

# 1-2TeV能区HESS电子谱是否 存在未知结构？

报告人：姚玉华

合作者：靳超、胡红波、郭义庆

2017/9/23

# 主要内容

I. TeV电子谱现状



```
graph TD; A[I. TeV电子谱现状] --> B[II. 似然检验方法]; B --> C[III. 背景估计]; C --> D[IV. 分析及结果];
```

II. 似然检验方法

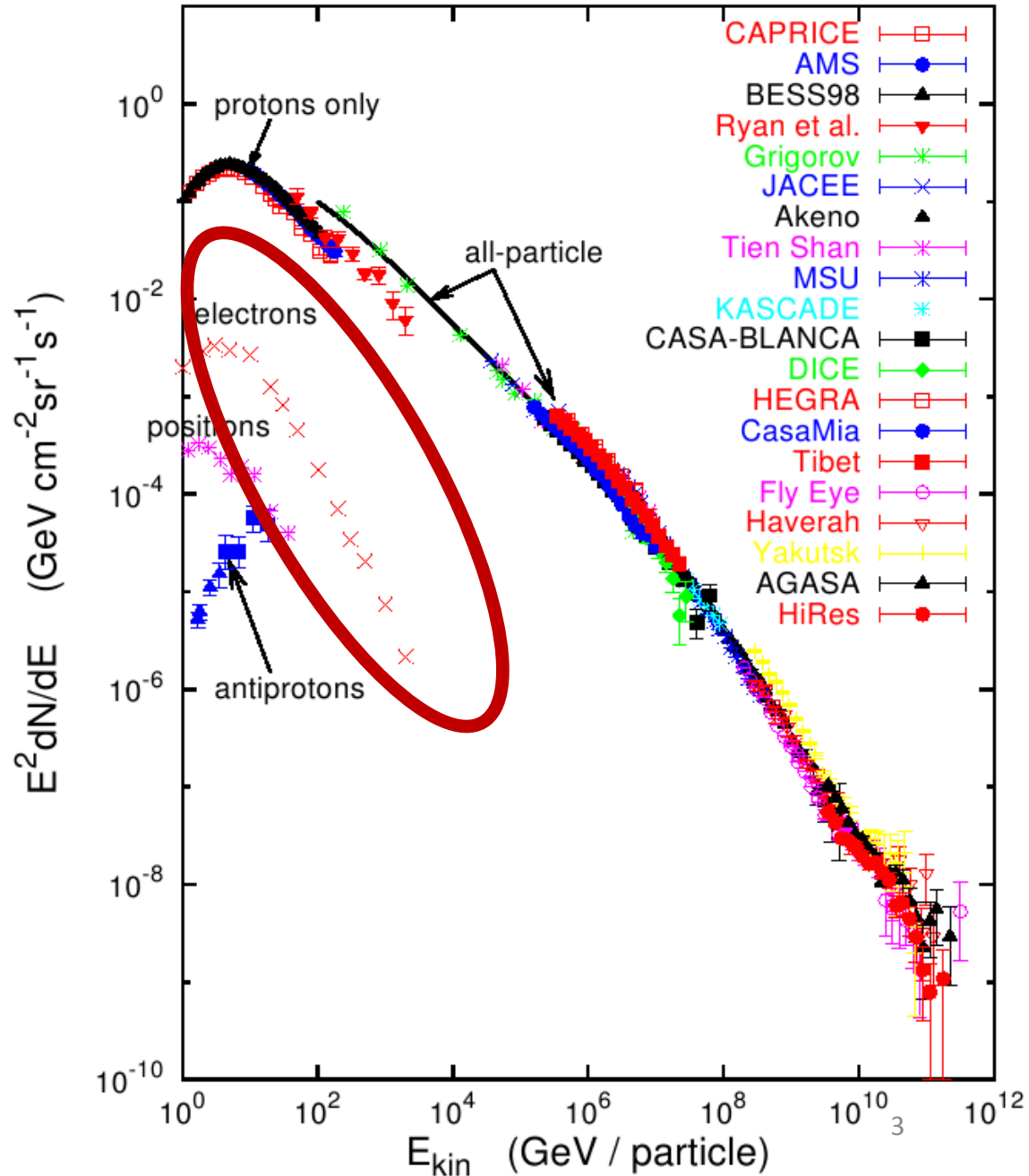
III. 背景估计

IV. 分析及结果

Energies and rates of the cosmic-ray particles

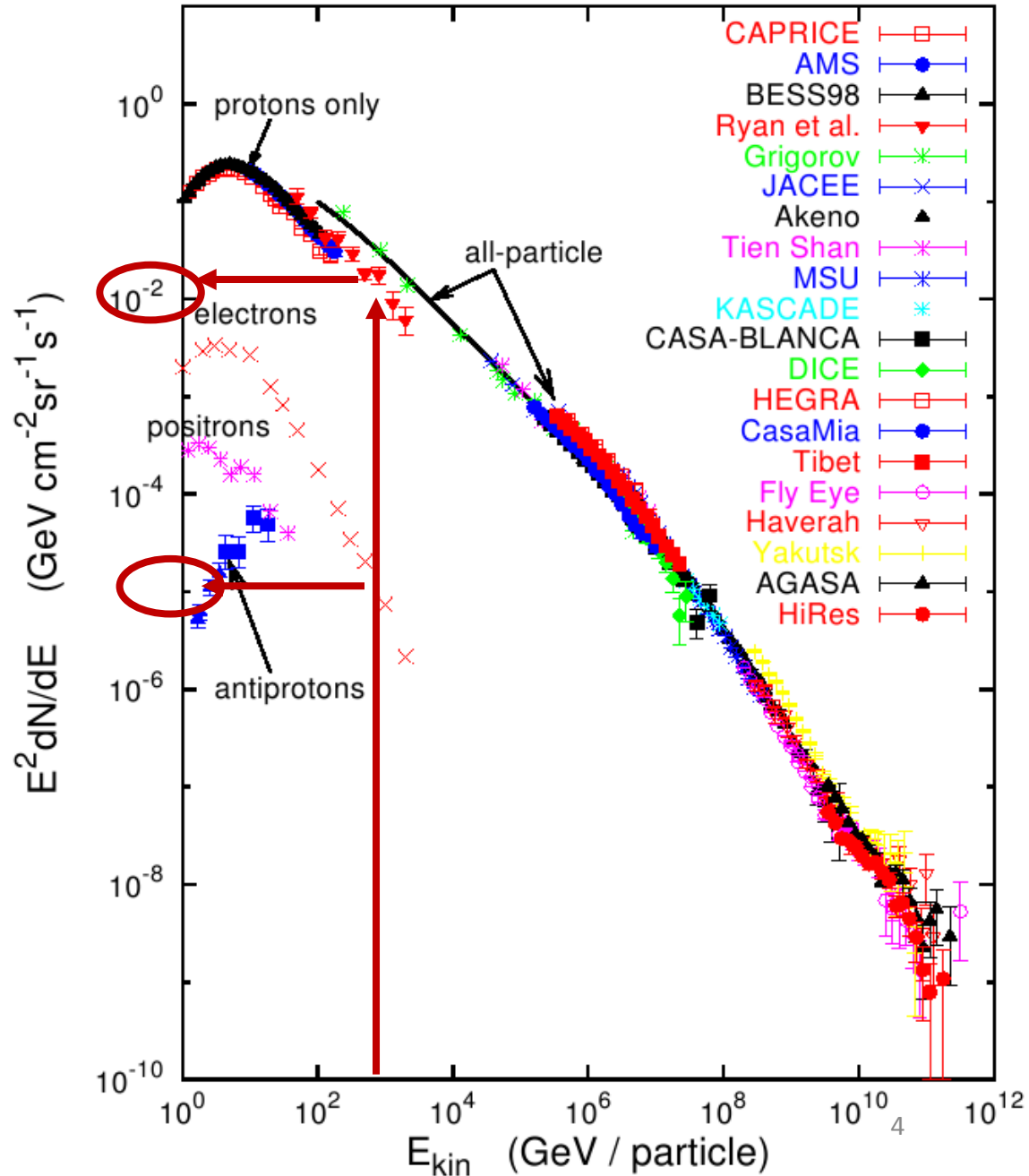
# 宇宙线电子谱 的测量

- 电子在宇宙线中只占很小一部分比例
- GeV : 1%左右
- TeV : 不到1‰

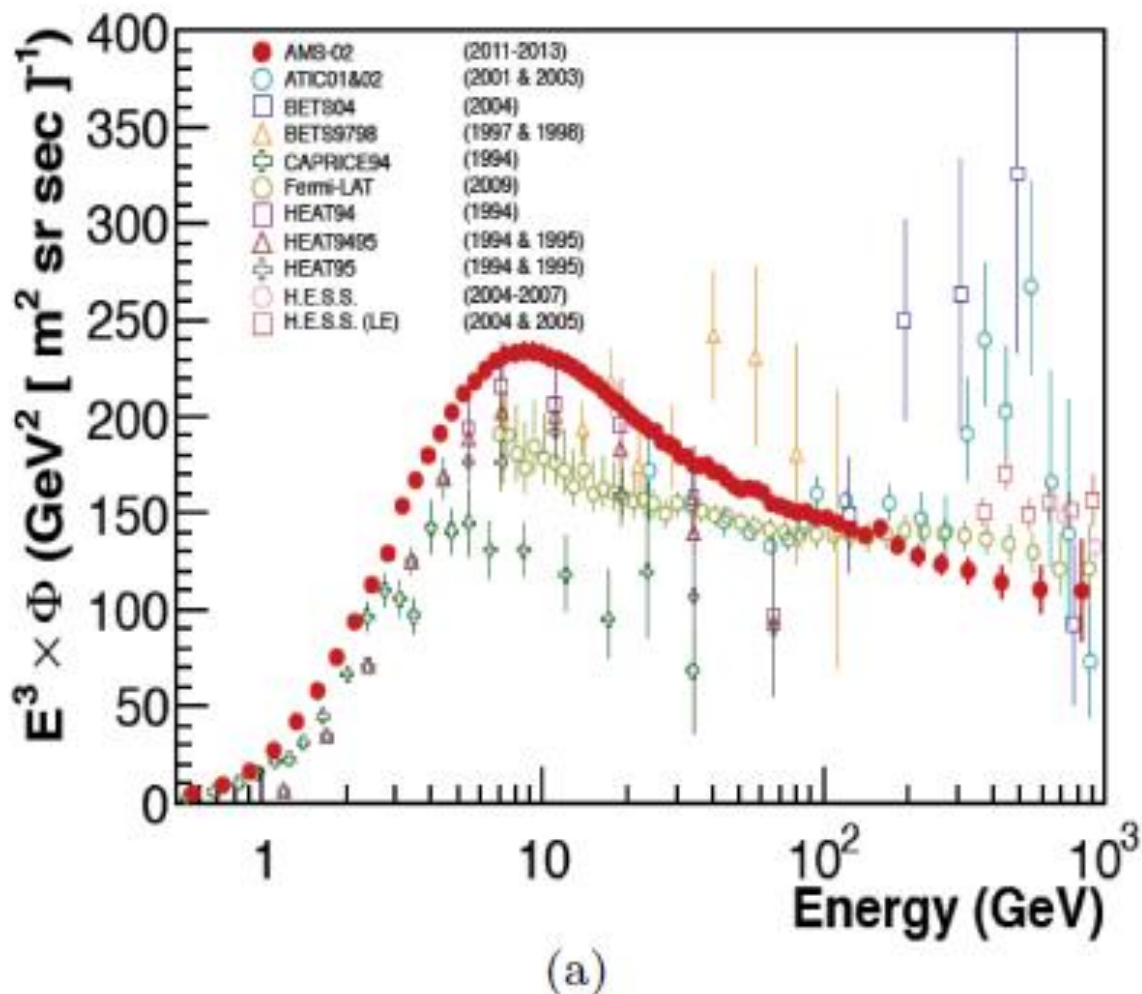


# 宇宙线电子谱的测量

- 电子在宇宙线中只占很小一部分比例
- TeV : 不到1‰
- 宇宙线电子：短寿命，1TeV传播距离约为1kpc，是太阳系**临近源和新物理**的重要探针。

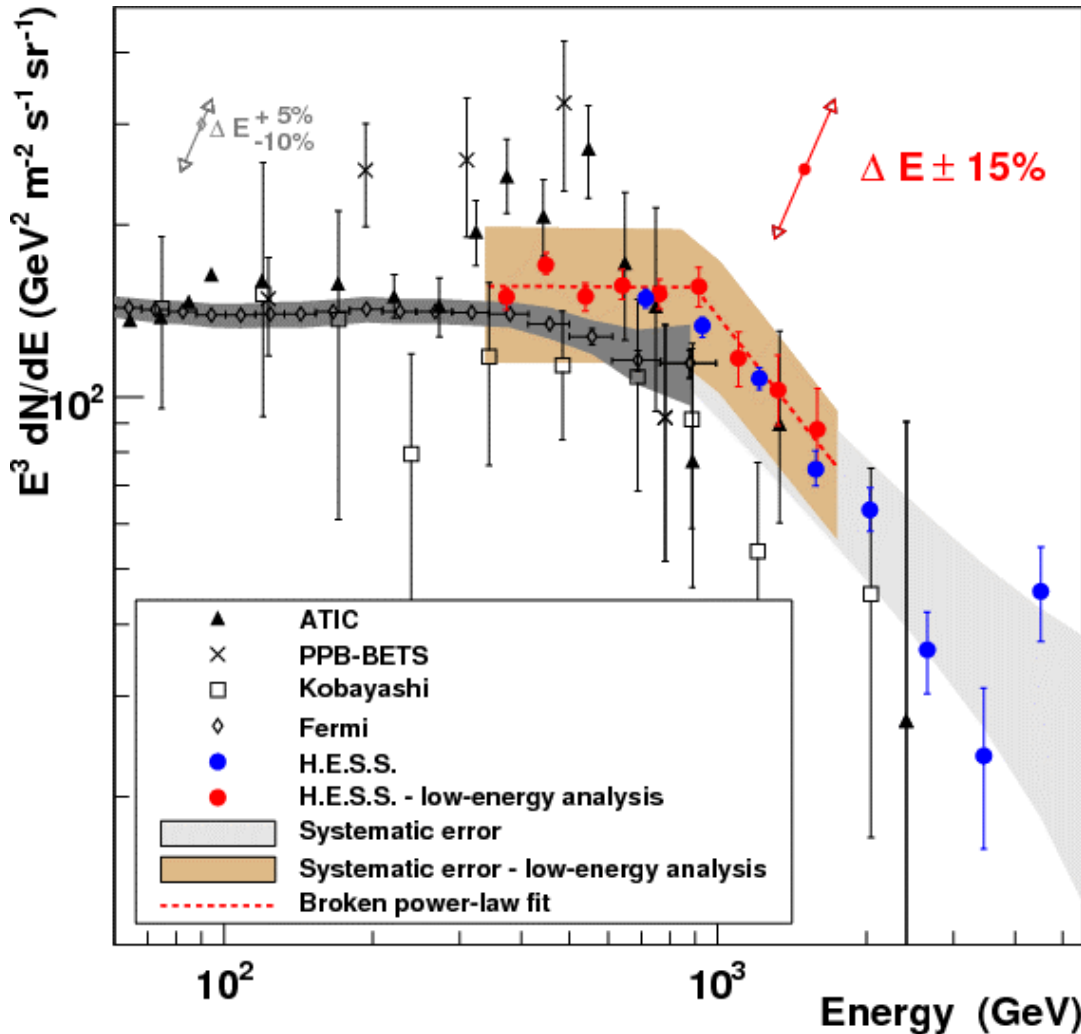


# GeV-TeV电子谱

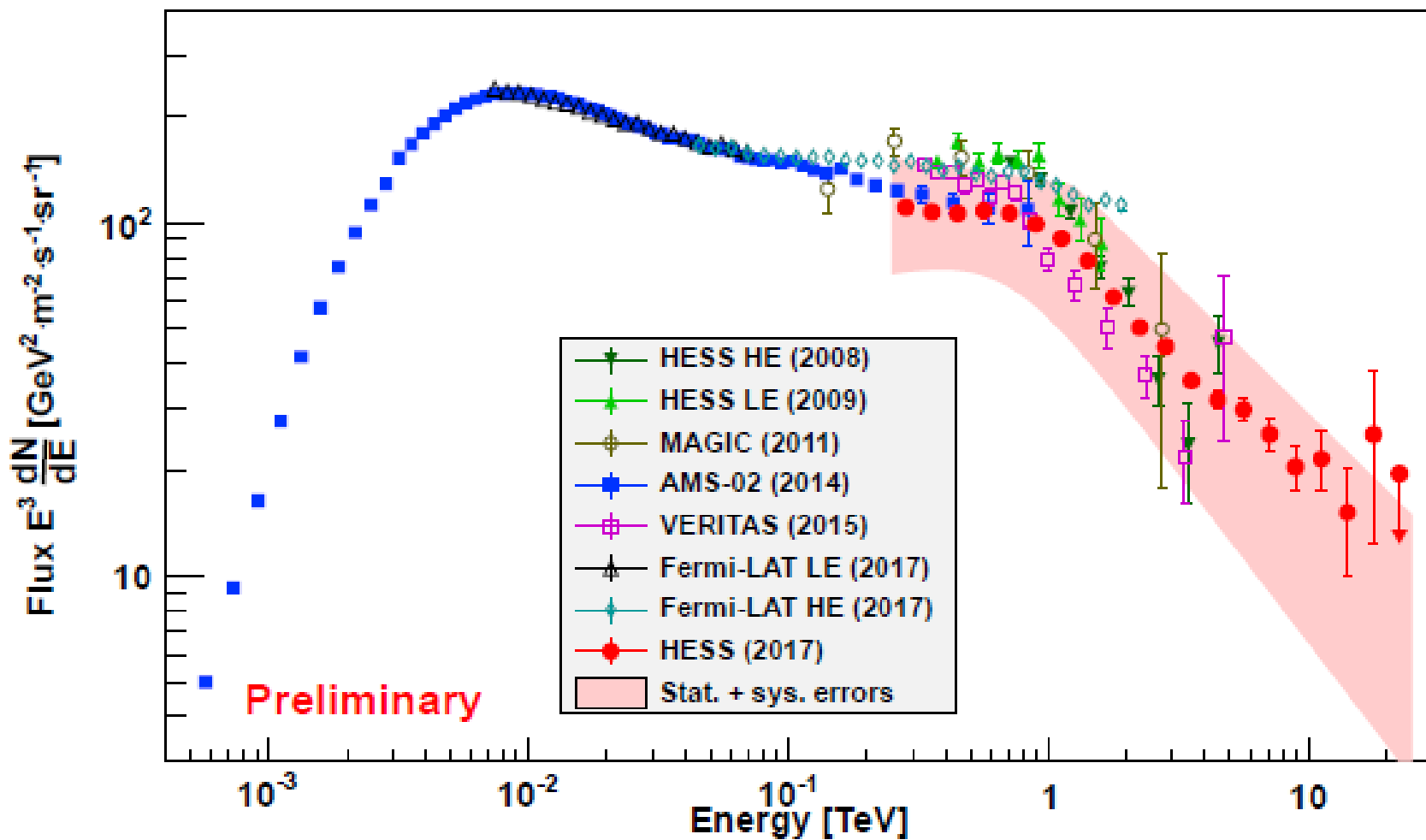


- 空间直接测量：ATIC、Fermi-LAT、PAMELA、AMS02 ( $<1\text{TeV}$ )、DAMPE ( $5\text{GeV}-10\text{TeV}$ )
- 地面间接测量：VERITAS、MAGIC、HESS等
- 整体来说，几十GeV-TeV可用单幂率描述

# TeV以上电子谱



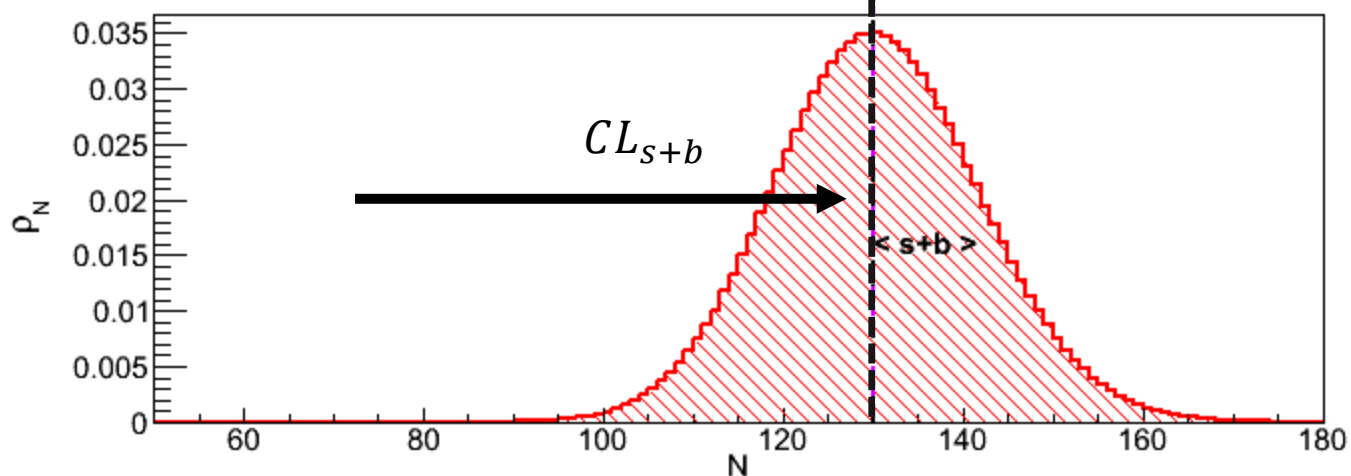
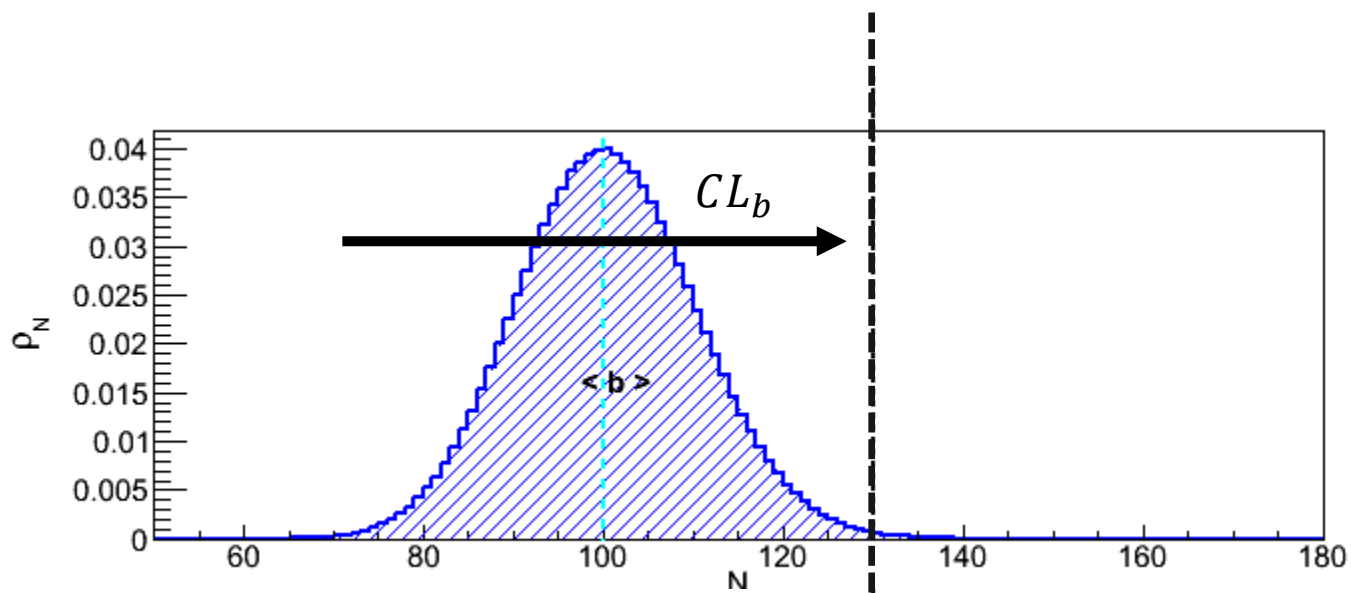
- 能谱拐折：TeV左右
  - 暗物质的湮灭或衰变
  - 临近源：SNRs，脉冲星
  - 然而并没有一个定论
- GeV-TeV以上整体可用双幂律谱来描述



- 能谱范围：250GeV~20TeV
- 在低能部分能够和AMS-02吻合得很好，在高能部分能谱比较硬

## II ON-OFF 方法

- 以Crab源为例：
- OFF:  $b$
- ON :  $s+b$





# Likelihood ratio 检验法

• 构造一个检验量:  $Q = \frac{e^{-(s+b)}(s+b)^n}{\frac{n!}{e^{-b}b^n}}$

依然是计数而已

$$\ln(Q) = n \cdot \ln\left(\frac{s+b}{b}\right) - s = \boxed{n} \cdot \boxed{\ln\left(\frac{s+b}{b}\right)} - s$$

常数

# Likelihood ratio 检验法

- 信号区能段分为几个bin，每个bin是相互独立的

$$Q = \frac{\prod_{i=1}^{i=N} \frac{e^{-(s_i+b_i)} (s_i+b_i)^{n_i}}{n_i!}}{\prod_{i=1}^{i=N} \frac{e^{-b_i} b_i^{n_i}}{n_i!}}$$

依然是计数  
只是对每个bin  
多了一个权重因  
子而已

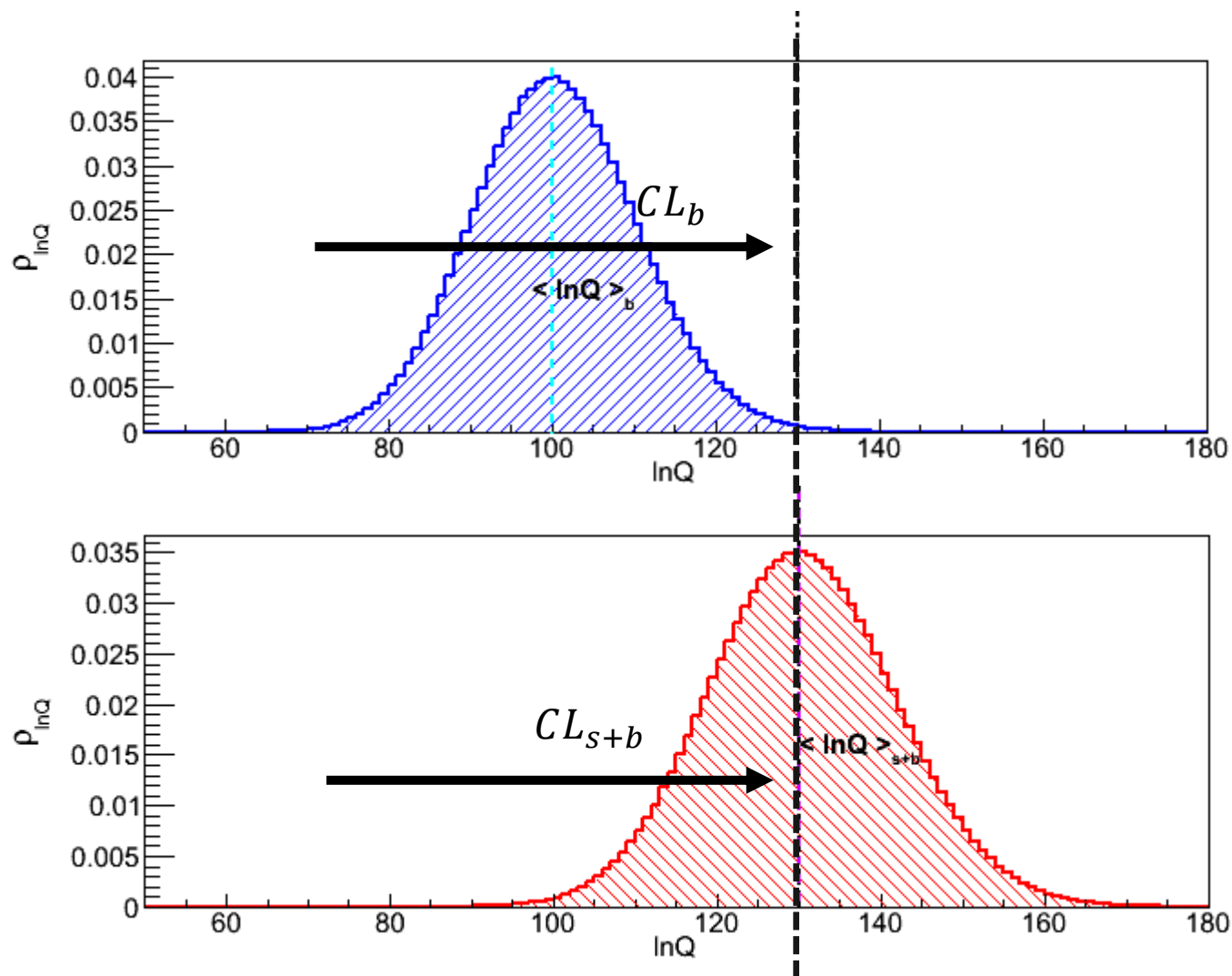
$$\begin{aligned} \ln(Q) &= \sum_{i=1}^{i=N} \left[ n_i \cdot \ln \left( \frac{s_i+b_i}{b_i} \right) - s_i \right] \\ &= \sum_{i=1}^{i=N} \left[ w_i \cdot n_i \right] \rightarrow a \end{aligned}$$

常数

# 置信水平的定义

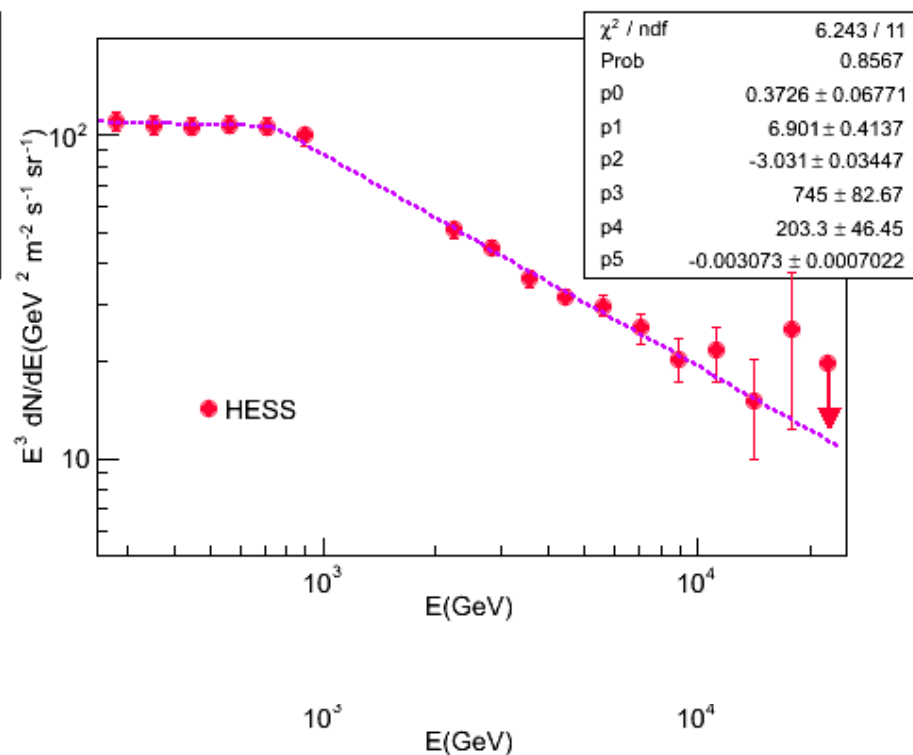
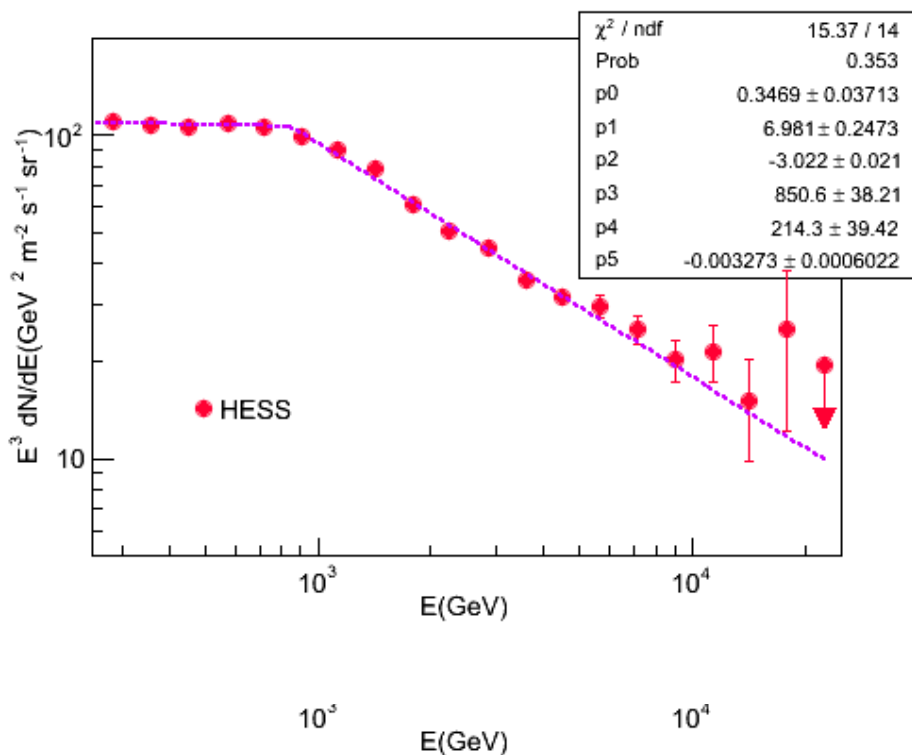
- $CL_{S+b} = P_{S+b}(Q \leq Q_{obs})$
- $CL_b = P_b(Q \leq Q_{obs})$
- $CL_S = \frac{CL_{S+b}}{CL_b}$
- 则排除信号的置信水平定义为:

$$CL = 1 - CL_S$$



# III 背景估计

- 双幂律函数:  $\phi_b(E) = A_b \left(\frac{E}{E_1}\right)^{-\alpha} \left[1 + \left(\frac{E}{E_{br}}\right)^\Delta\right]^{-\frac{\delta}{\Delta}}$

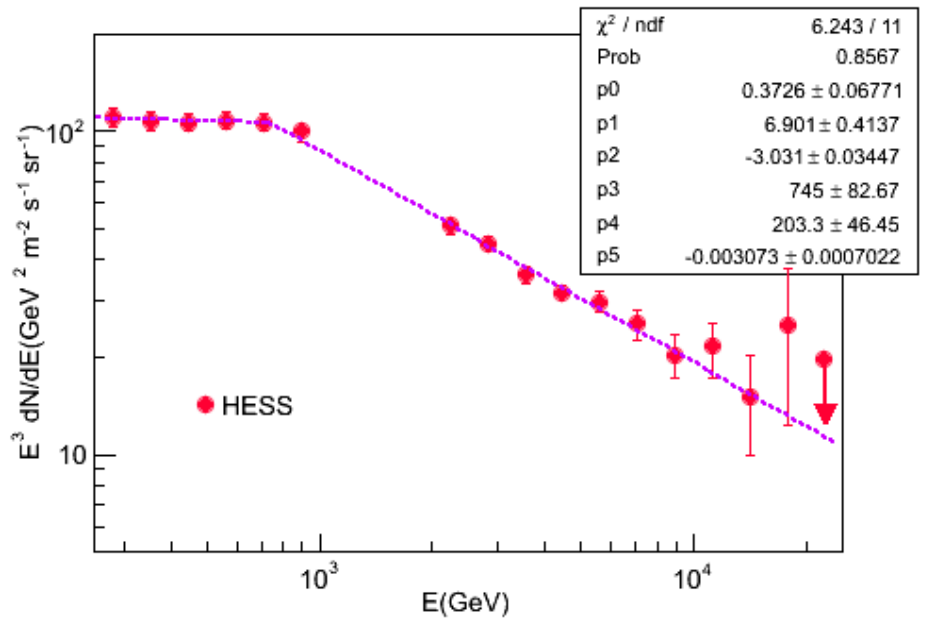
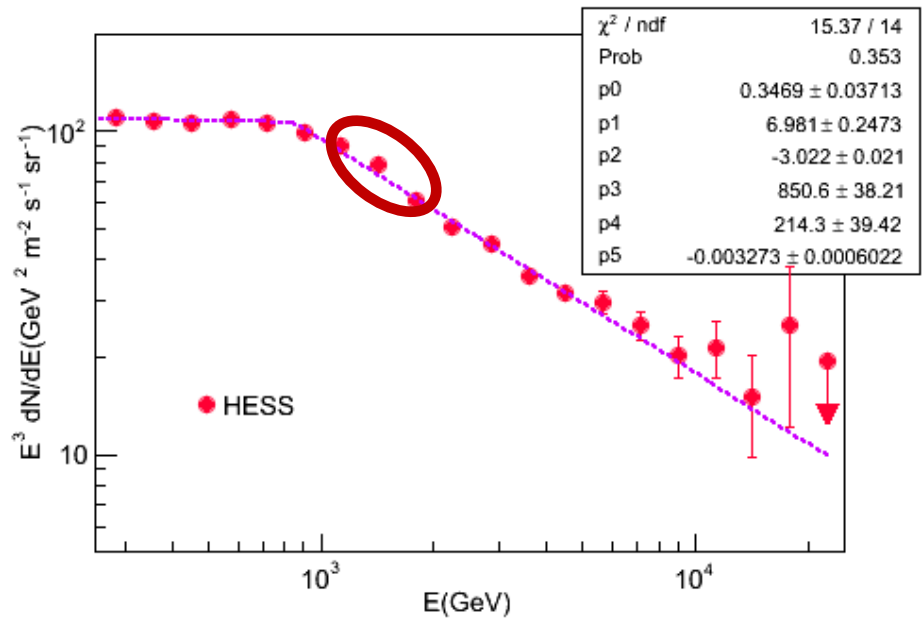


注：均为从HESS最新报告中抠出来，故误差可达到百分之几十，甚至更大。  
 所以本文给出的结果只能参考分析过程，数据不可靠。

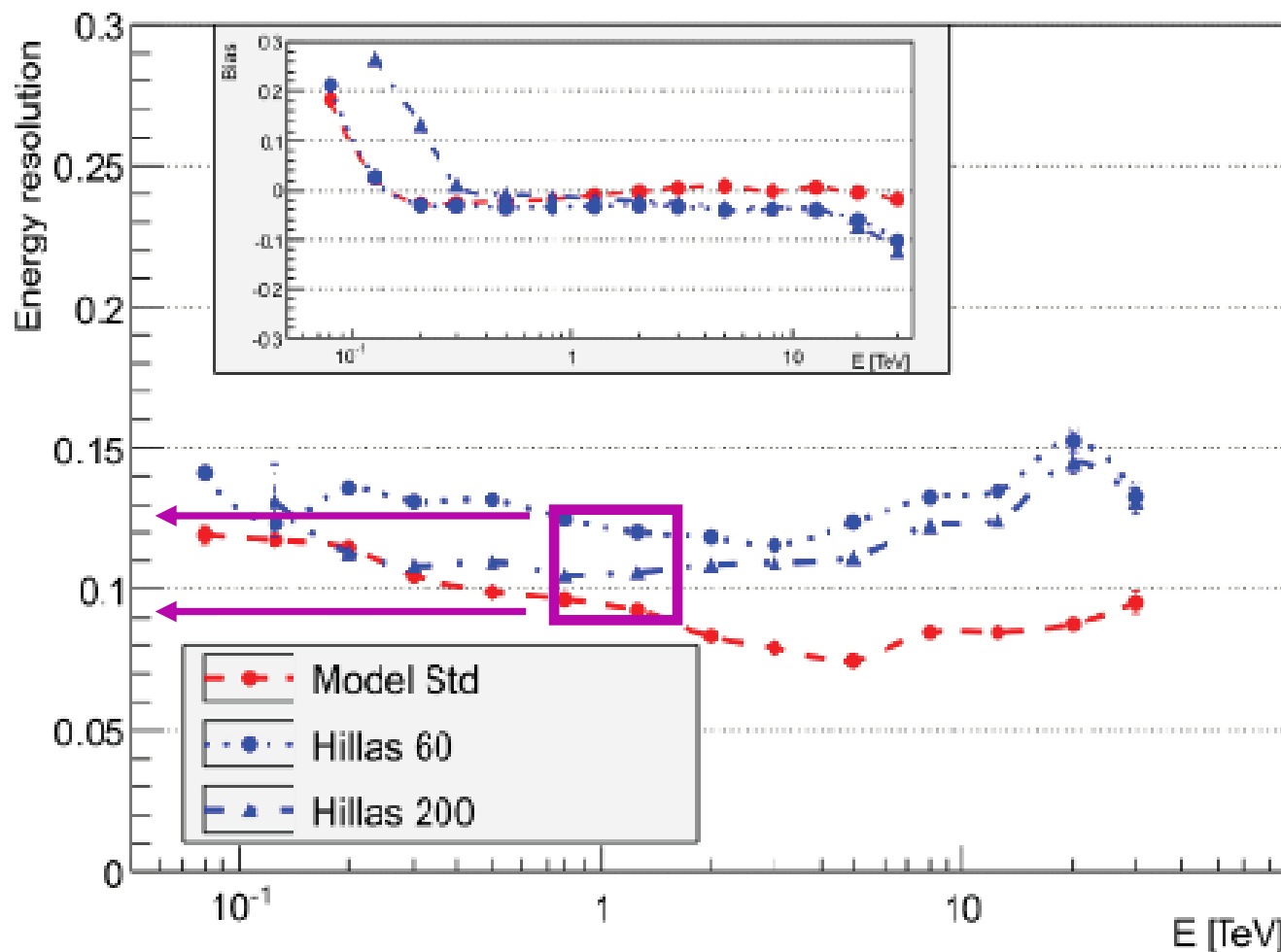
- 决定拐折前能谱
- 给出拐折位置
- 反应拐折的快慢
- 得到拐折的大小

• 双幂律函数:

$$\phi_b(E) = A_b \left( \frac{E}{E_1} \right)^{-\alpha} \left[ 1 + \left( \frac{E}{E_{br}} \right)^{\Delta} \right]^{-\frac{\delta}{\Delta}}$$



# HESS的能量分辨率



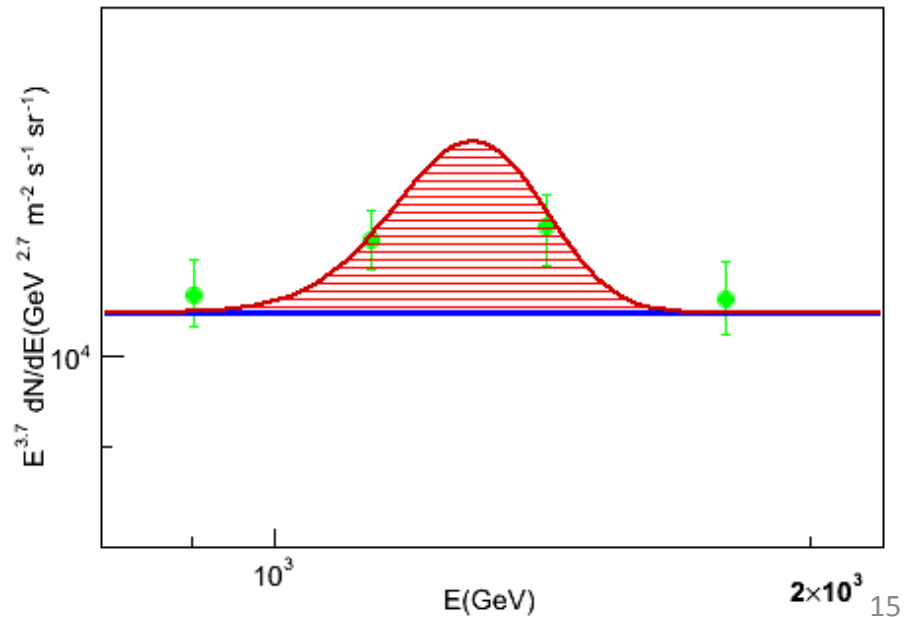
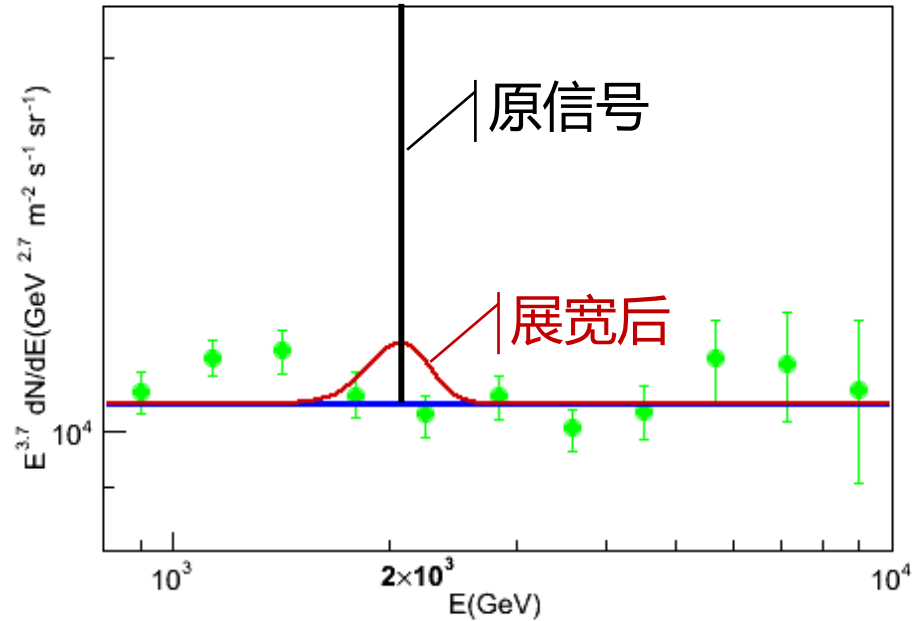
- 1-2TeV能量  
分辨率为10%  
左右

# 信号

- 假设信号是线谱
- 分辨率的存在，其展宽成为一个高斯信号

$$\phi_s(E) = A_s \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\left(\frac{E-E_e}{\sigma}\right)^2}$$

其中 $\sigma$ 为该能量处的探测器分辨率



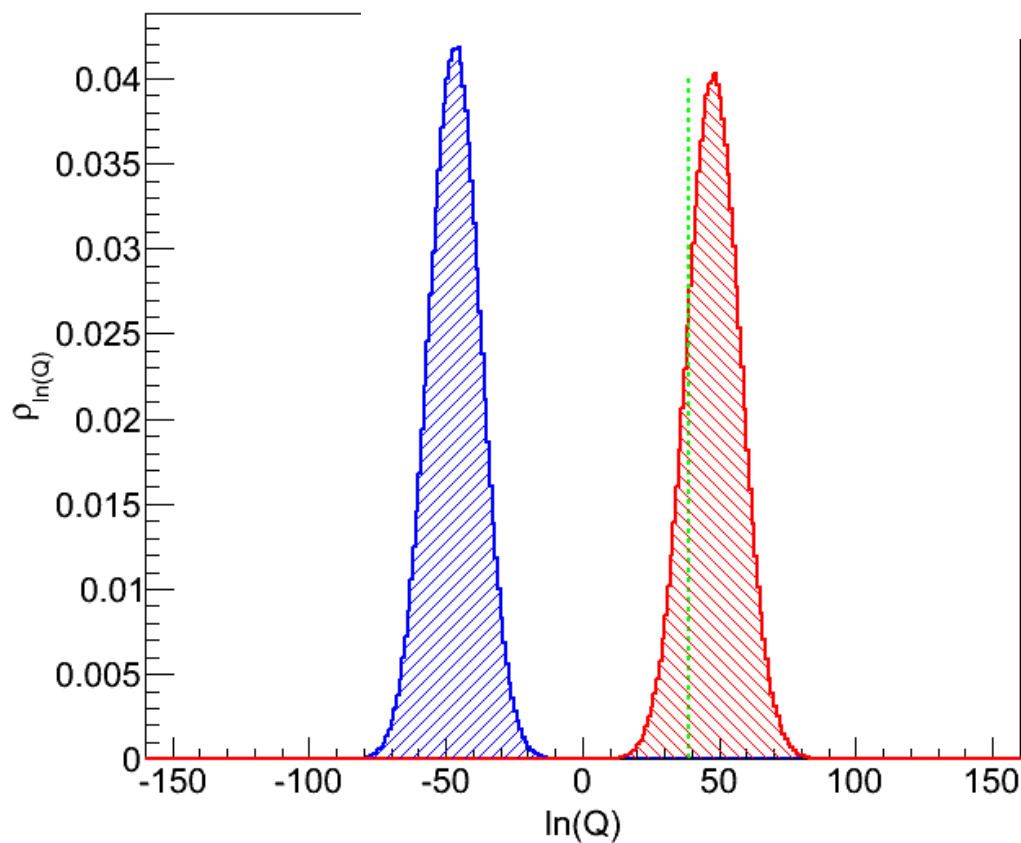
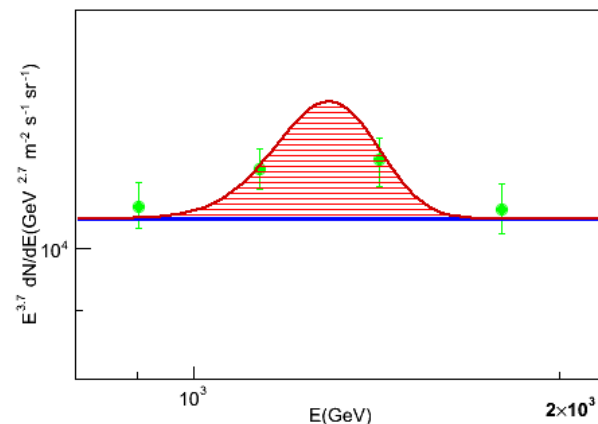
# 结果

- 蓝色：本底
- 红色：信号+本底
- 绿色：HESS实验观测得到的  $\ln(Q)$  值

- $CL_b = 1$

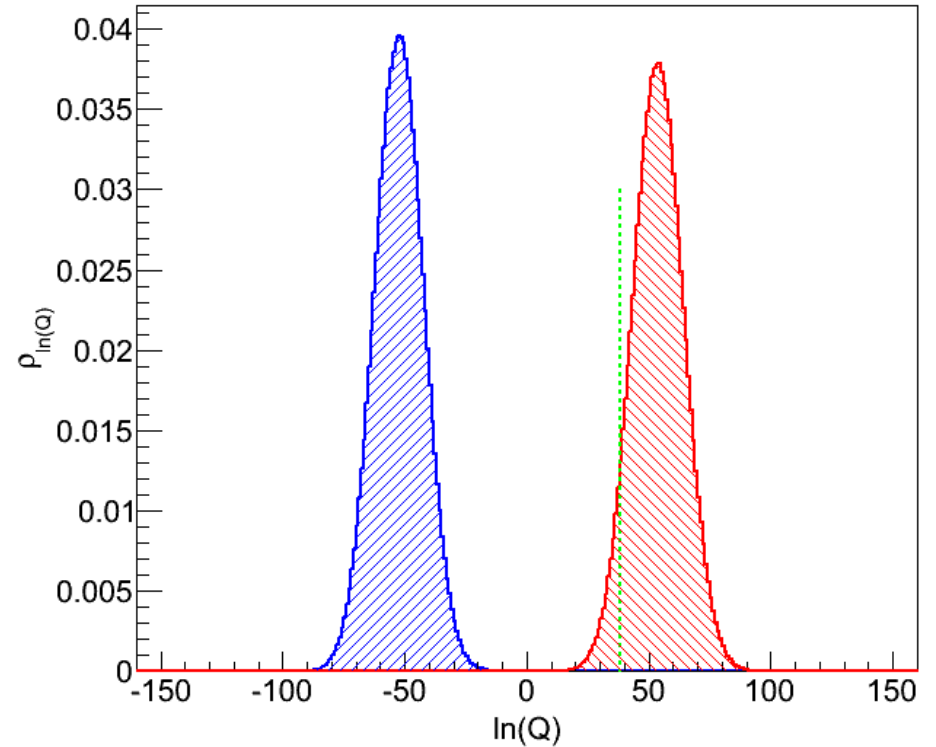
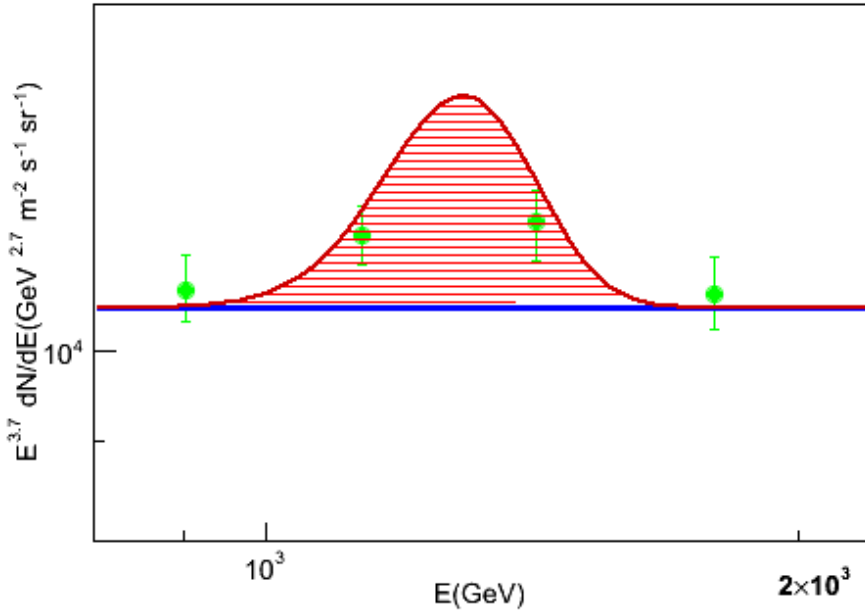
- $CL_{S+b} = 0.1827$

- $1 - CL_S = 1 - \frac{CL_{S+b}}{CL_b} = 0.8173$



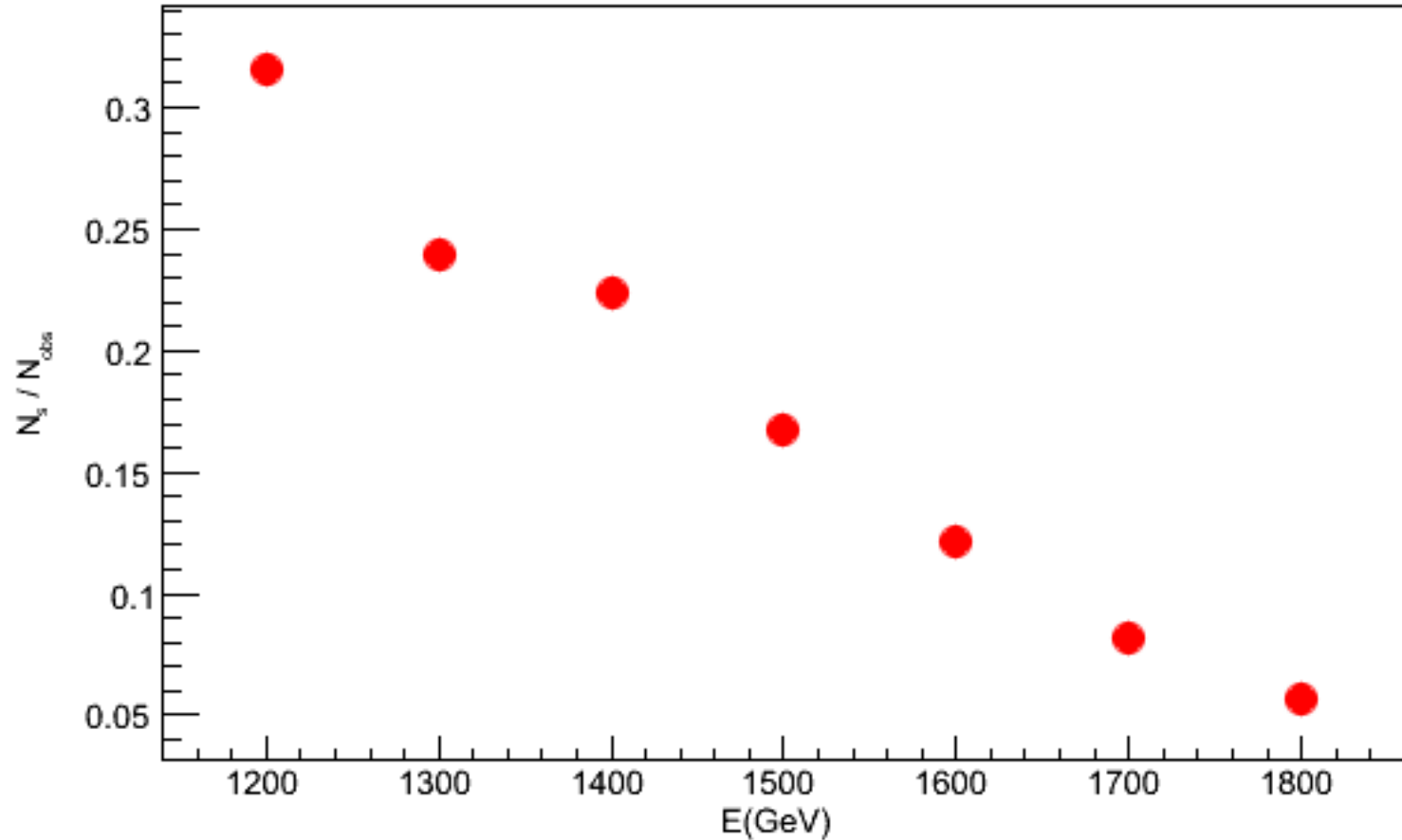


# 95%CL排除的信号大小



$$1 - CL_S = 1 - \frac{CL_{S+b}}{CL_b} = 0.95$$

## 95% CL for exclusion



在95%置信水平下排除信号大小。上图给出的是信号在不同能量位置处，95%CL排除的信号粒子数与此处信号区HESS的bin中的观测粒子数之比

# 结论

- 电子谱的最高测量能够测量到25TeV
- HESS电子谱在1-2TeV之间没有明显的结构
- 工作给出了在这个区间内以95%CL排除的信号粒子数与HESS相应bin实验粒子数之比
- 未来LHAASO对电子谱的测量

谢谢大家！