

# AMS宇宙线反氦核测量进展

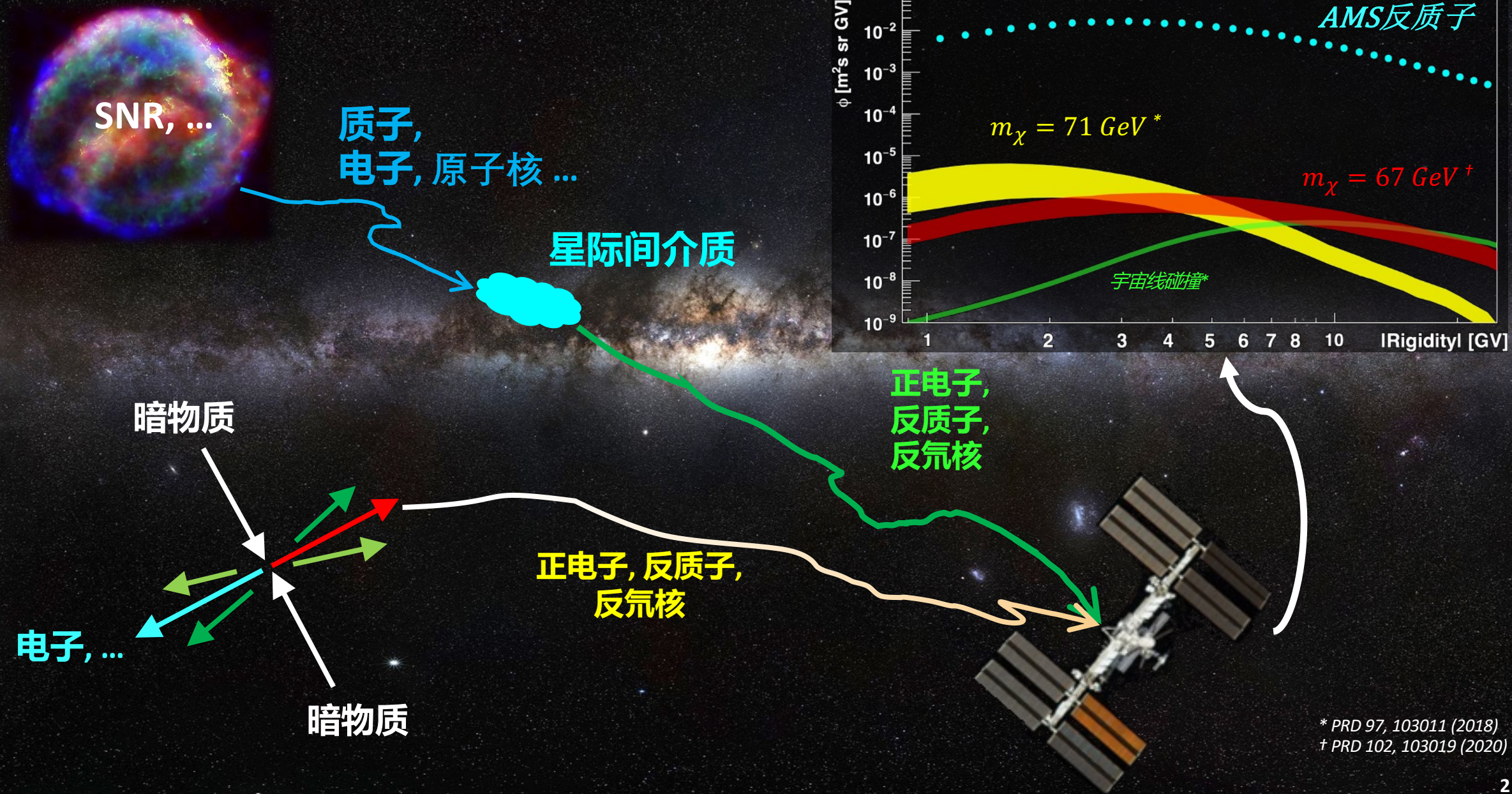


第十四届全国粒子物理学术会议  
山东青岛 2024年8月

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

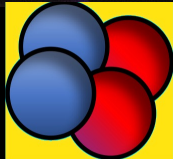
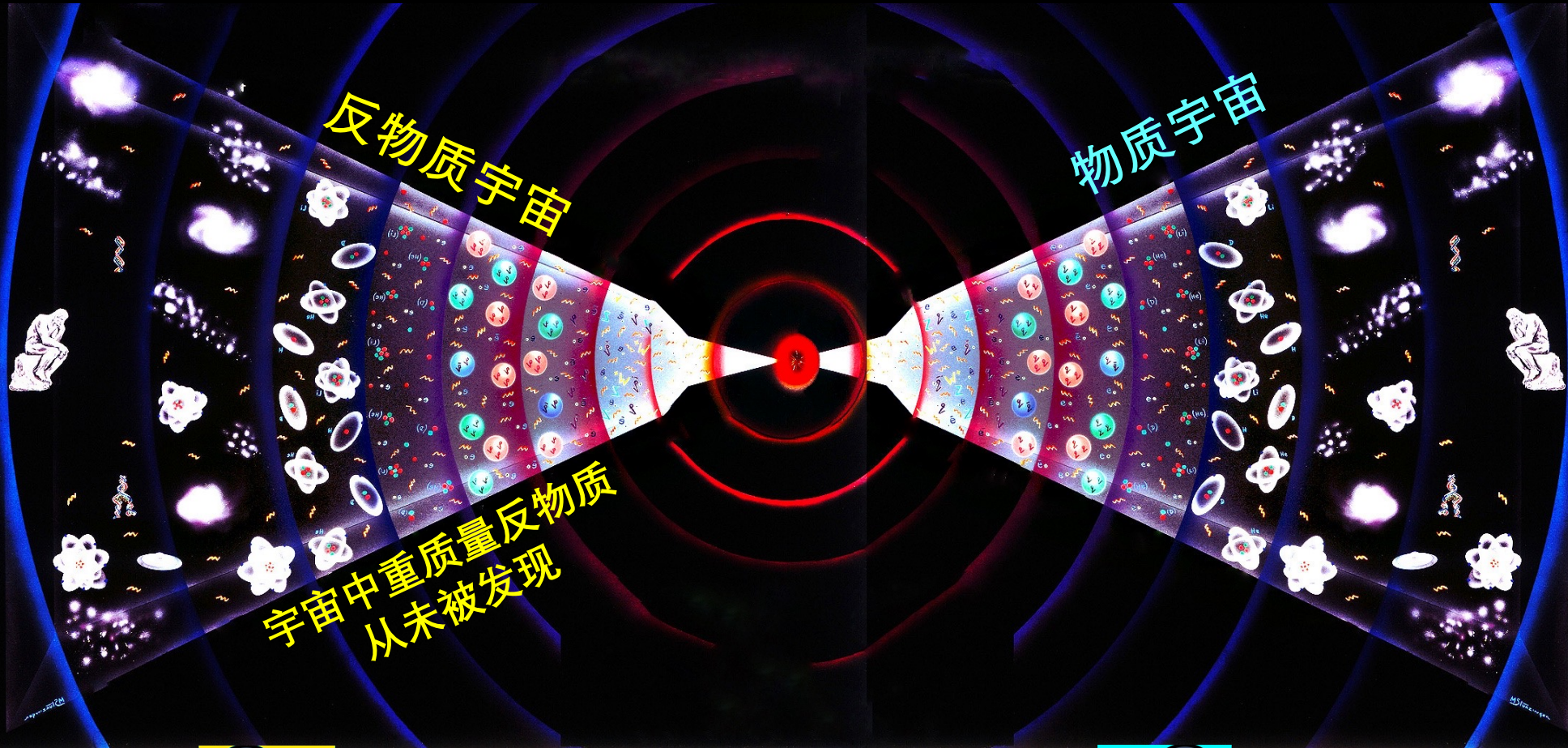


\* PRD 97, 103011 (2018)  
† PRD 102, 103019 (2020)

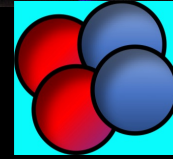


# 正反物质不对称

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

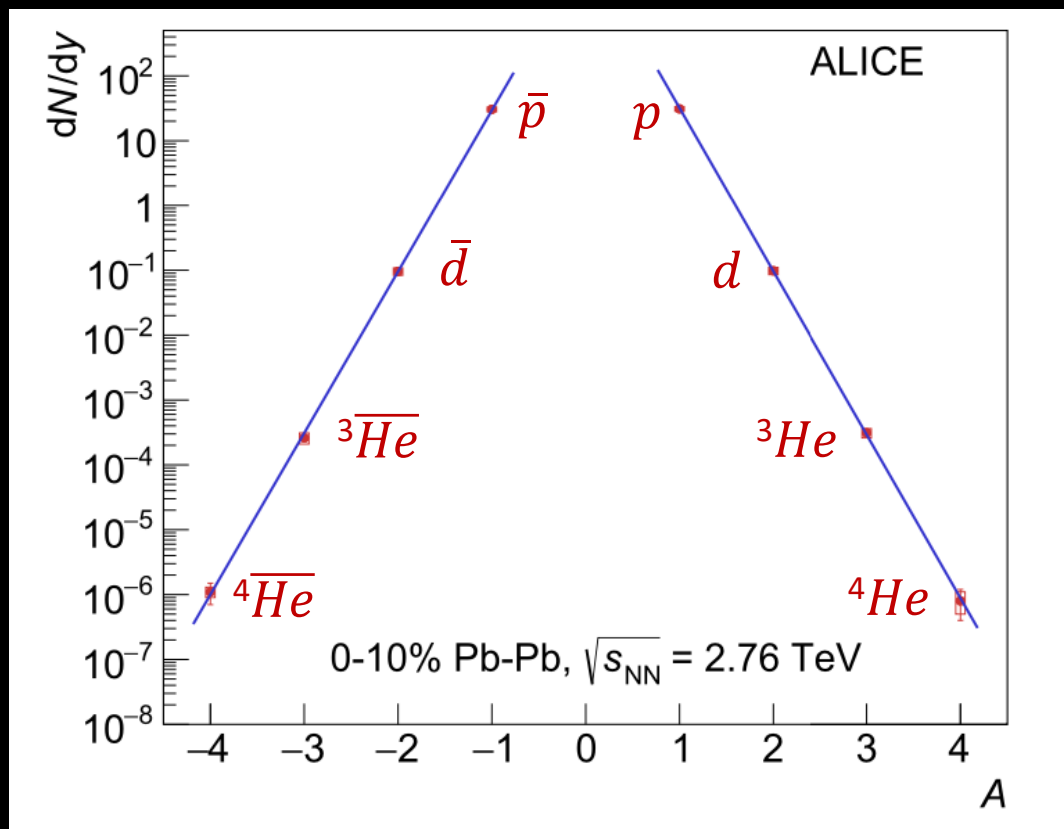
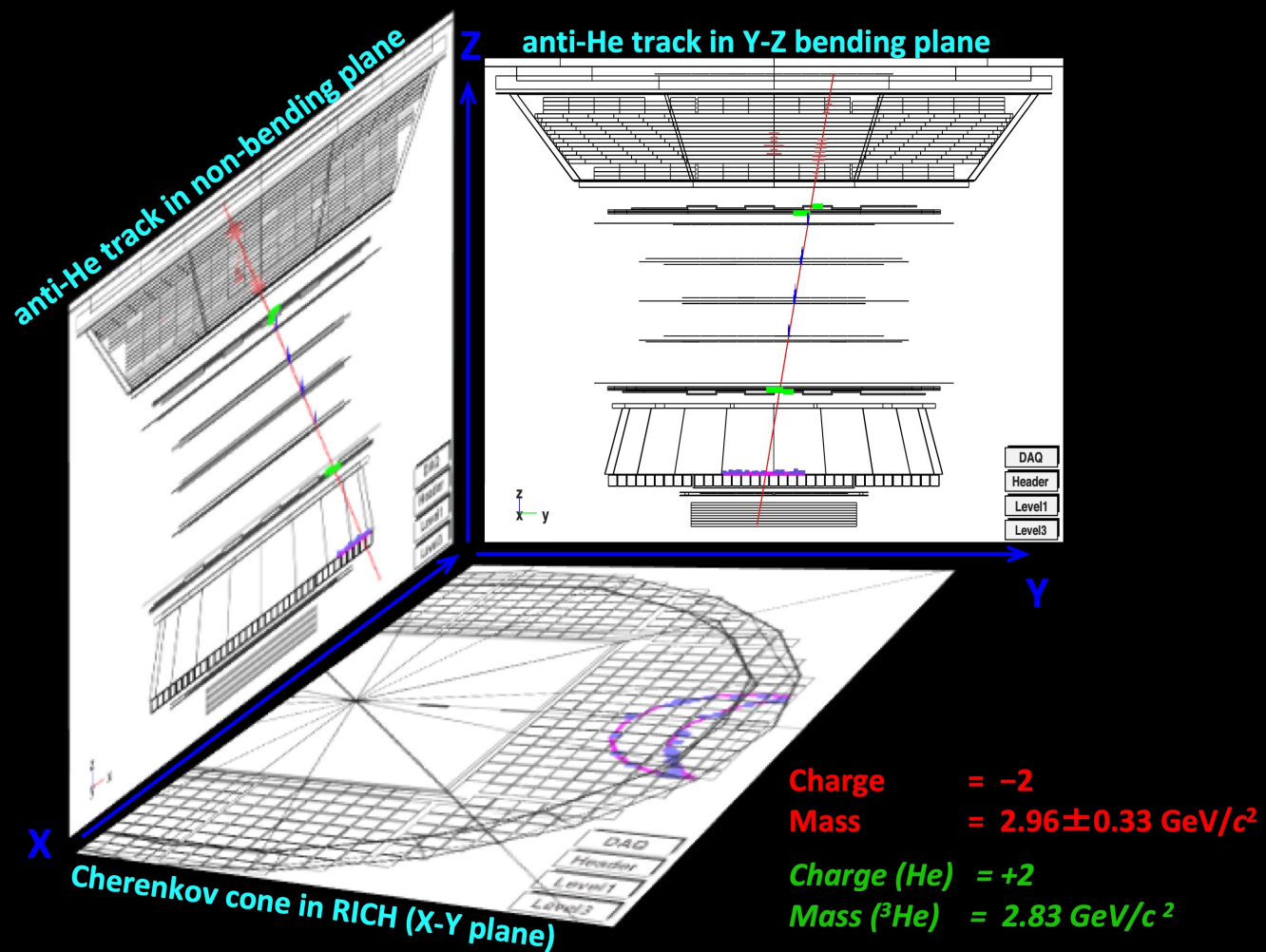


氦核  $Z=+2$   
2质子+2中子

# AMS 宇宙线反氦核测量

AMS过去曾报告过宇宙线反氦核候选事例率为每年一个。

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。

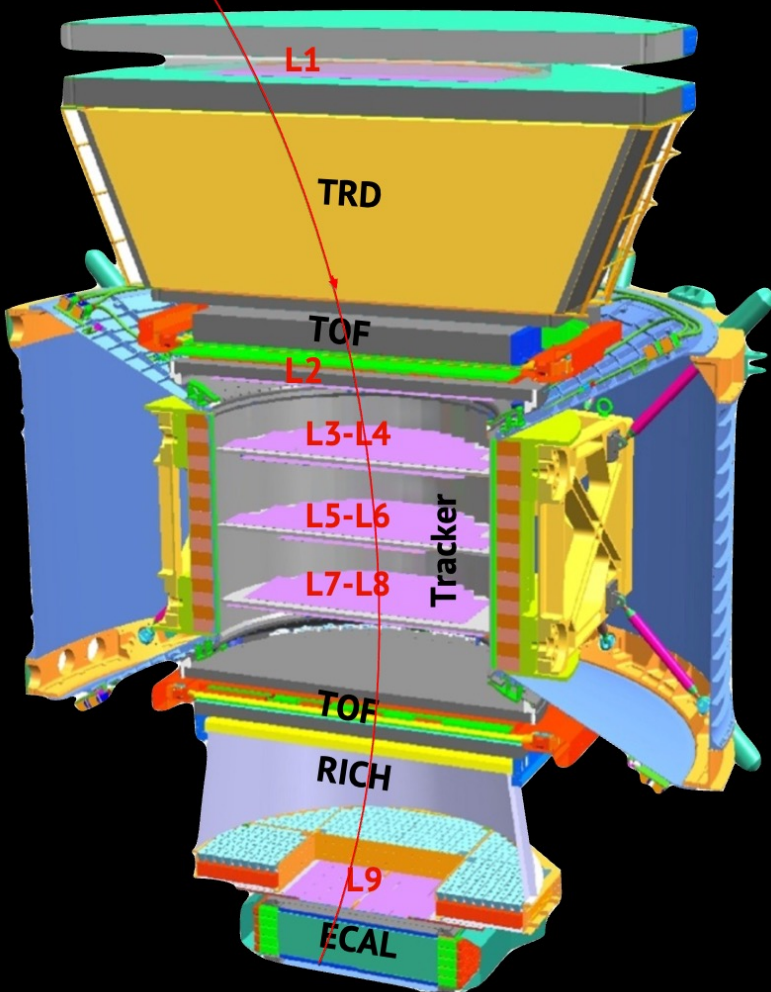


ALICE, Nucl. Phys. A 971 (2018) 1-20



# 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

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

## ToF

Velocity( $\beta$ ) and Direction by  $\Delta T$

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

## TRD, Tracker, TOF, RICH

Charge Magnitude

Along Particle Trajectory

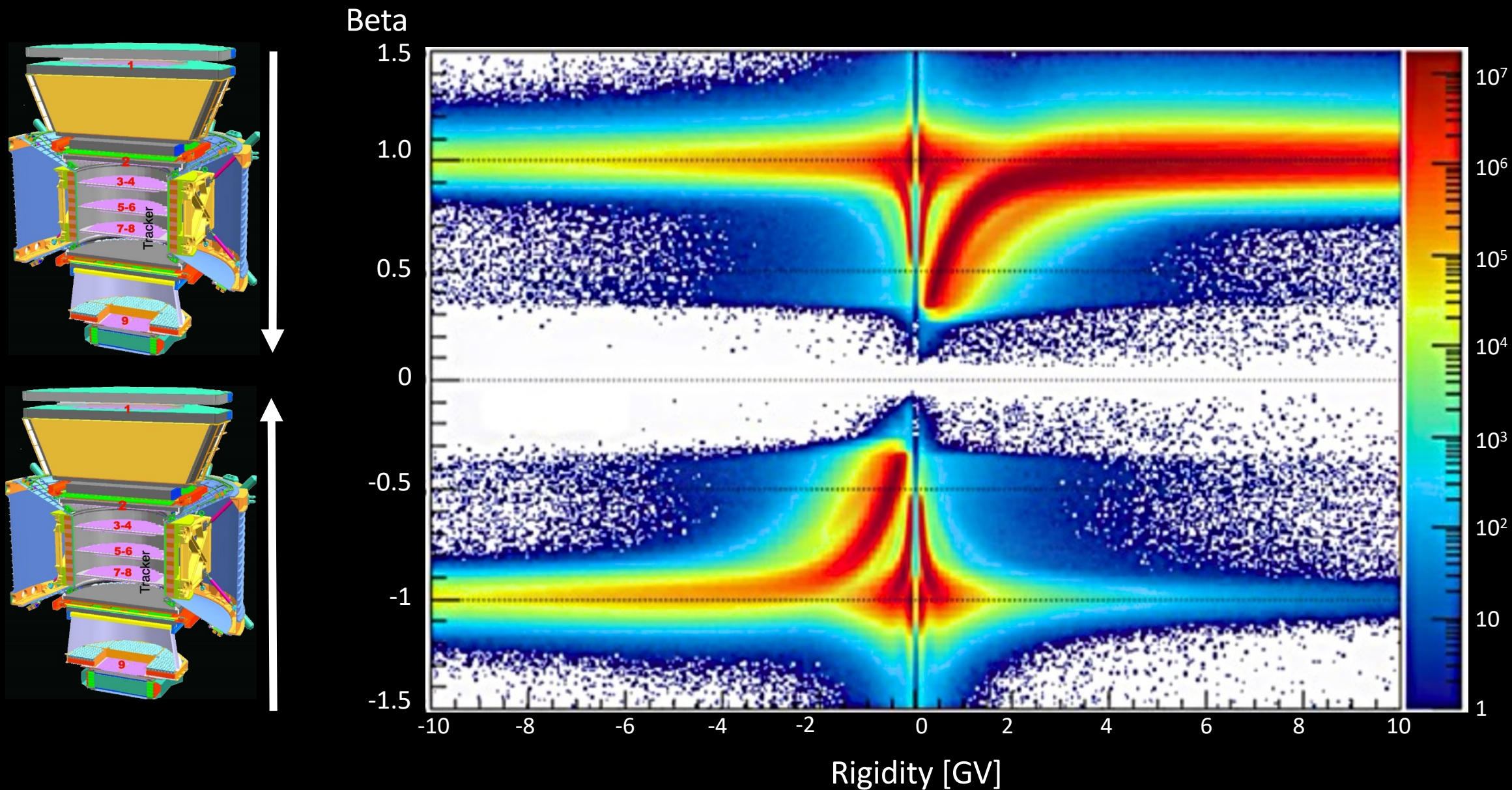
$$\Delta Z \text{ (Z=1)} \approx 0.05\text{-}0.1$$

## RICH

Velocity( $\beta$ ) by Cherenkov light

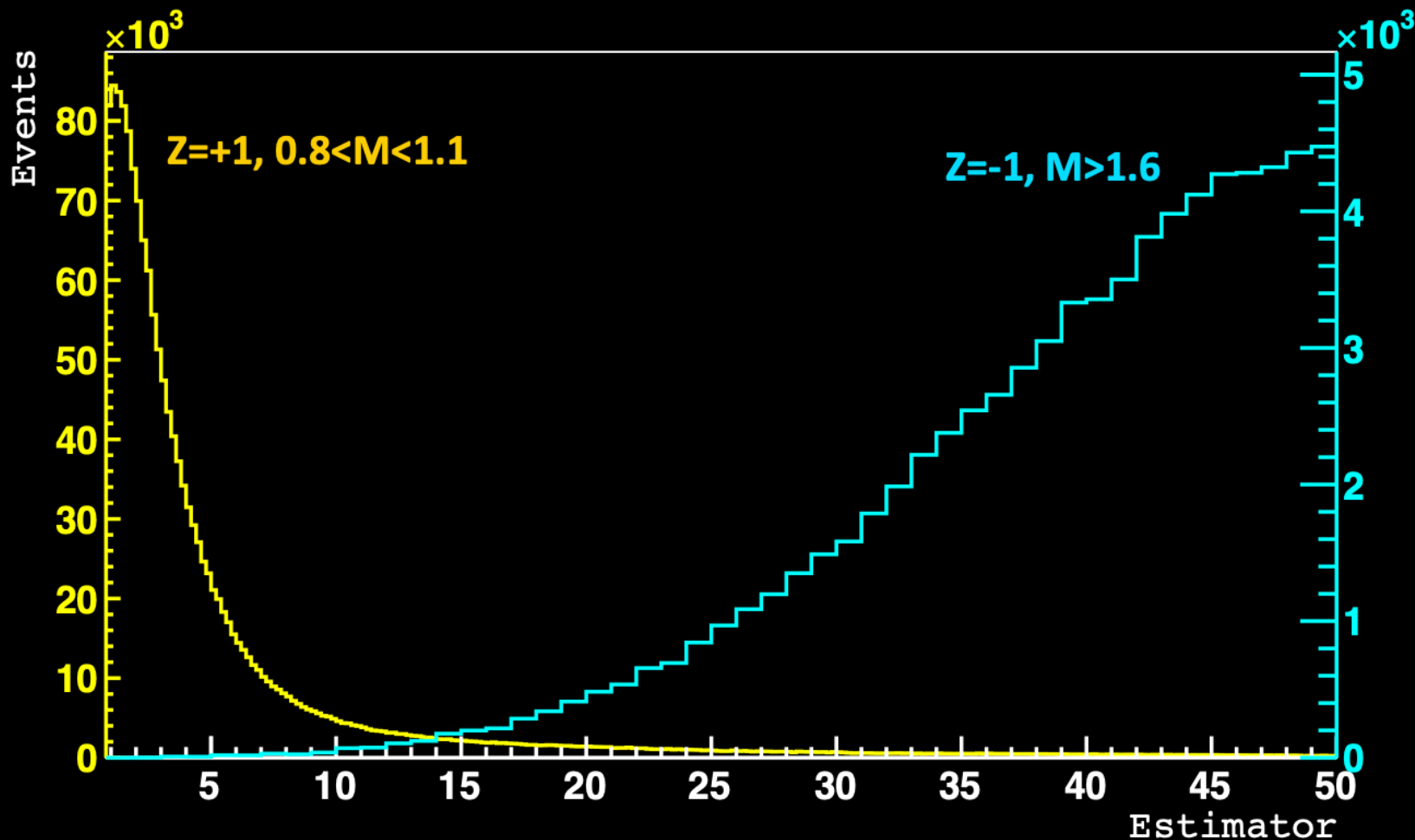
$$\Delta\beta/\beta \approx 0.1 - 0.4\% \text{ (Z=1)}$$

# AMS 粒子速度与磁刚度的测量



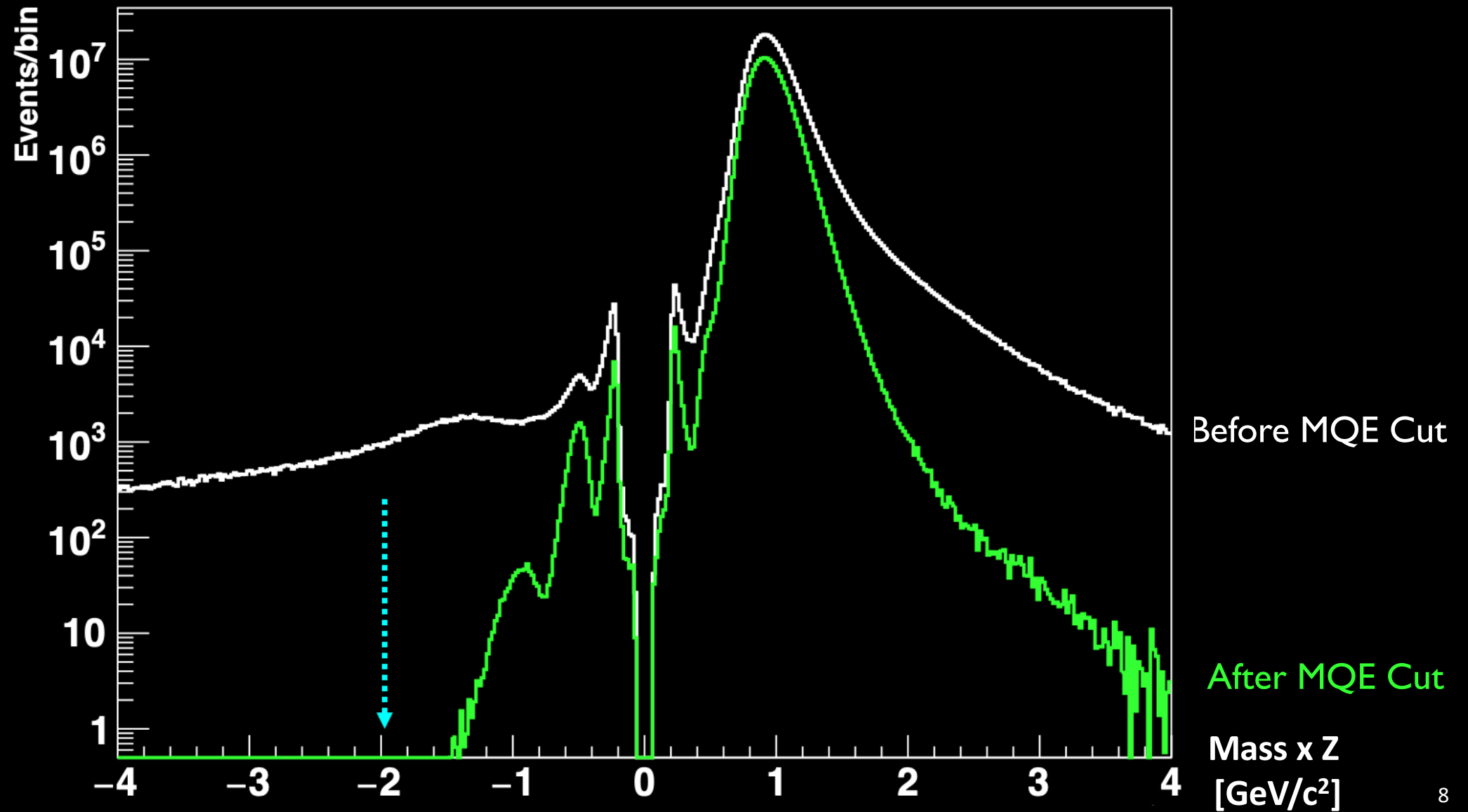
# 数据驱动方法: Mass Quality Estimator

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)



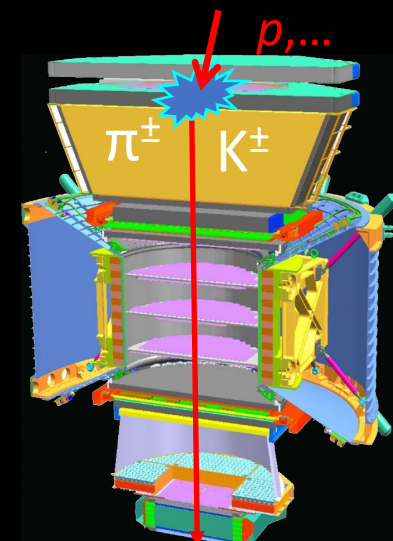
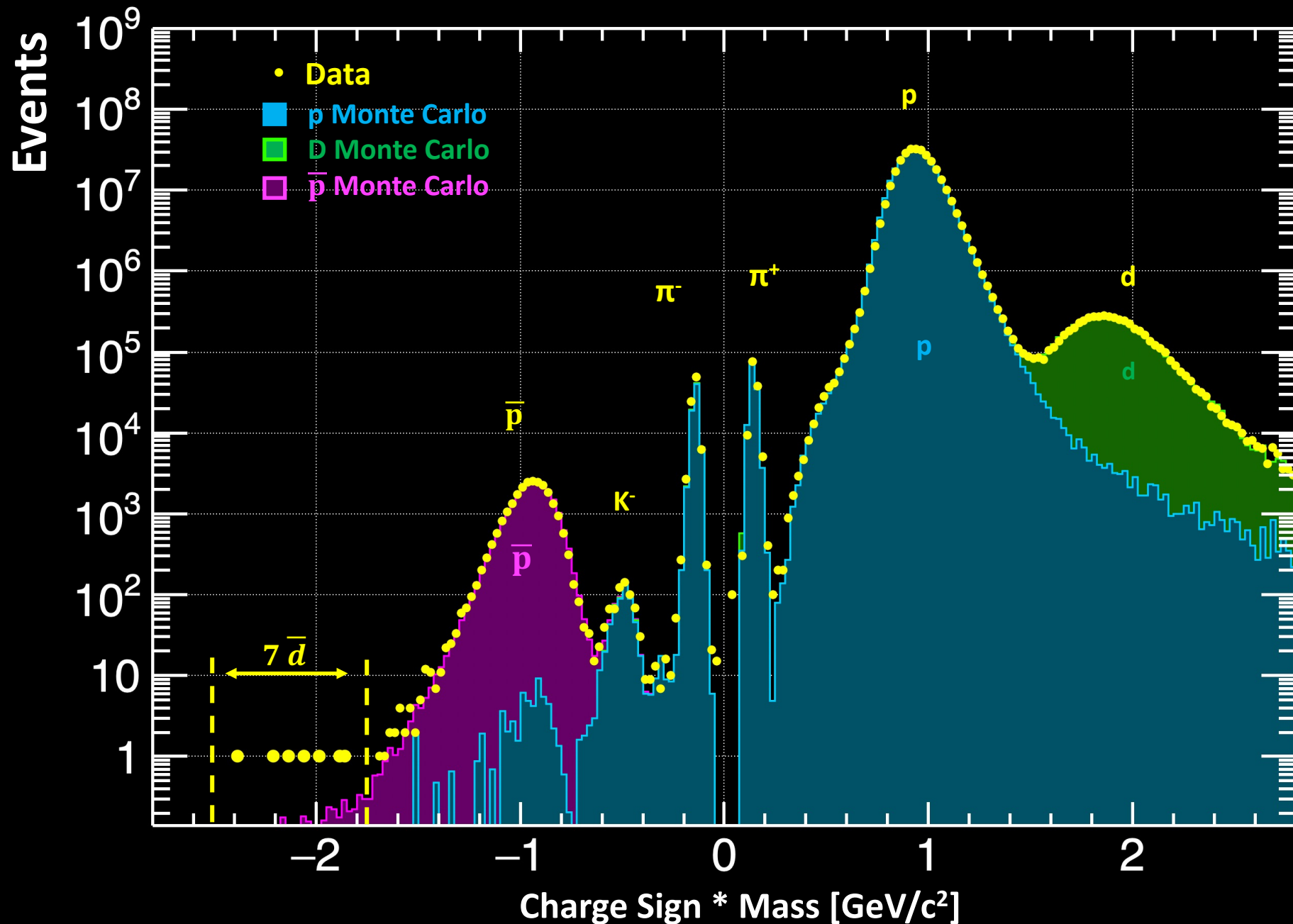
各变量的PDF都只使用在空间站上采集到的数据来建立，不依赖蒙特卡罗模拟

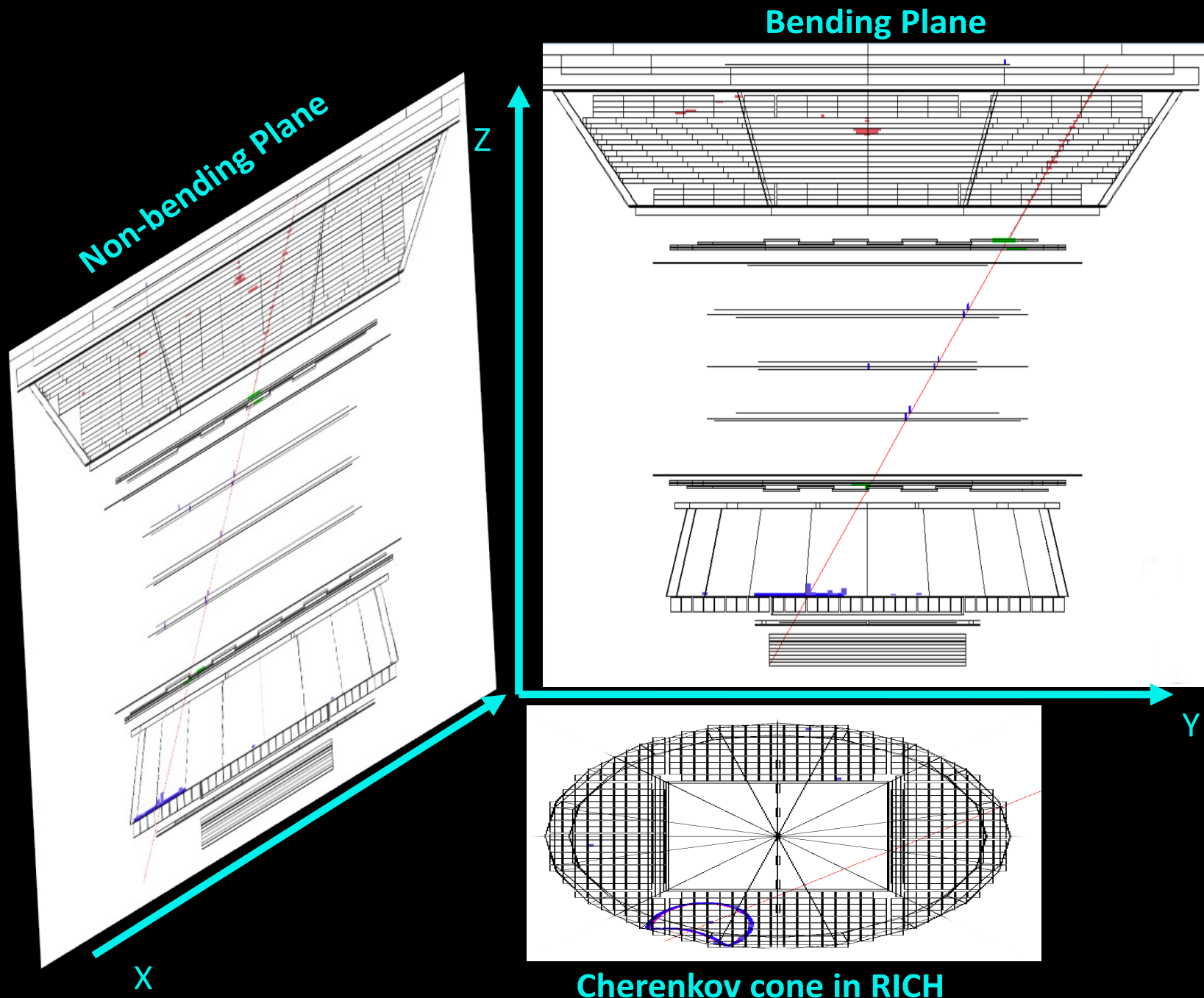
# 在质子蒙特卡罗模拟上测试性能





# AMS 宇宙线反氦核测量的最新结果





反氦候选事例

电荷 =  $-1.02 \pm 0.05$

质量 =  $1.9 \pm 0.1 \text{ GeV}/c^2$

氦

电荷 = +1

质量 =  $1.88 \text{ GeV}/c^2$

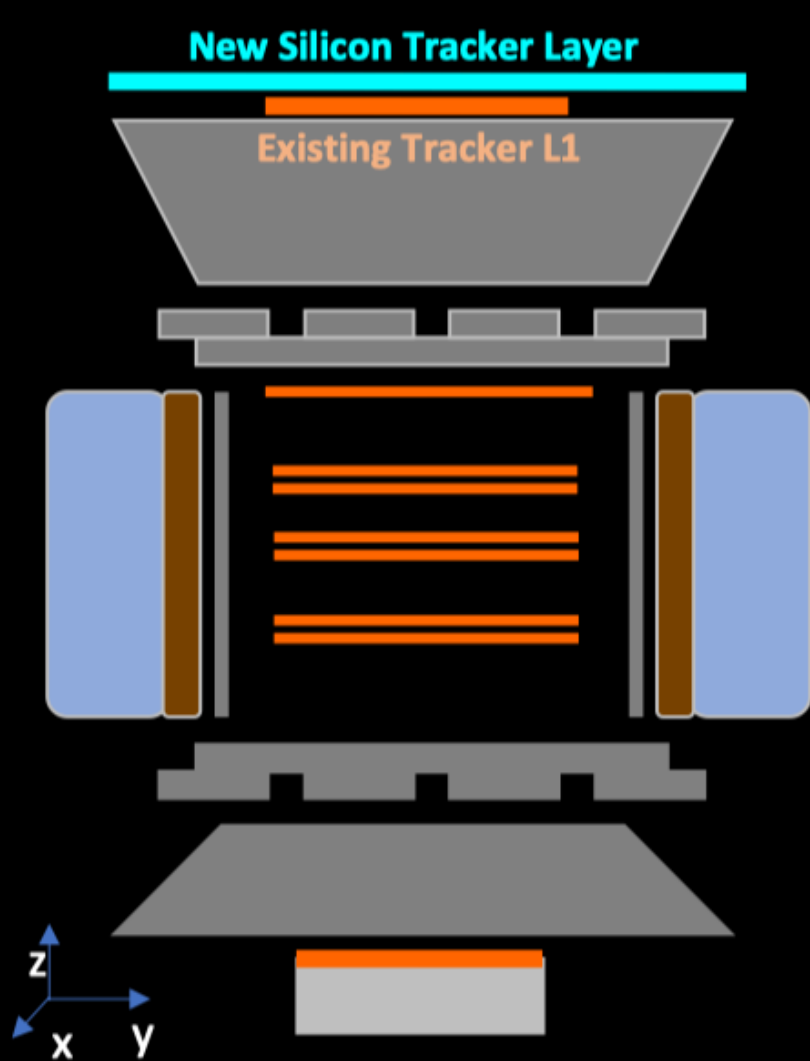
Cherenkov cone in RICH



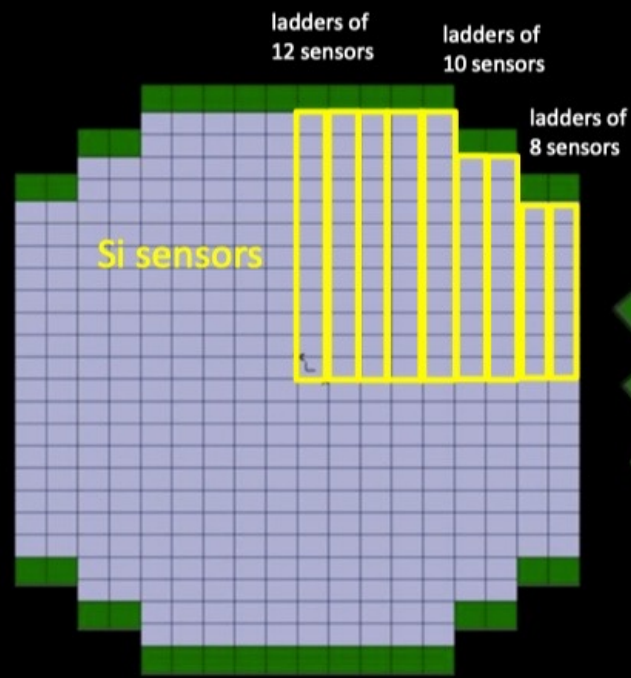


# AMS升级：新一层大面积硅探测器

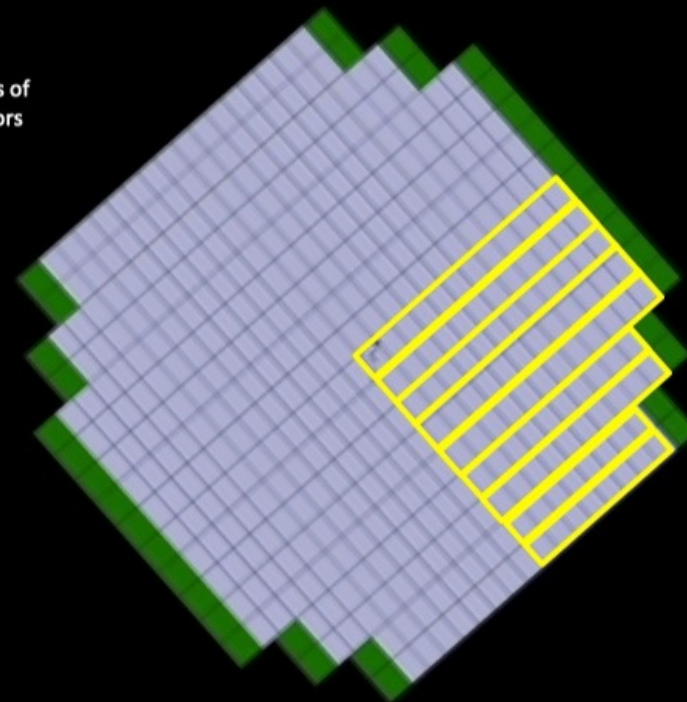
额外的坐标和电荷测量将提升对反氦核和反氦核候选事例的理解



**L0-Y**  
bending direction  
7 micron



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





AMS 目前已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，探索宇宙线反粒子的起源。

