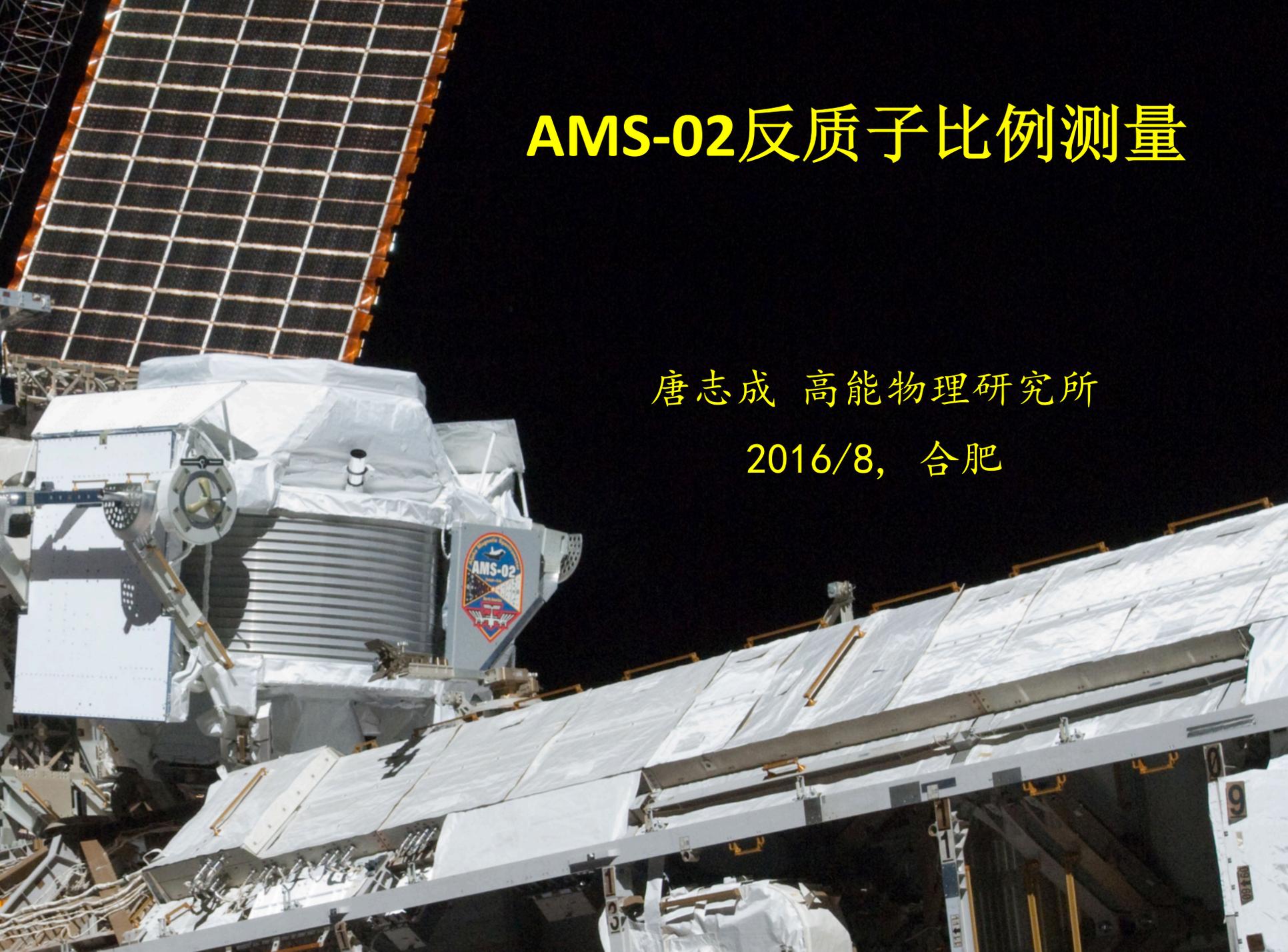


AMS-02反质子比例测量

唐志成 高能物理研究所

2016/8, 合肥

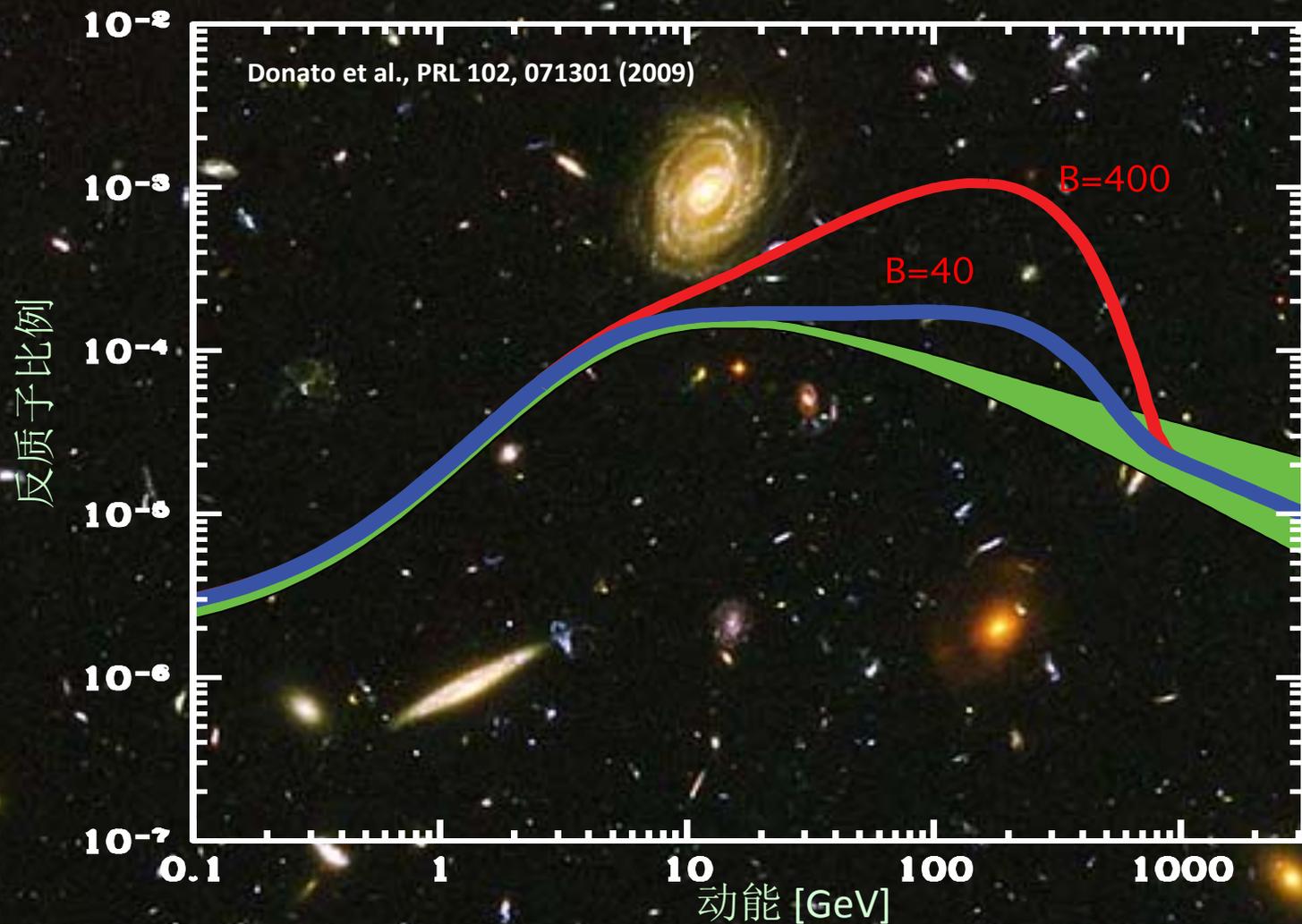


宇宙线反质子与暗物质

宇宙中约85%的物质是不可见的暗物质

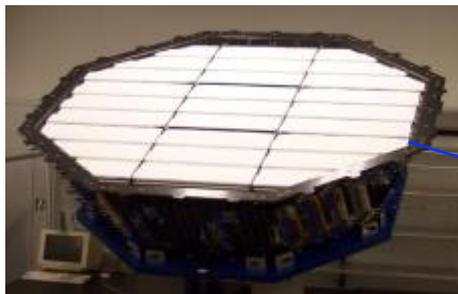
通常宇宙线与星际物质碰撞产生反质子

暗物质粒子如neutralino湮灭产生额外的反质子



AMS: TeV 高精度多功能谱仪

穿越辐射探测器
鉴别反质子

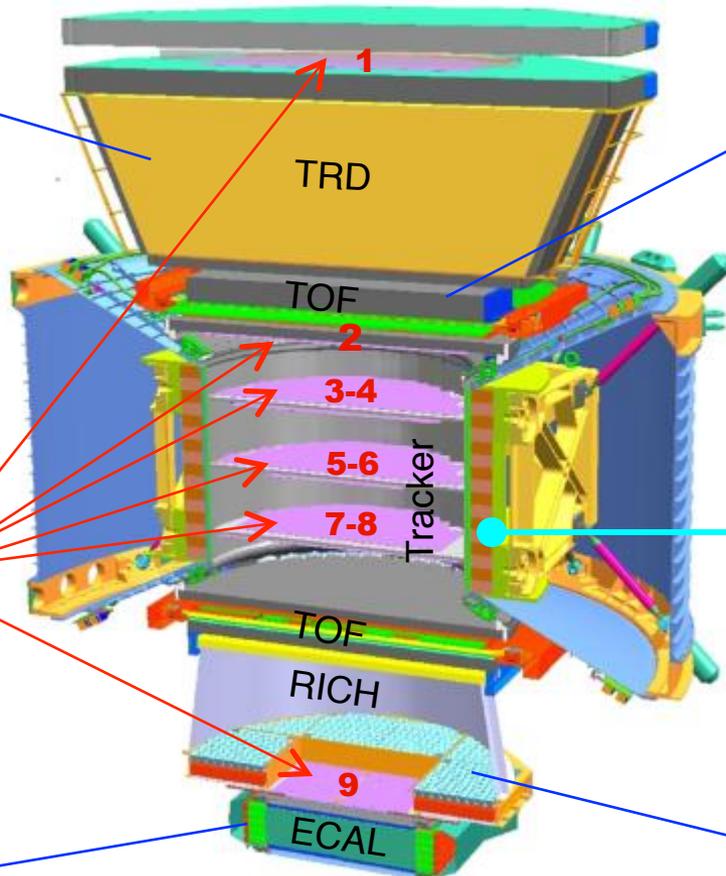
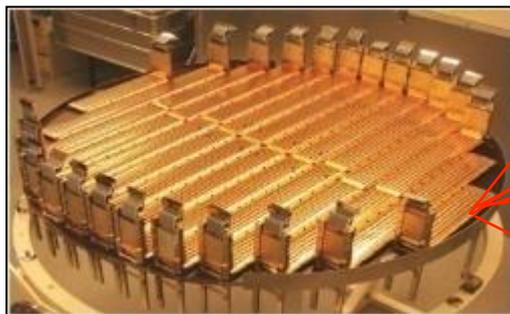


入射粒子由他们的电荷 (Z) 和能量 (E) 定义

飞行时间计数器
 Z, E



硅微条径迹室
 Z, P



磁铁
 $\pm Z$



环像切连科夫探测器
 Z, E

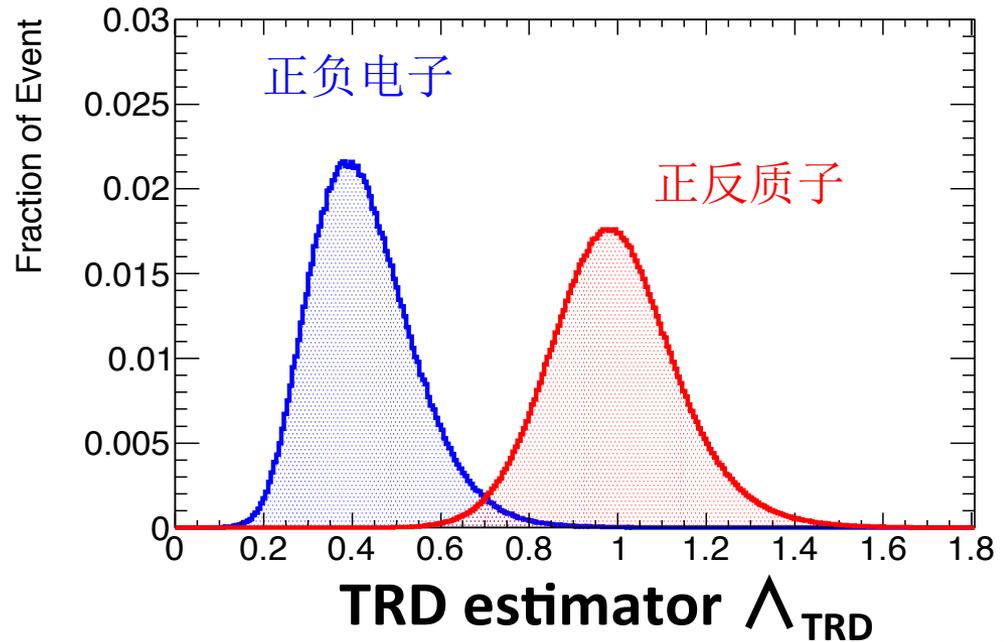
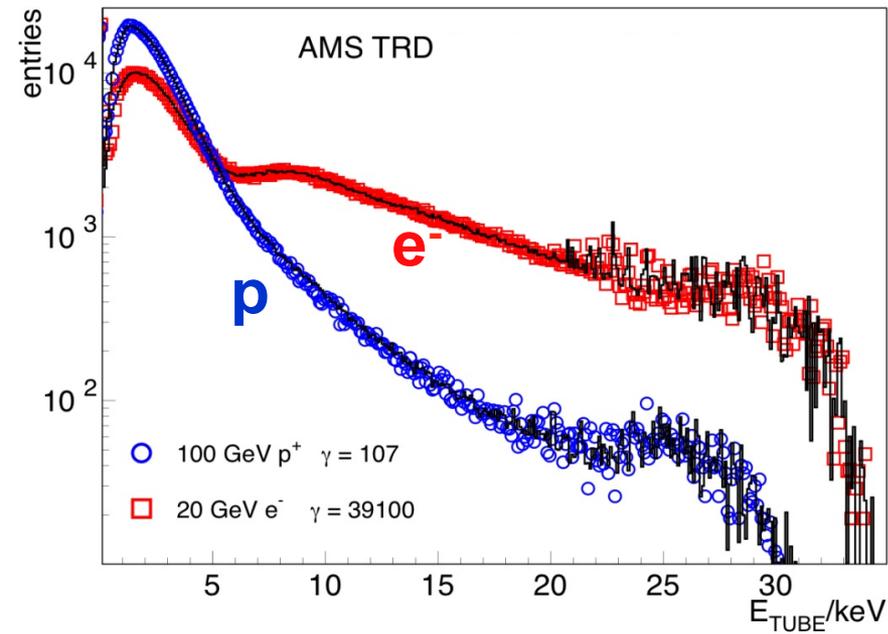
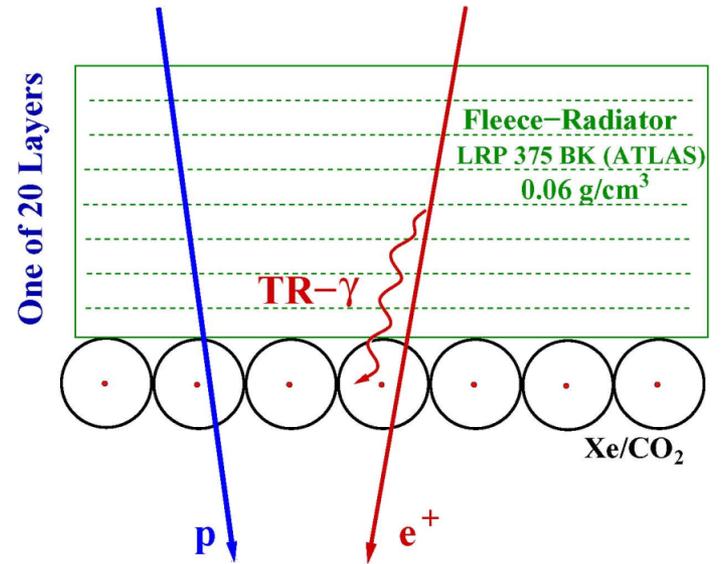


电磁量能器
鉴别反质子

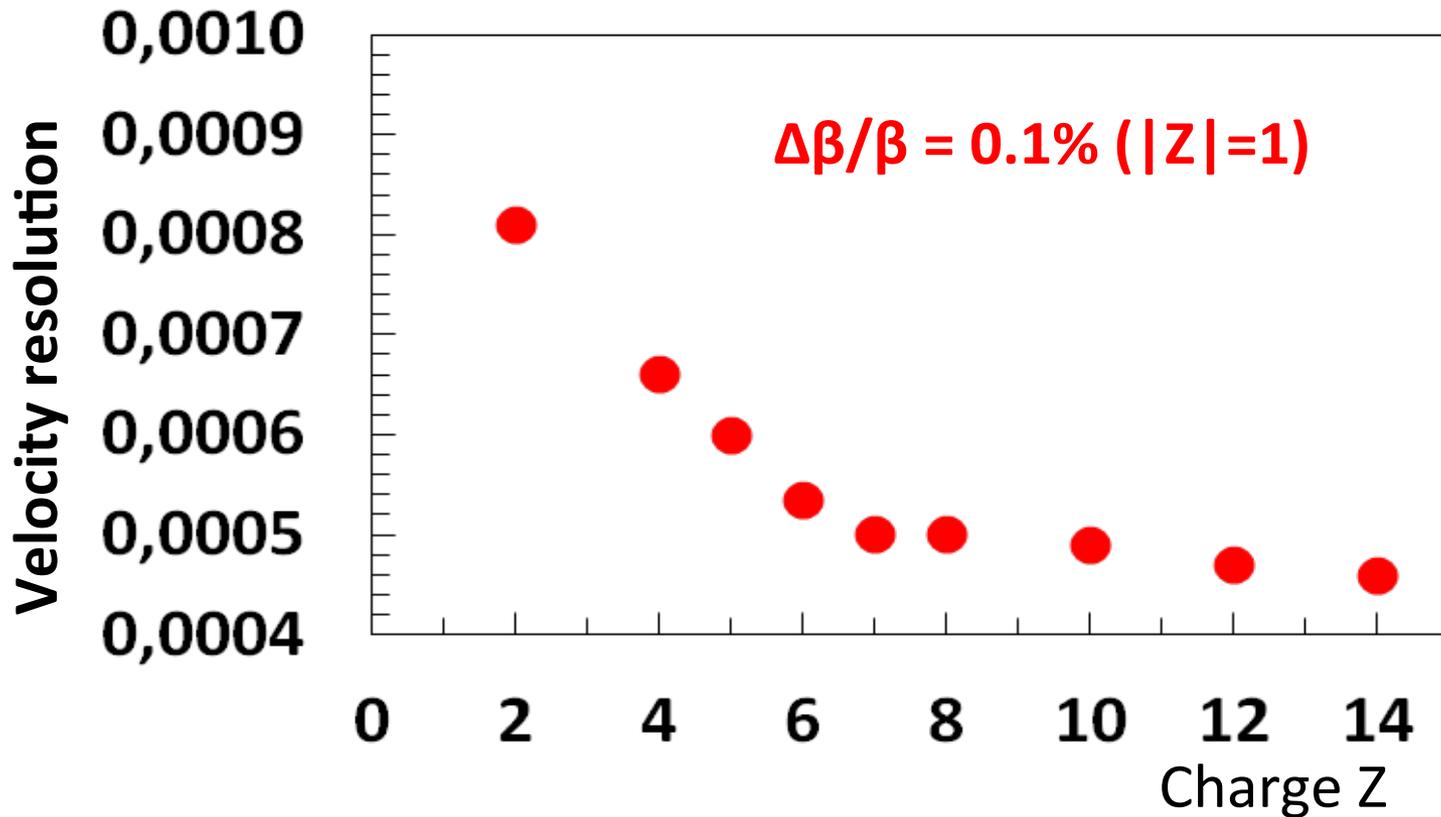
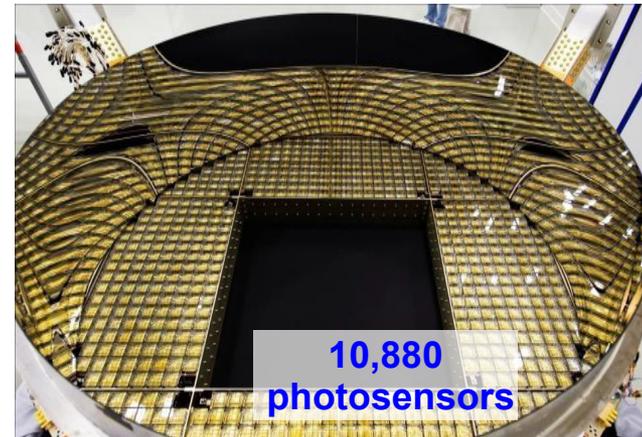
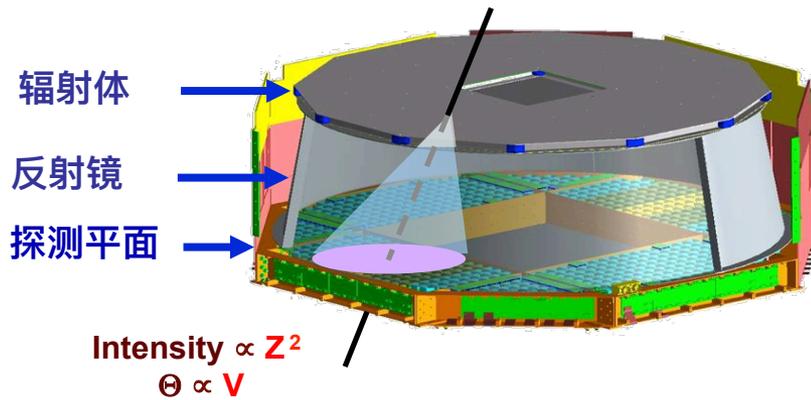


电荷和能量由多个子探测器独立测量

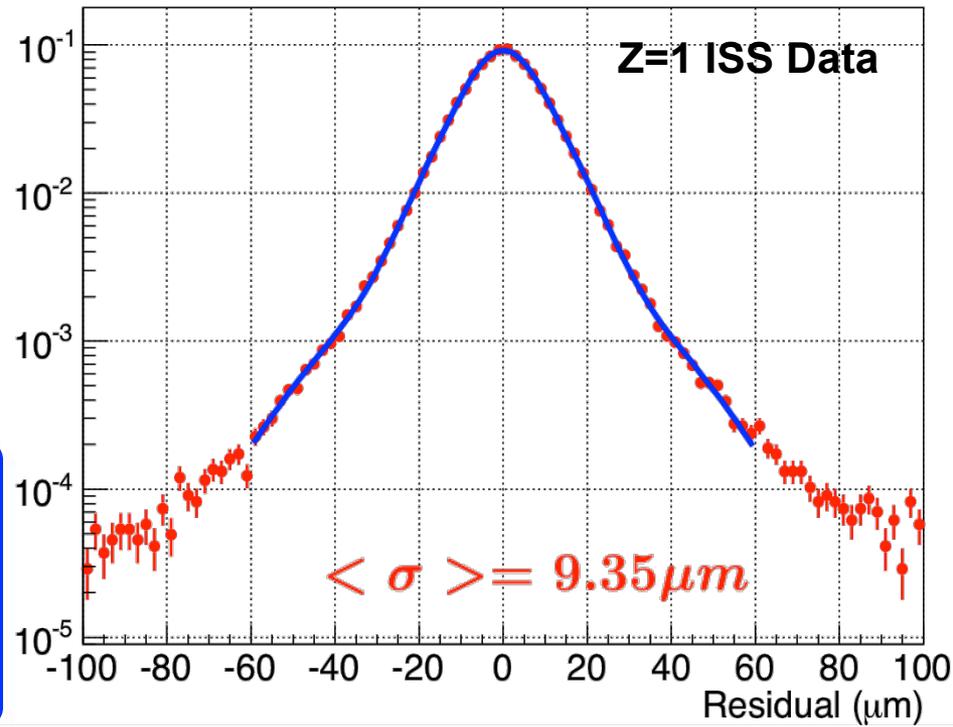
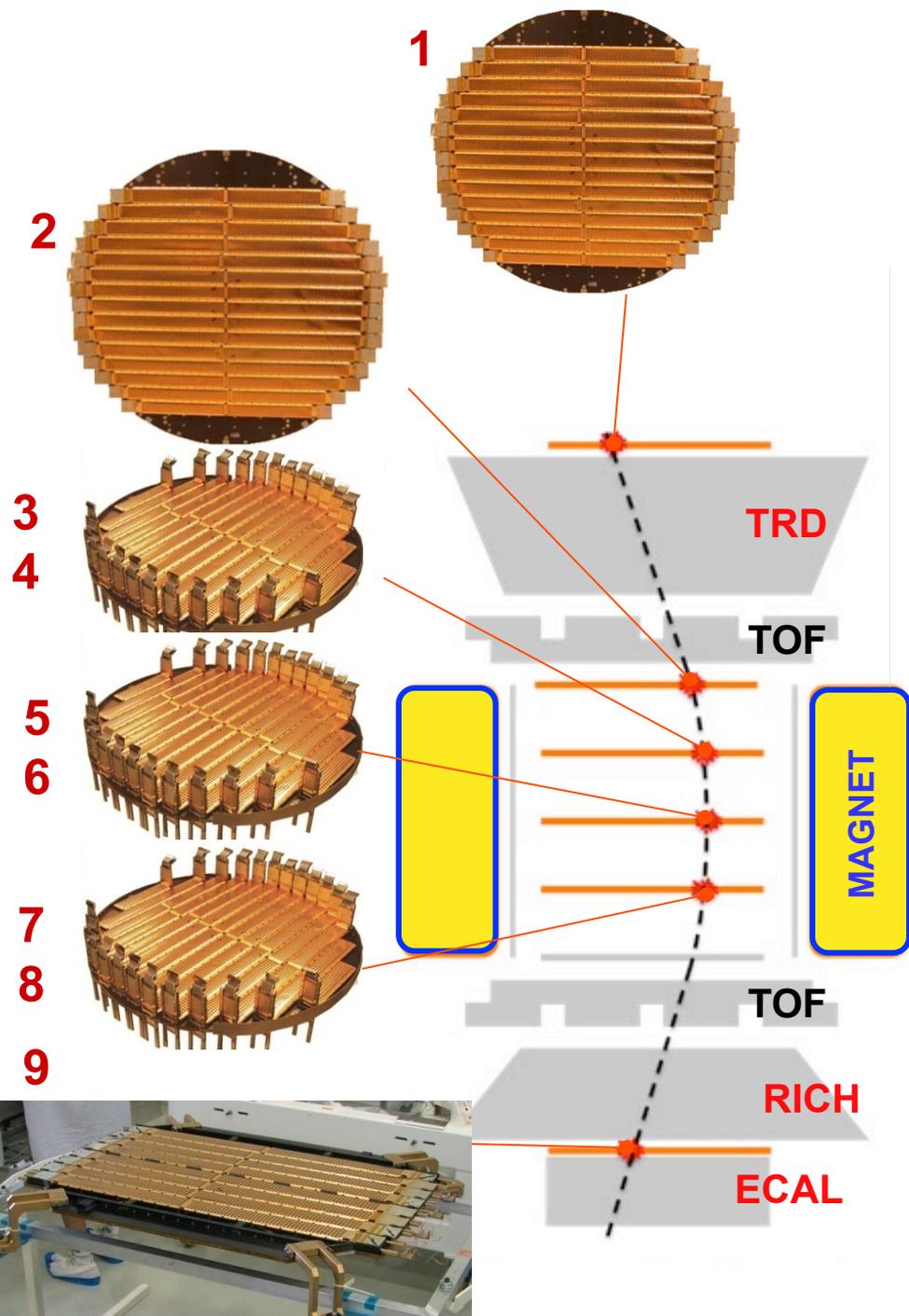
穿越辐射探测器 (TRD)



环像切连科夫探测器 (RICH)



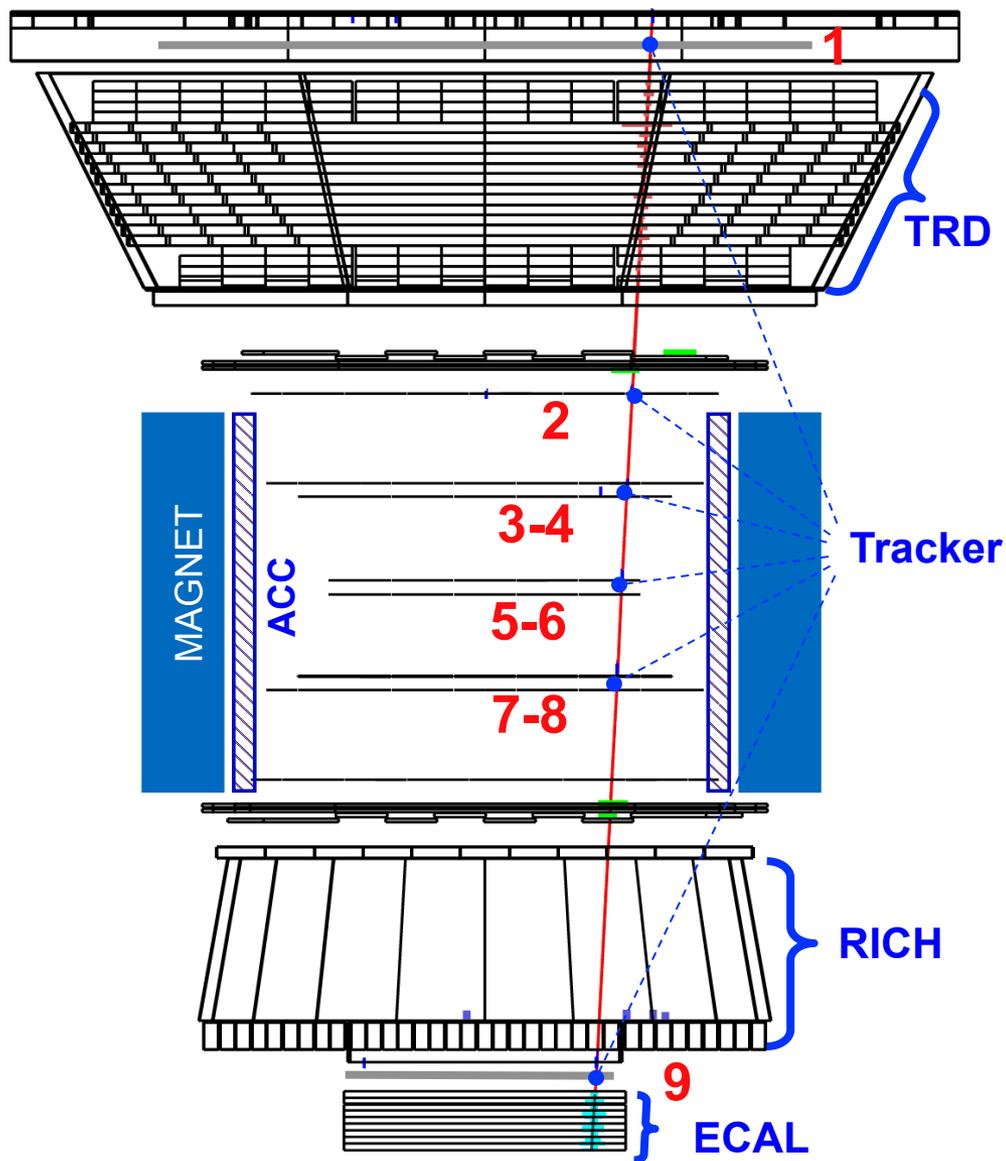
硅径迹室



最大可测刚度 $\sim 2 \text{ TV}$

反质子比例分析的样本选择

$R = -363 \text{ GV}$ 反质子



地磁截止刚度:

- $|R| > 1.2 \cdot \text{max cutoff}$

TOF:

- 向下飞行粒子
- $\beta > 0.3$

TRD:

- > 12 hits

TRACKER:

- 径迹重建质量
- $0.8 < |Q| < 1.2$

ECAL:

- 强子簇射事例

反质子鉴别

- 反质子事例数通过模板拟合得到
- 不同能区使用不同模板

1. 低刚度区域: 电子、pion本底

1.00-4.02 GV 从TOF和Tracker计算mass

2. 中间区域: 电子和少量pion本底

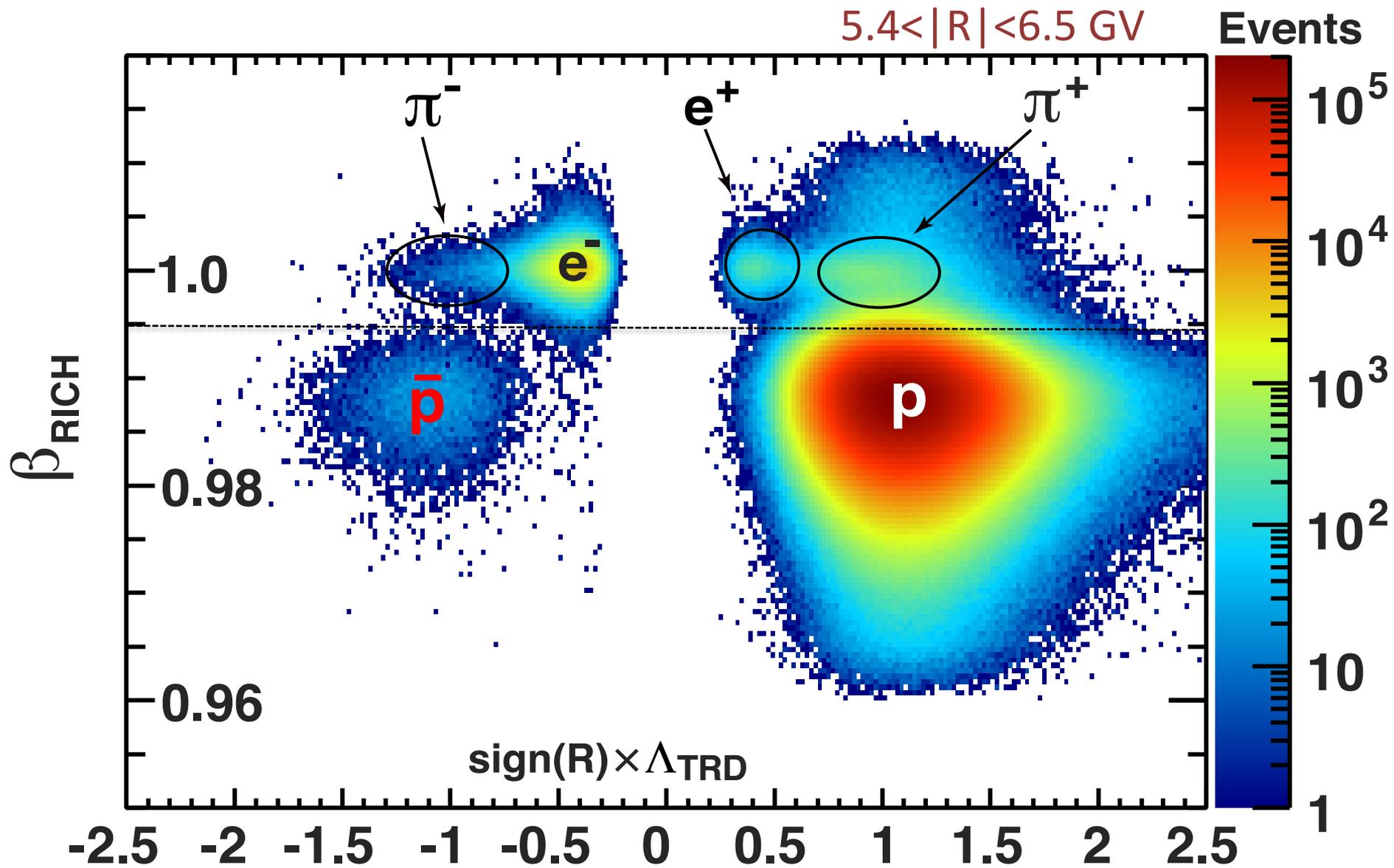
3.67-18.0 GV RICH 与 TRD

3. 高刚度区域: 电子和电荷符号误判质子

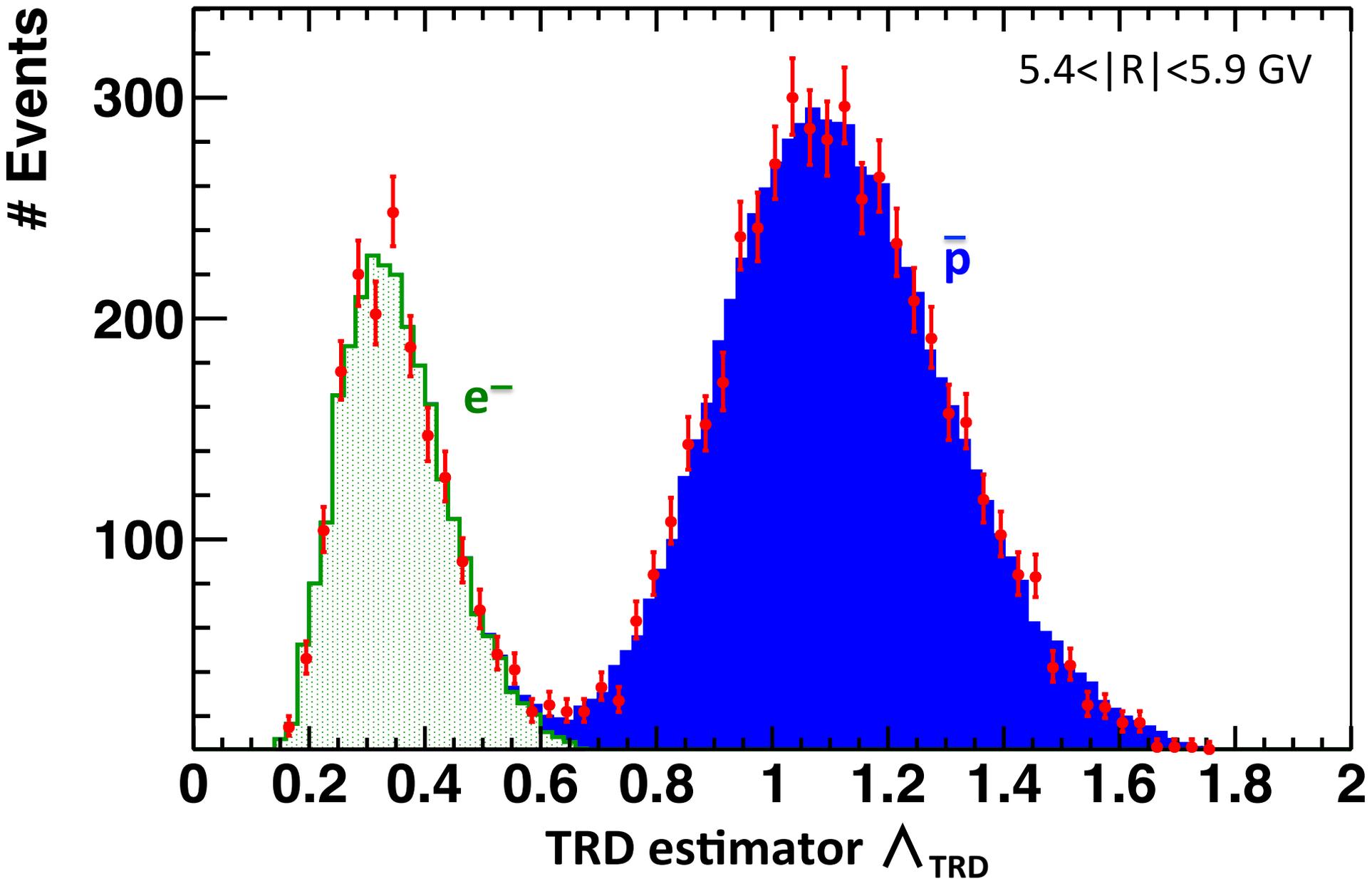
16.6-450 GV $\Delta_{\text{TRD}} - \Delta_{\text{CC}}$ 2D 模板

1 < |R| < 450 GV: 3.49×10^5 反质子 2.42×10^9 质子

中能反质子鉴别



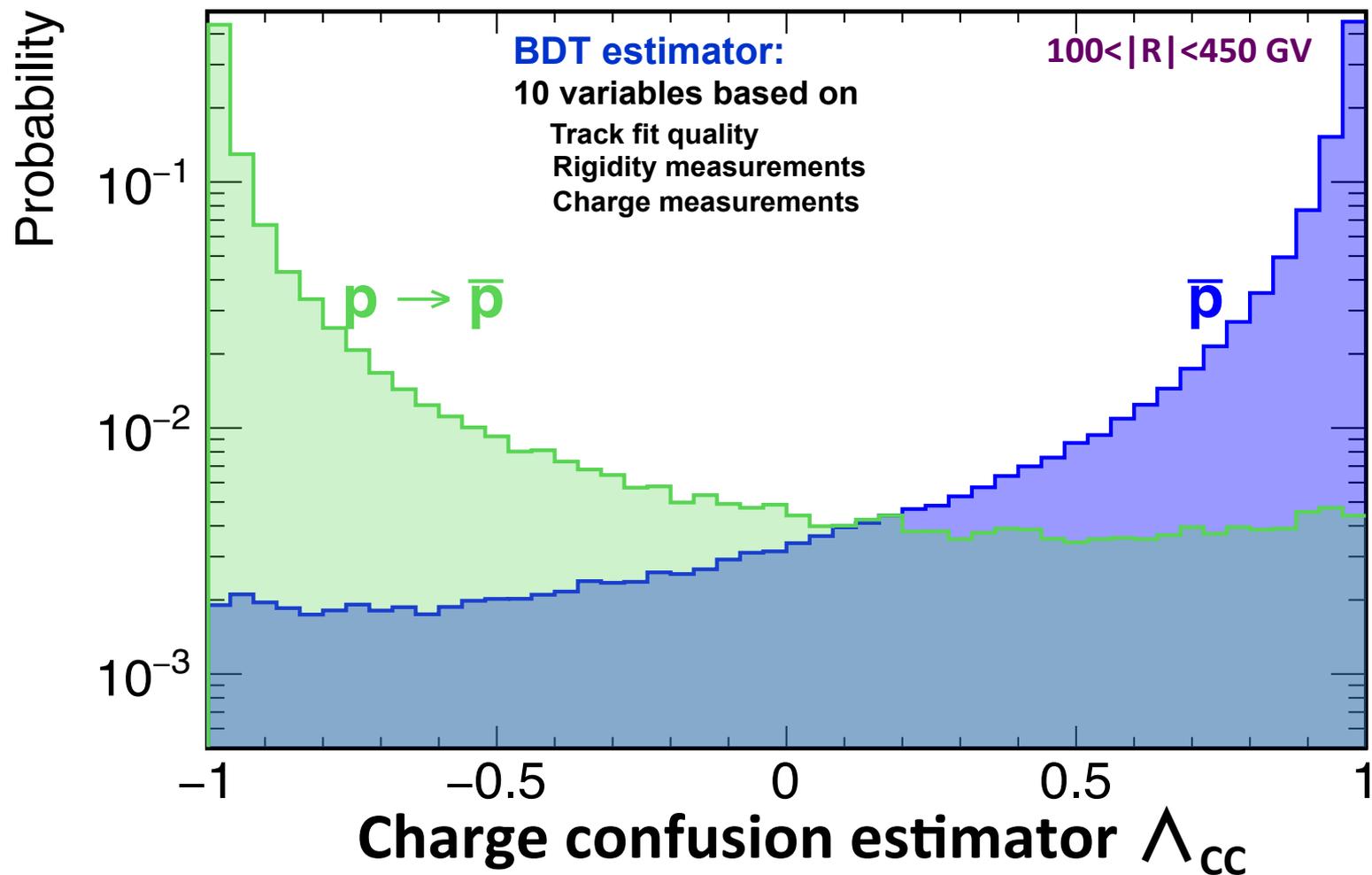
中能反质子鉴别



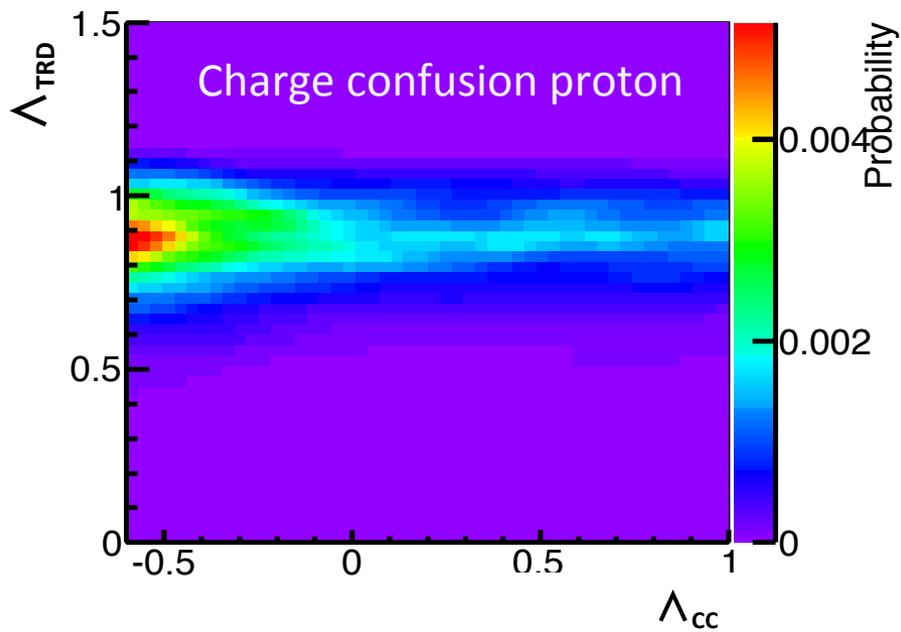
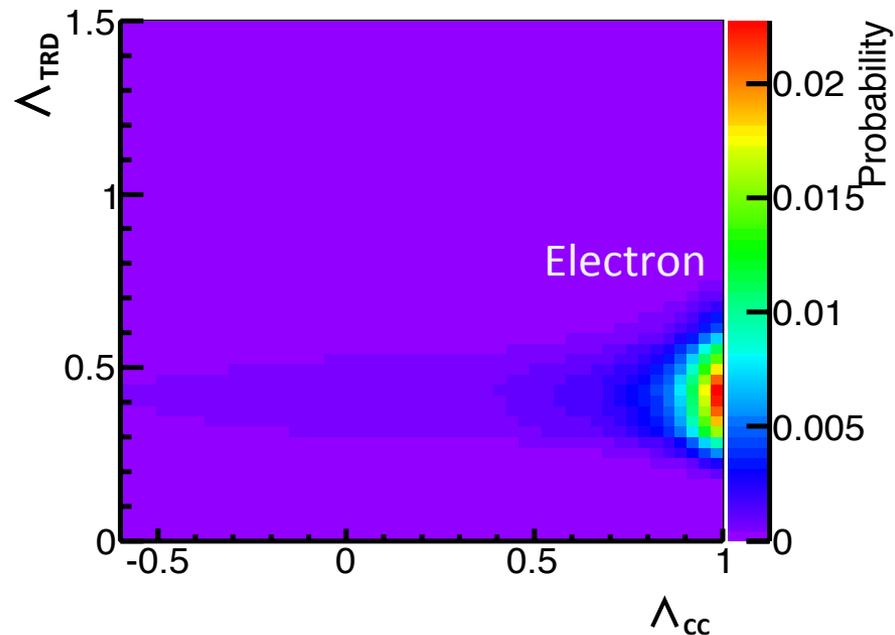
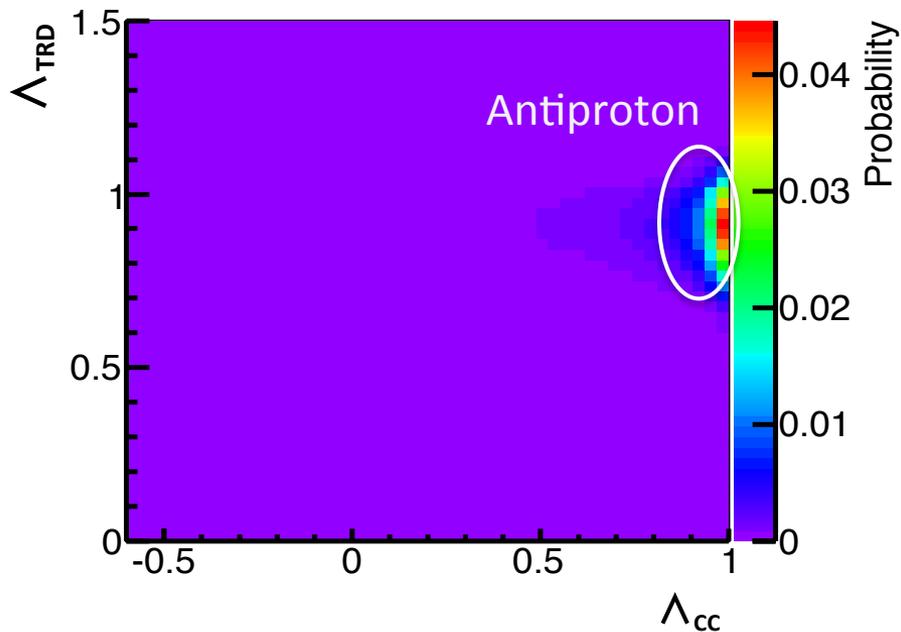
电荷误判估计

质子可能重建出错误的电荷符号，原因有

- 有限的径迹测量分辨率
- 粒子与探测器的相互作用



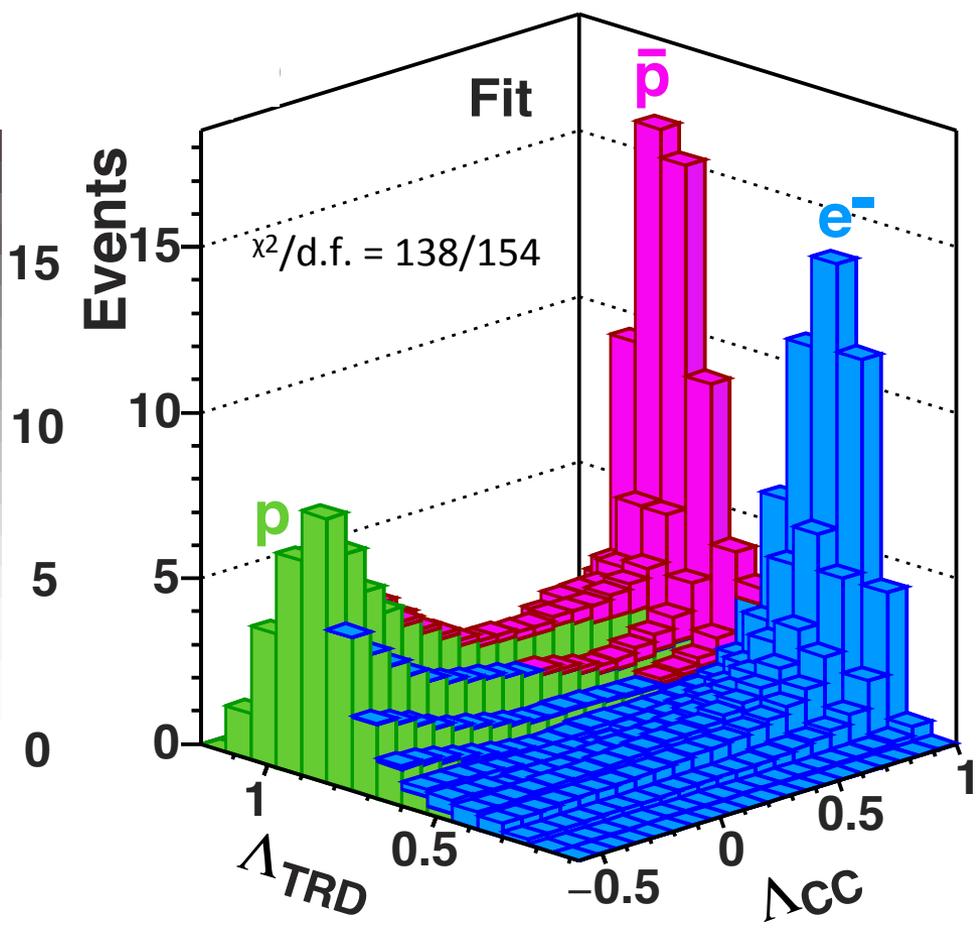
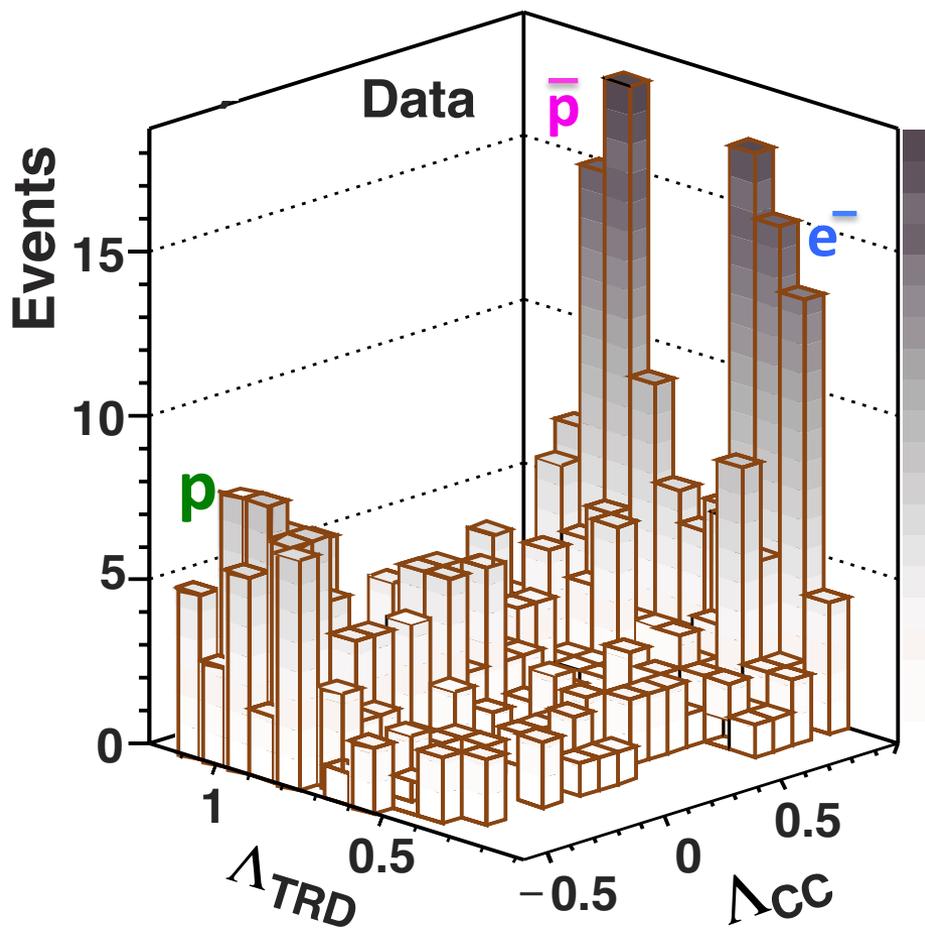
高能反质子鉴别



- $\Lambda_{\text{TRD}} - \Lambda_{\text{CC}}$ 2D模板拟合
- 用数据中的质子构建反质子模板
- 从电子MC得到电子模板
- 从质子MC构建电荷符号误判模板

高能反质子鉴别

175 < |R| < 211 GV



接收度修正

反质子比例定义为

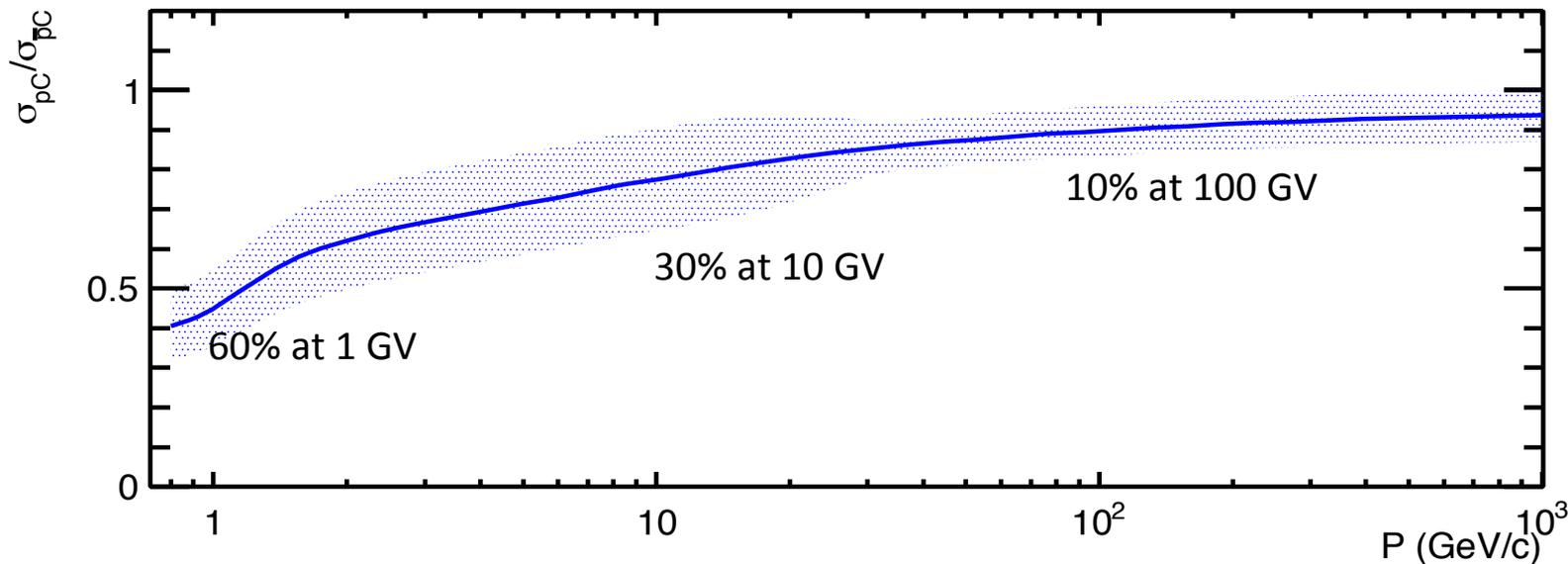
$$\left(\frac{\bar{p}}{p}\right)_i \equiv \frac{\Phi_i^{\bar{p}}}{\Phi_i^p} = \frac{\tilde{N}_i^{\bar{p}}}{\tilde{N}_i^p} \cdot \frac{\tilde{A}_i^p}{\tilde{A}_i^{\bar{p}}}$$

测量到的反质子和质子事例数

质子和反质子接收度比例

反质子和质子的接收度有微小的差异:

- 1) 能谱形状不同
- 2) 作用截面不同

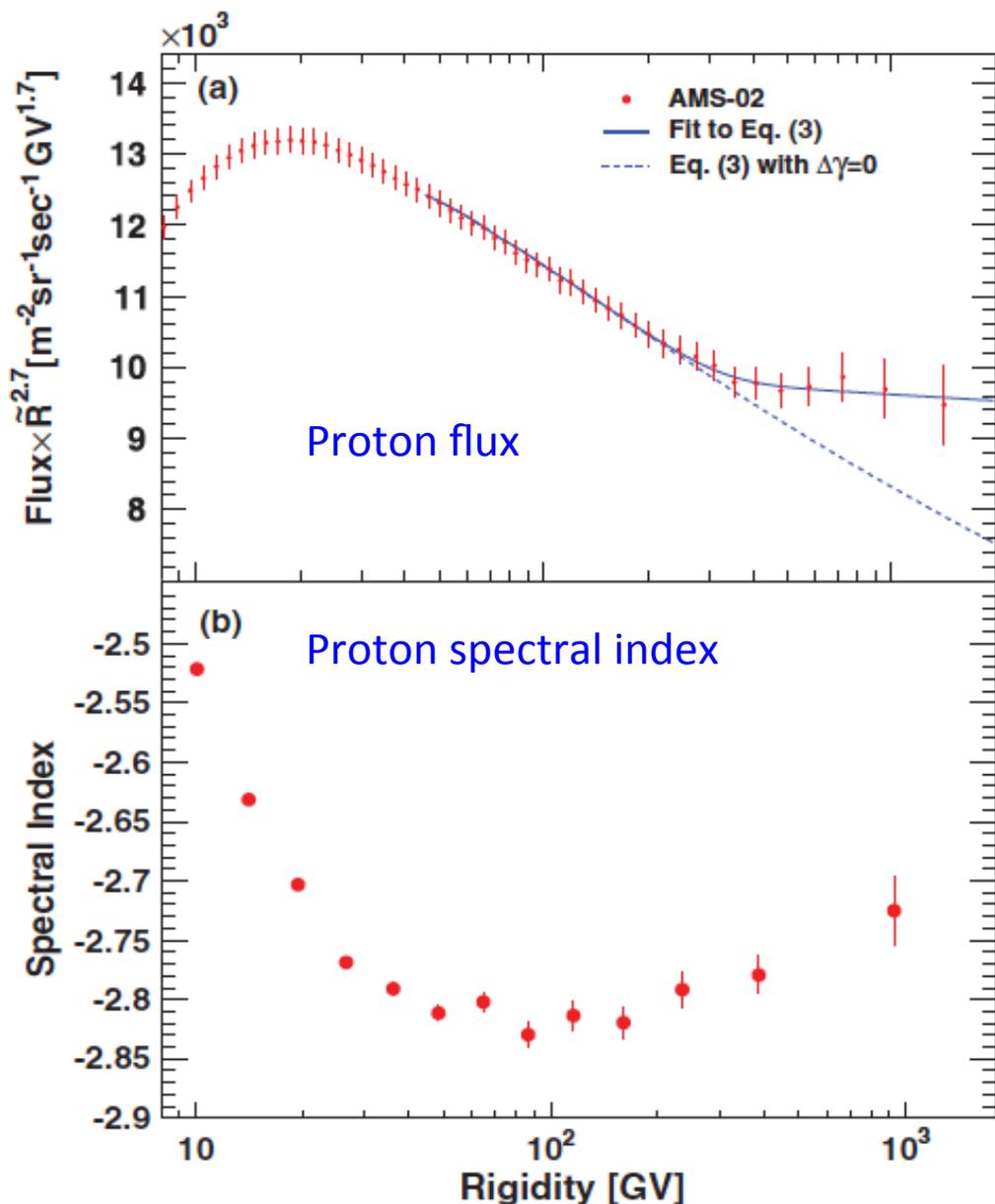


系统误差来源

- 影响事例计数 σ_N
 1. 截止刚度
 2. 事例选择
 3. 电荷误判模板
- 影响接收度 σ_A
 4. 作用截面
 5. MC统计涨落
 6. Migration matrix
- 绝对能标 σ_R

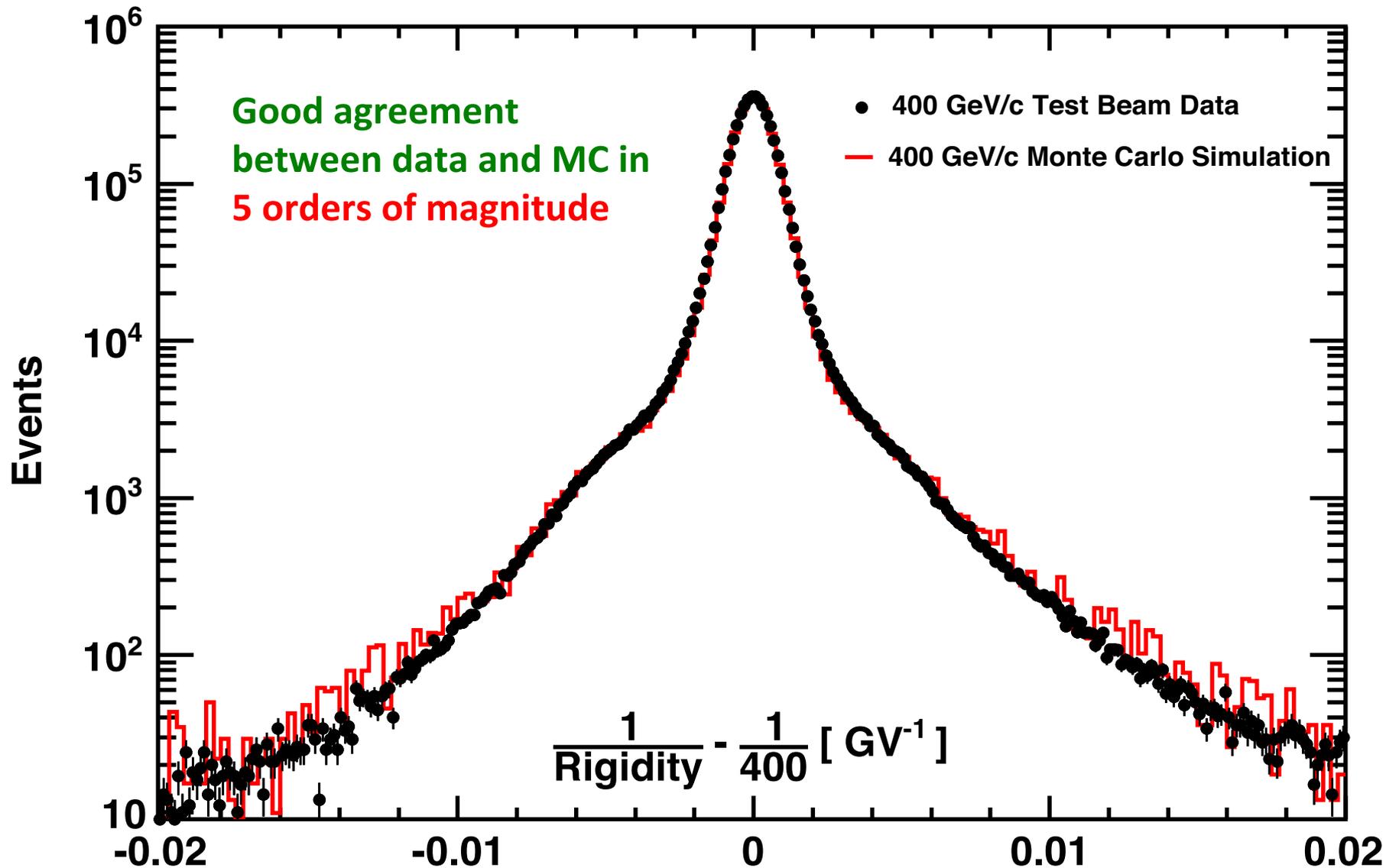
电荷误判模板带来的系统误差

1. TV以上区域的质子流强不确定性:
 - a) 固定谱指数
 - b) 连续变化谱指数

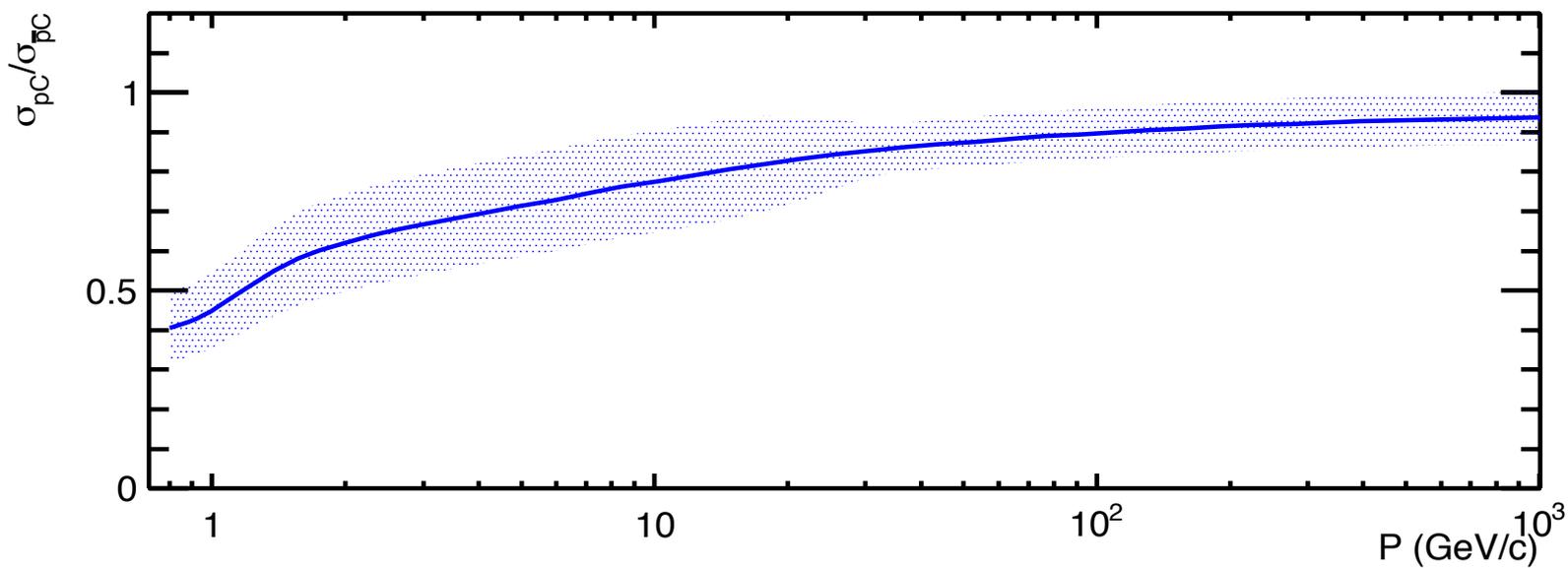
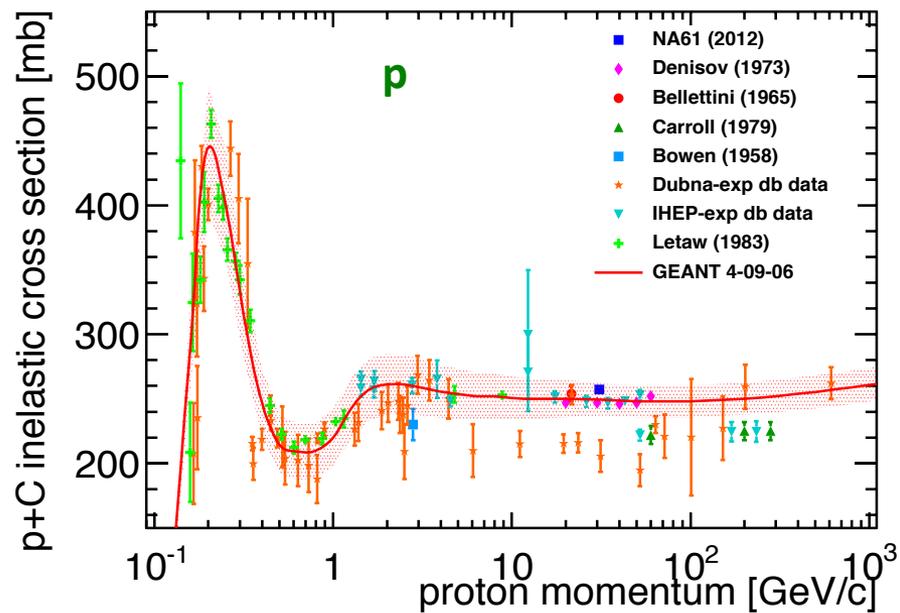
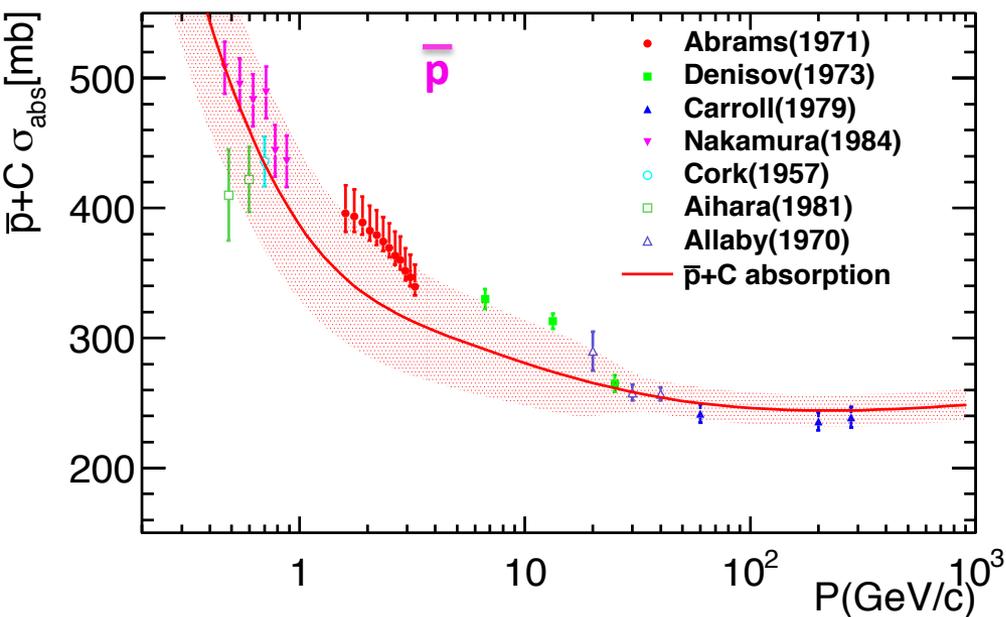


电荷误判模板带来的系统误差

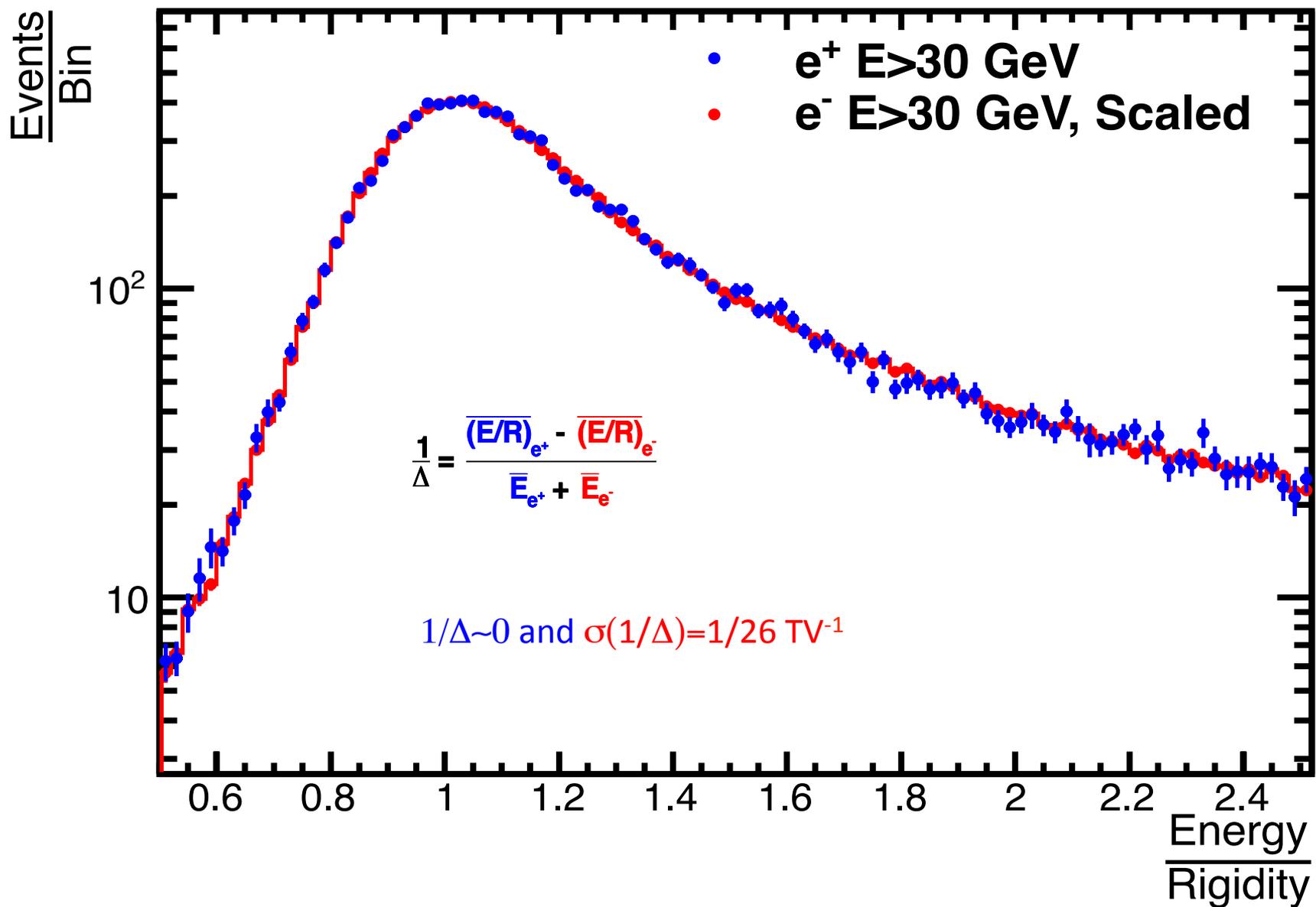
2. 质子刚度分辨率中的不确定性



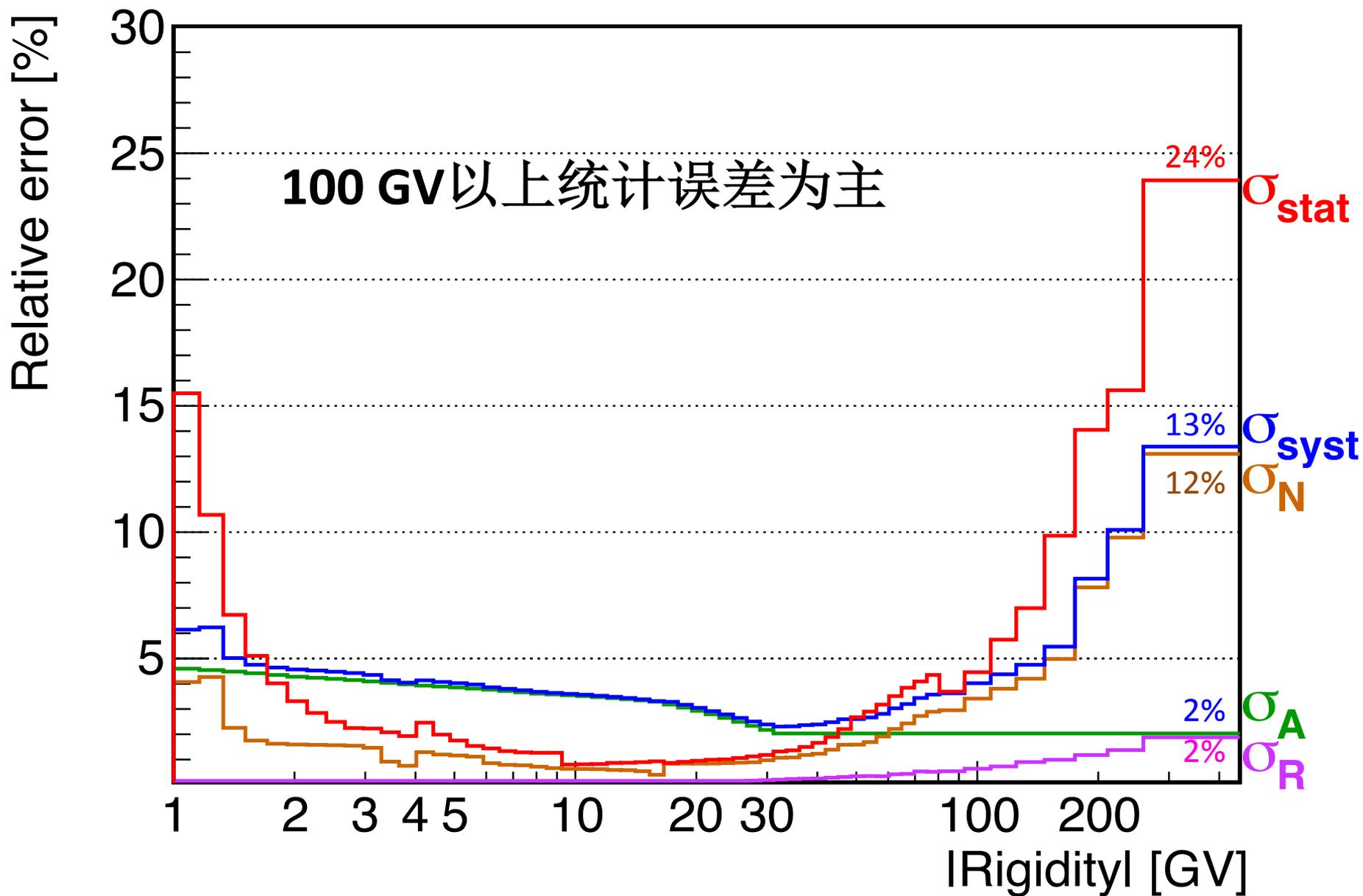
作用截面不确定度带来的系统误差



绝对能标不确定度带来的系统误差

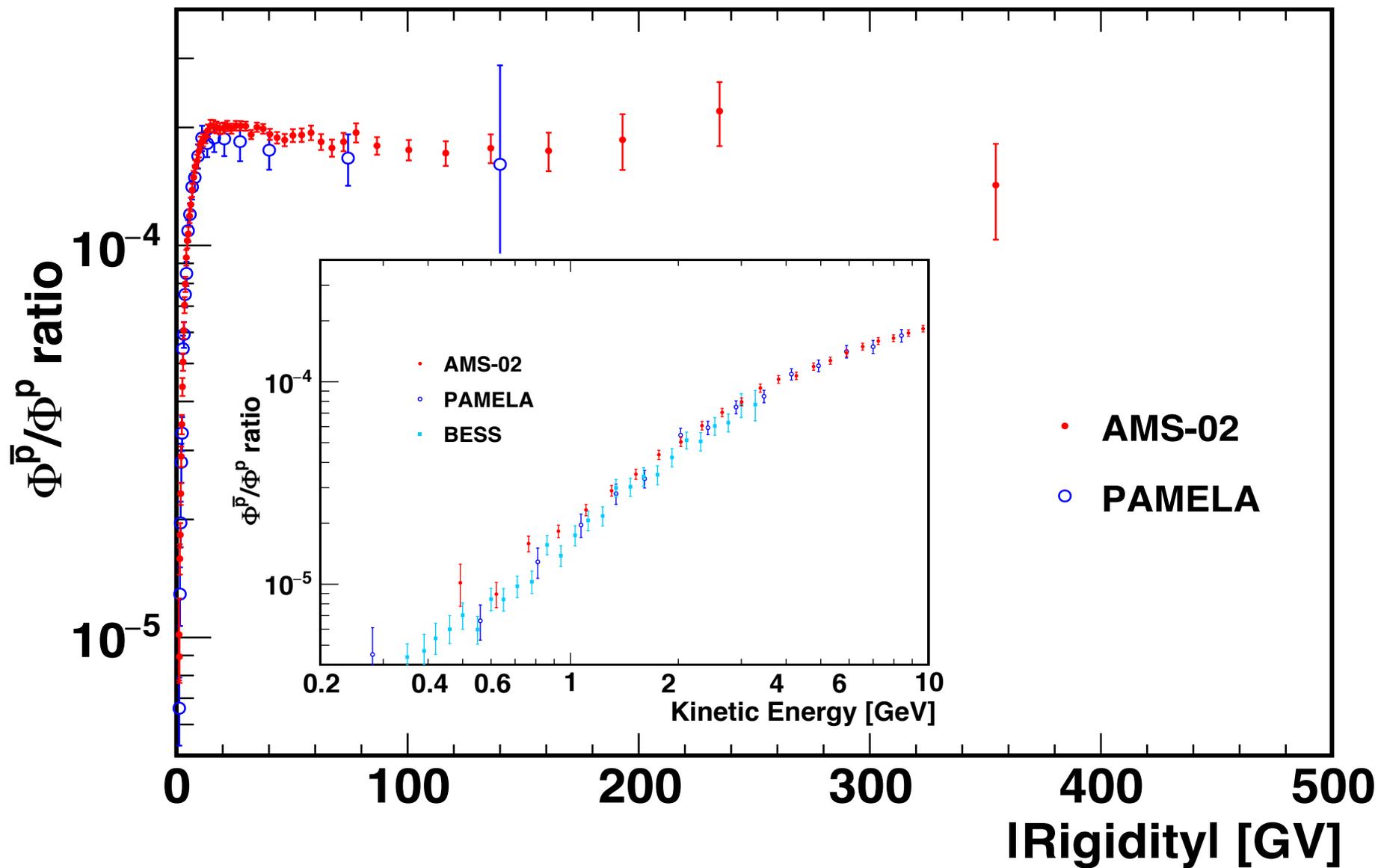


各项误差



反质子-质子流强比例

3.49×10^5 反质子, 2.42×10^9 质子

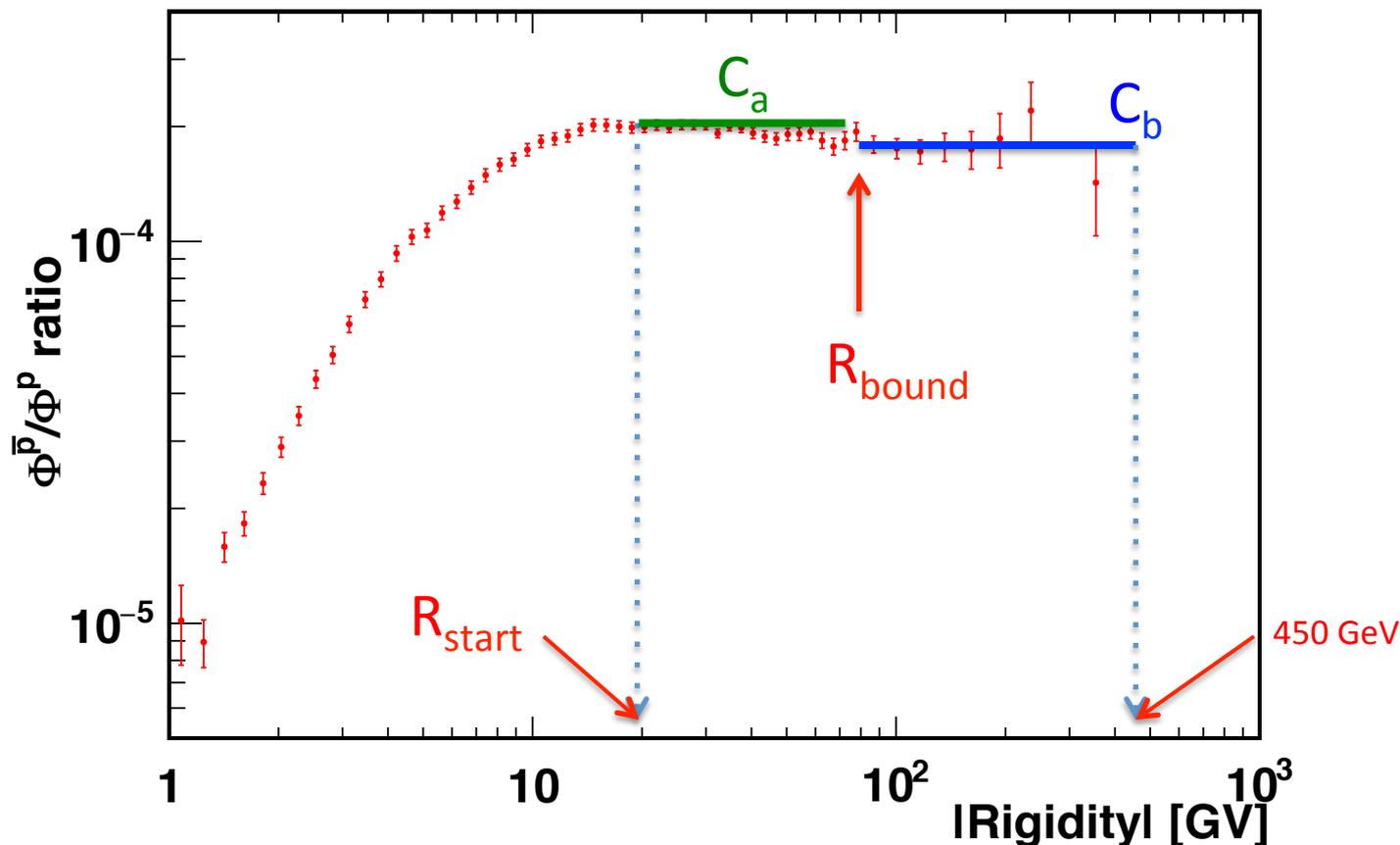


反质子比例与能量无关的区域

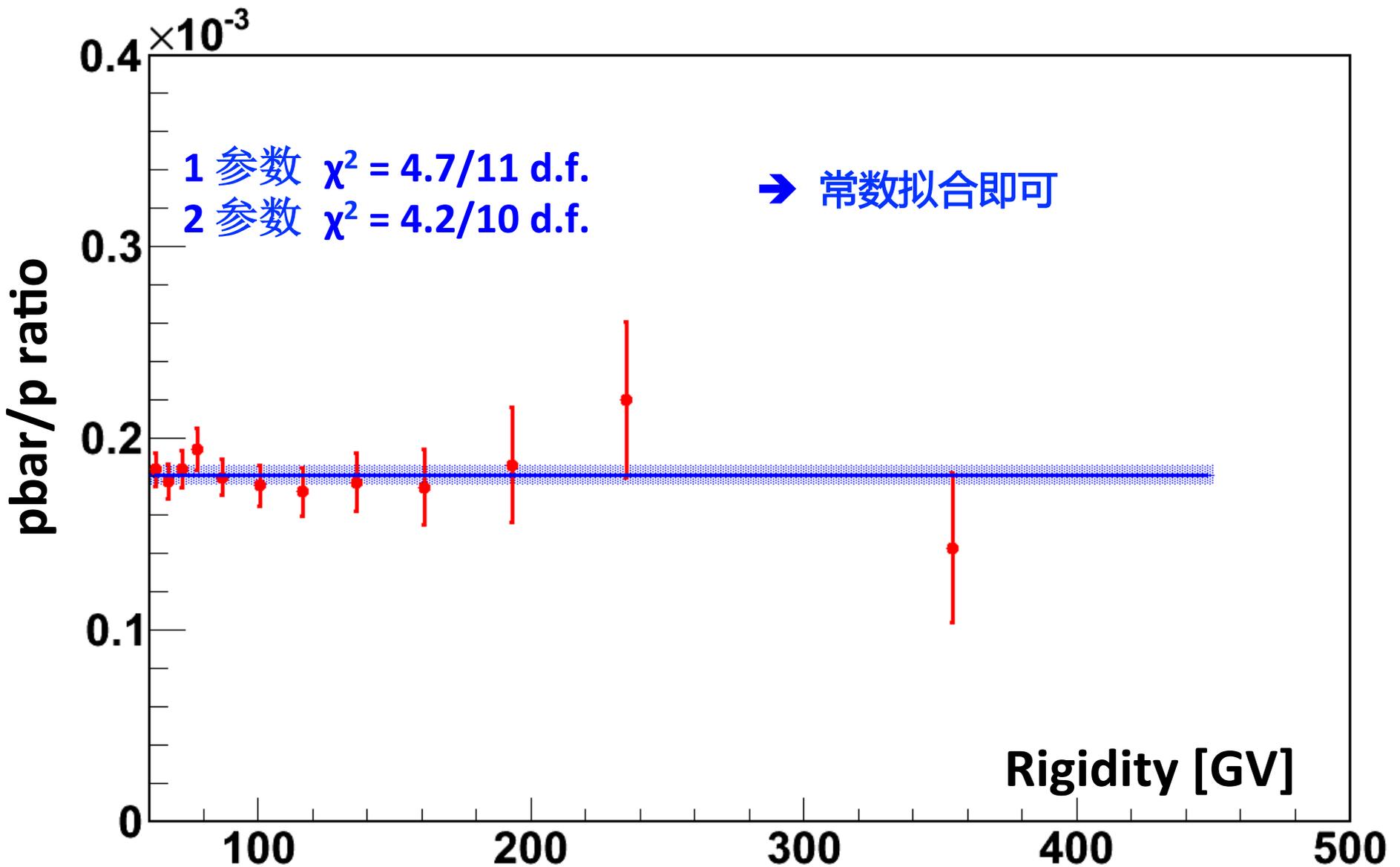
对从最低刚度 R_{start} , 到最高450GV的区间进行了数值拟合研究:

- Split把整个区间按照选择的刚度 R_{bound} 分成两个小区间a和b
- 分别对两个小区间做常数拟合
- 判断拟合的两个参数 C_a and C_b 是否一致

如果对任意的 R_{bound} 都使 C_a 与 C_b 在90% 置信度下一致, 那么 R_{start} 到450GV之间的反质子比例就可以认为是常数。最小的 R_{start} 是60.3 GV



60 GV以上的反质子比例



总结

- AMS-02测量了**1~450GV**反质子-质子流强比例
数据量： **3.49×10^5** 反质子, **2.42×10^9** 质子
- 反质子比例在20GV达到最高
- 反质子比例**在60GV以上不随能量变化**
- AMS将继续收集数据，探索更高能区