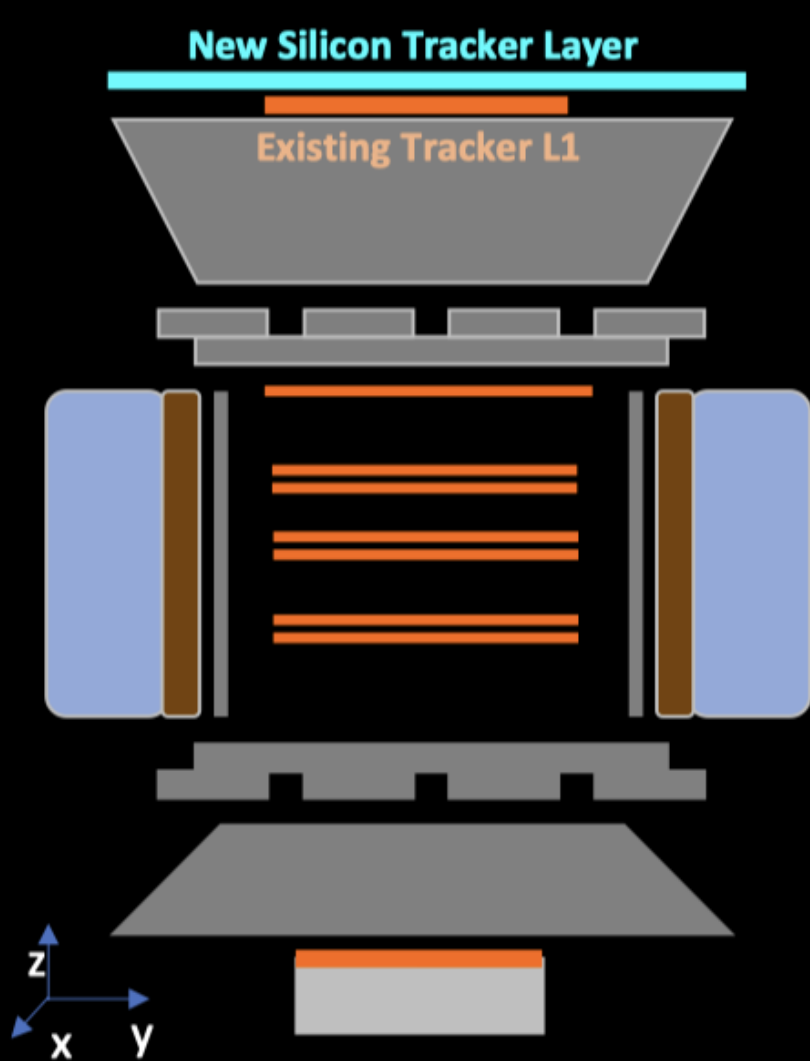
反氦核

初步结果

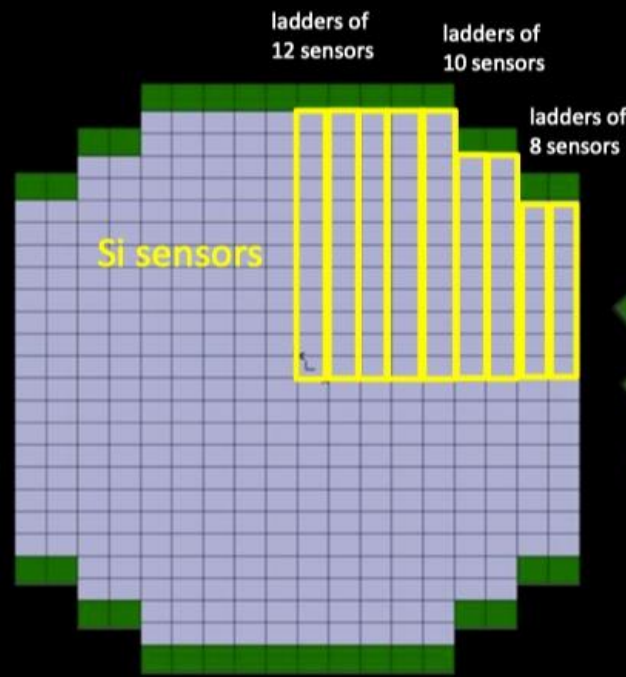


AMS升级：新一层大面积硅探测器

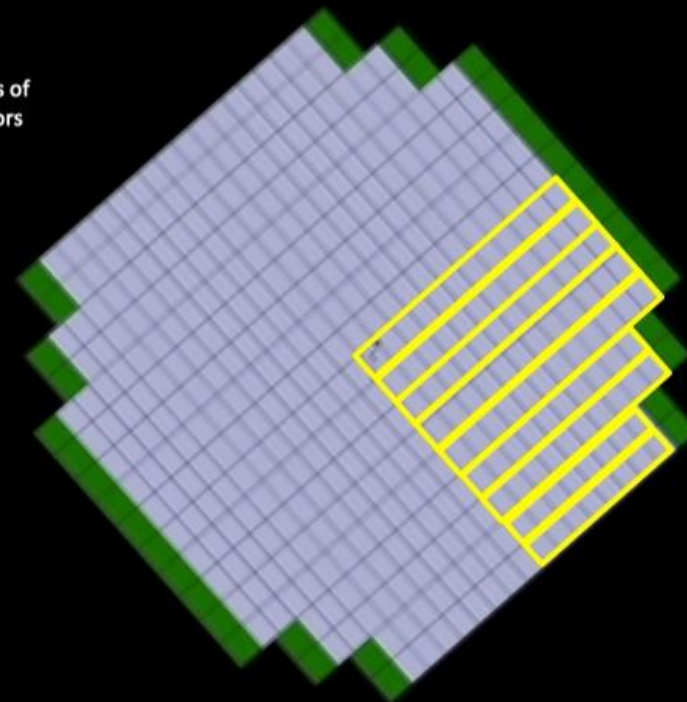
额外的坐标和电荷测量将提升对反氦核和反氦核候选事例的理解



L0-Y
bending direction
7 micron



L0-U
rotated 45°
10 micron bending
10 micron non-bending



高能所承担硅传感器Ladder的生产工作，是Layer-0核心生产单位之一。

AMS 在14.5年数据采集中观测到少量宇宙线反氦核候选事例。

AMS 是目前唯一运行在空间中的磁谱仪，
将在国际空间站升级并持续运行，深入探索正反物质不对称及暗物质。

