

# LHAASO-WCDA 伽马暴研究 进展及计划

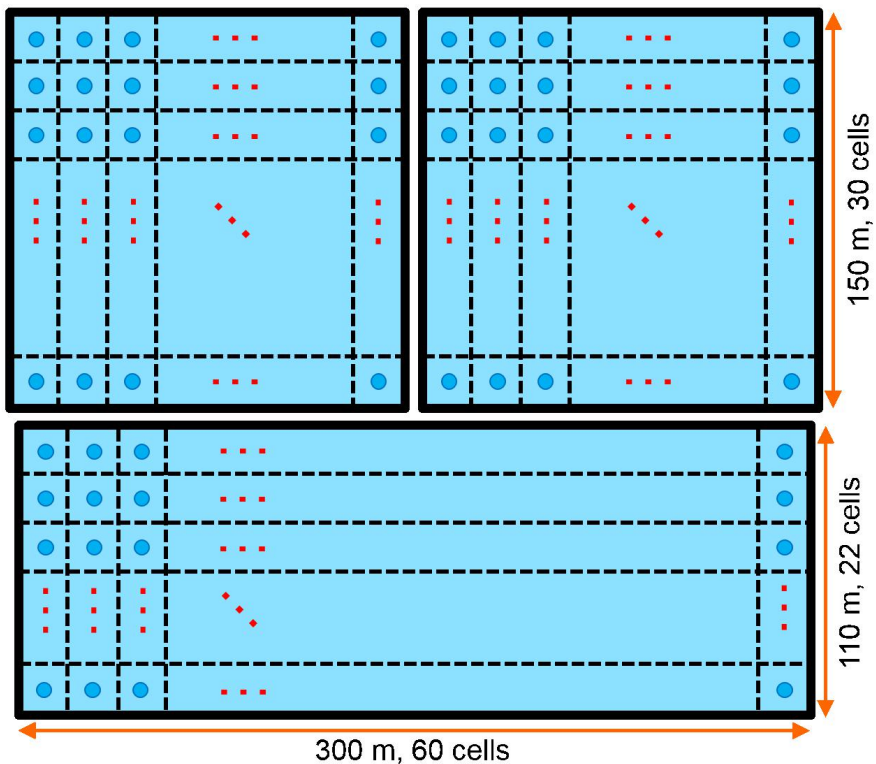
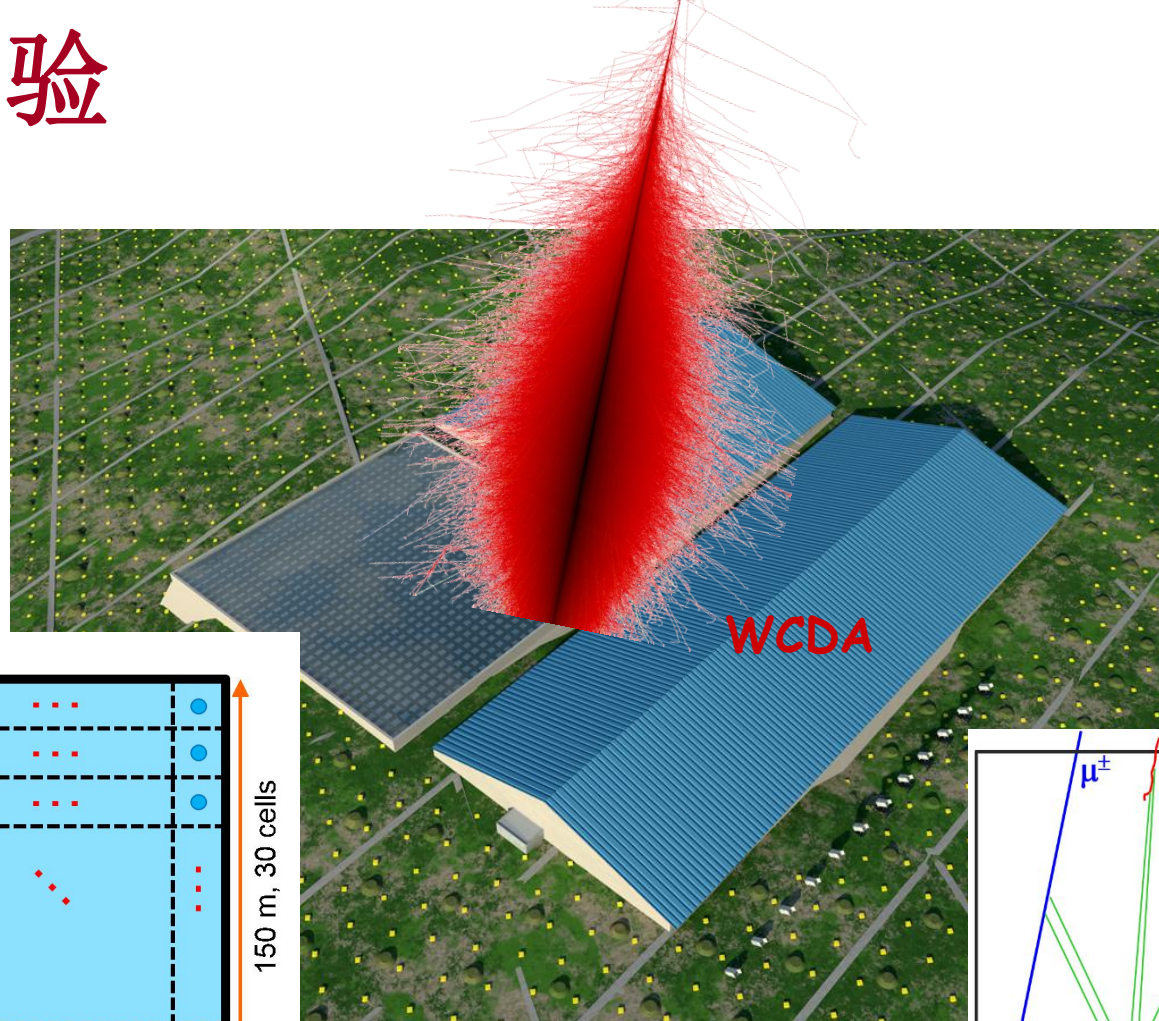
吴含荣

2016-08-16

# 报告内容

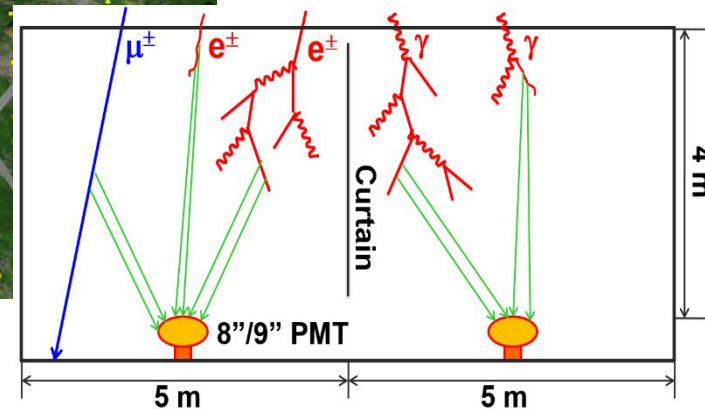
- ◆ 实验介绍
- ◆ WCDA主要物理目标
- ◆ WCDA阵列性能
- ◆ 伽马暴探测研究进展
- ◆ 下一步研究计划
- ◆ 总结

# WCDA实验



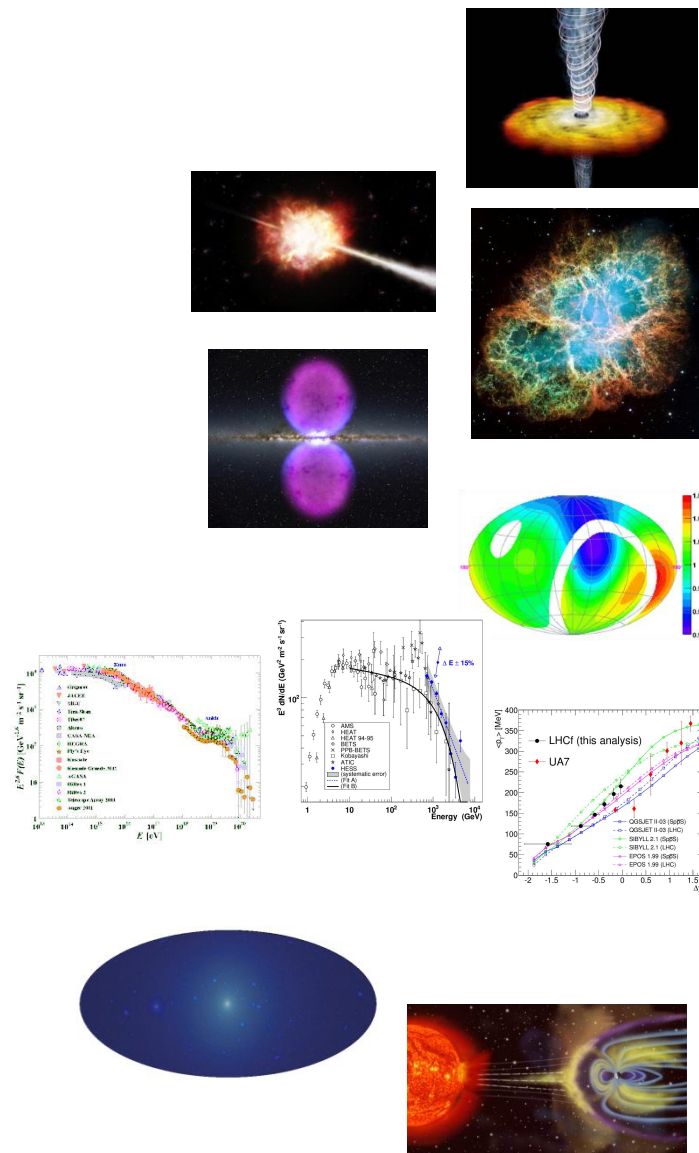
## 3个水池

- 78000平方米;
- 4米有效水深;
- 3120个5米X5米单元, 每个单元一个向上看的光电倍增管;
- 每个单元用黑色隔光帘隔开。



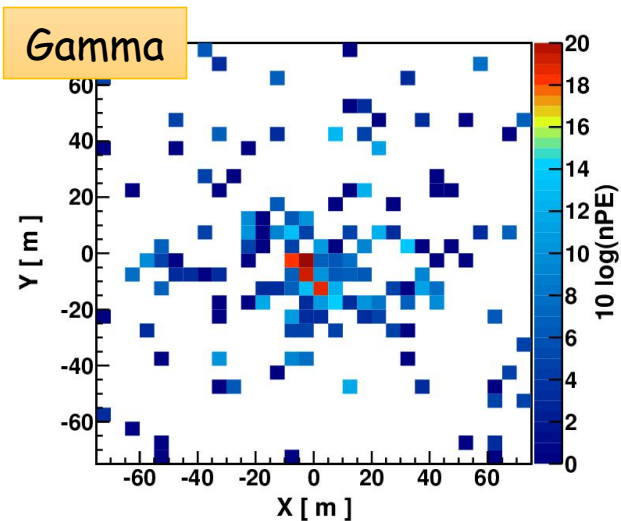
# 物理目标

- 甚高能伽马巡天(100 GeV-30 TeV):
  - 河外源 & 耀变源;
  - 甚高能伽马暴;
  - 河内源;
  - 弥散伽马辐射.
- 宇宙线物理 (1 TeV-10 PeV):
  - 甚高能宇宙线各项异性;
  - 宇宙线能谱;
  - 宇宙线电子;
  - 强子相互作用模型.
- 其它:
  - 暗物质;
  - 太阳暴& 行星际磁场.

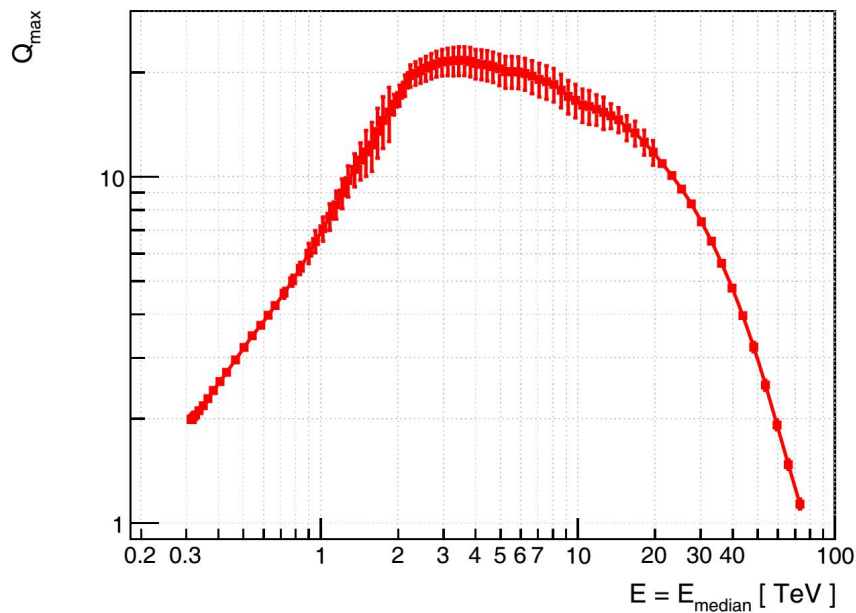
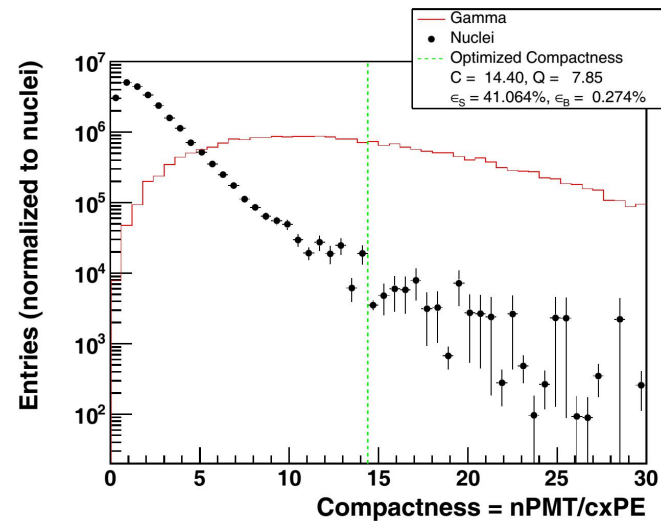
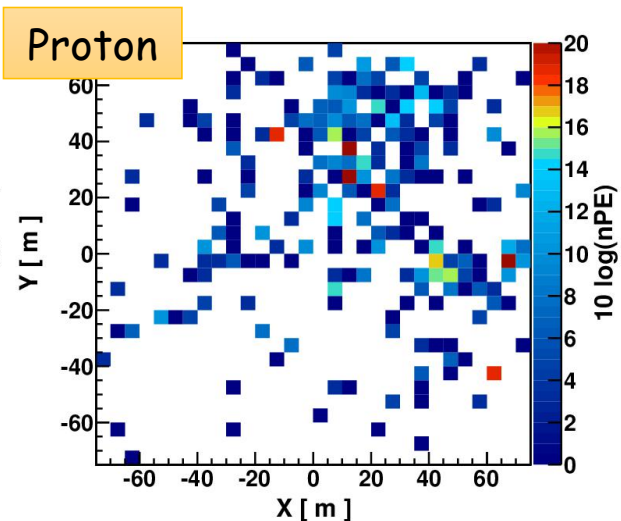


# 伽马/强子鉴别- WCDA

WCDA 150×150 m<sup>2</sup> | Gamma, E = 1 TeV | nPMT = 142



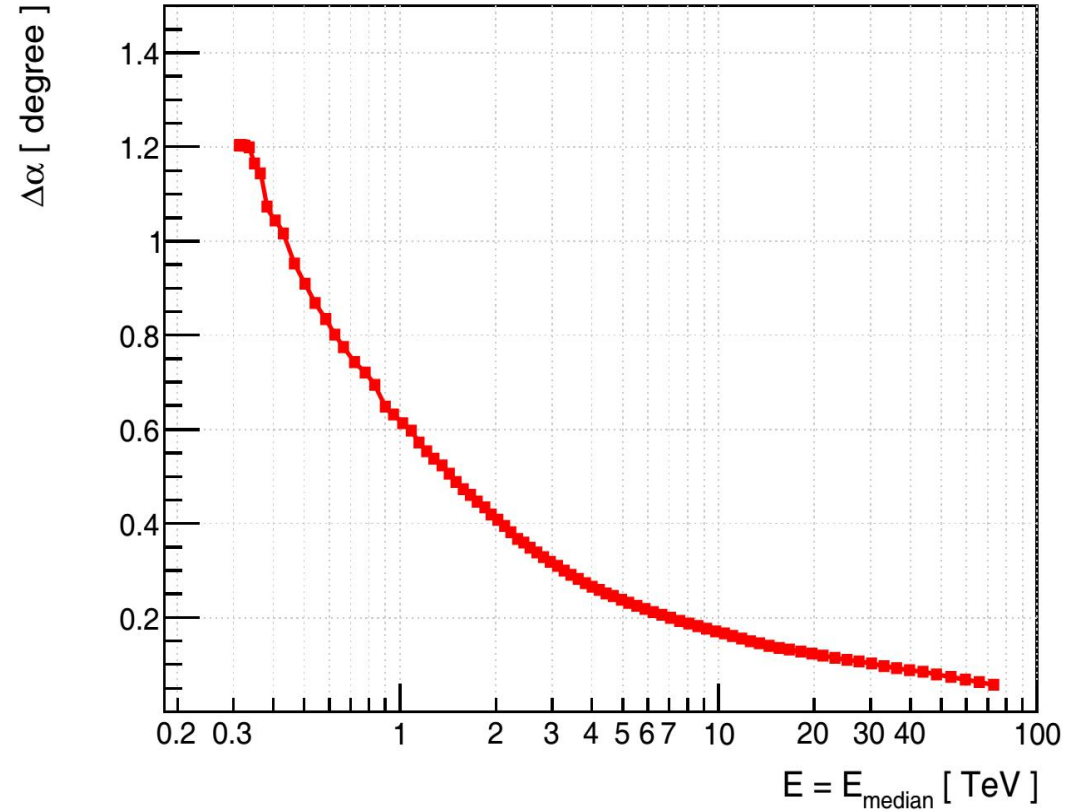
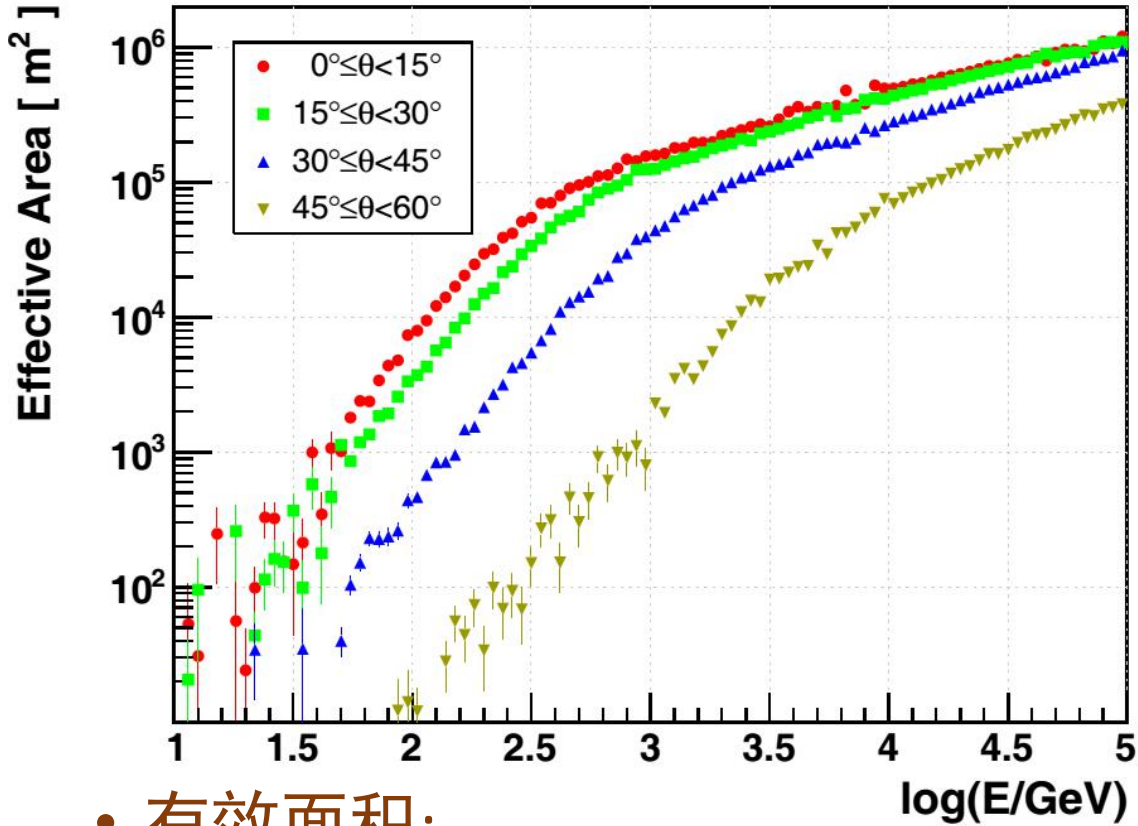
WCDA 150×150 m<sup>2</sup> | Proton, E = 2 TeV | nPMT = 212



- 最亮“次芯”：
  - 簇射芯区外最亮PMT的信号 (e.g., 45 m);
- “Compactness” 用于排除宇宙线本底.

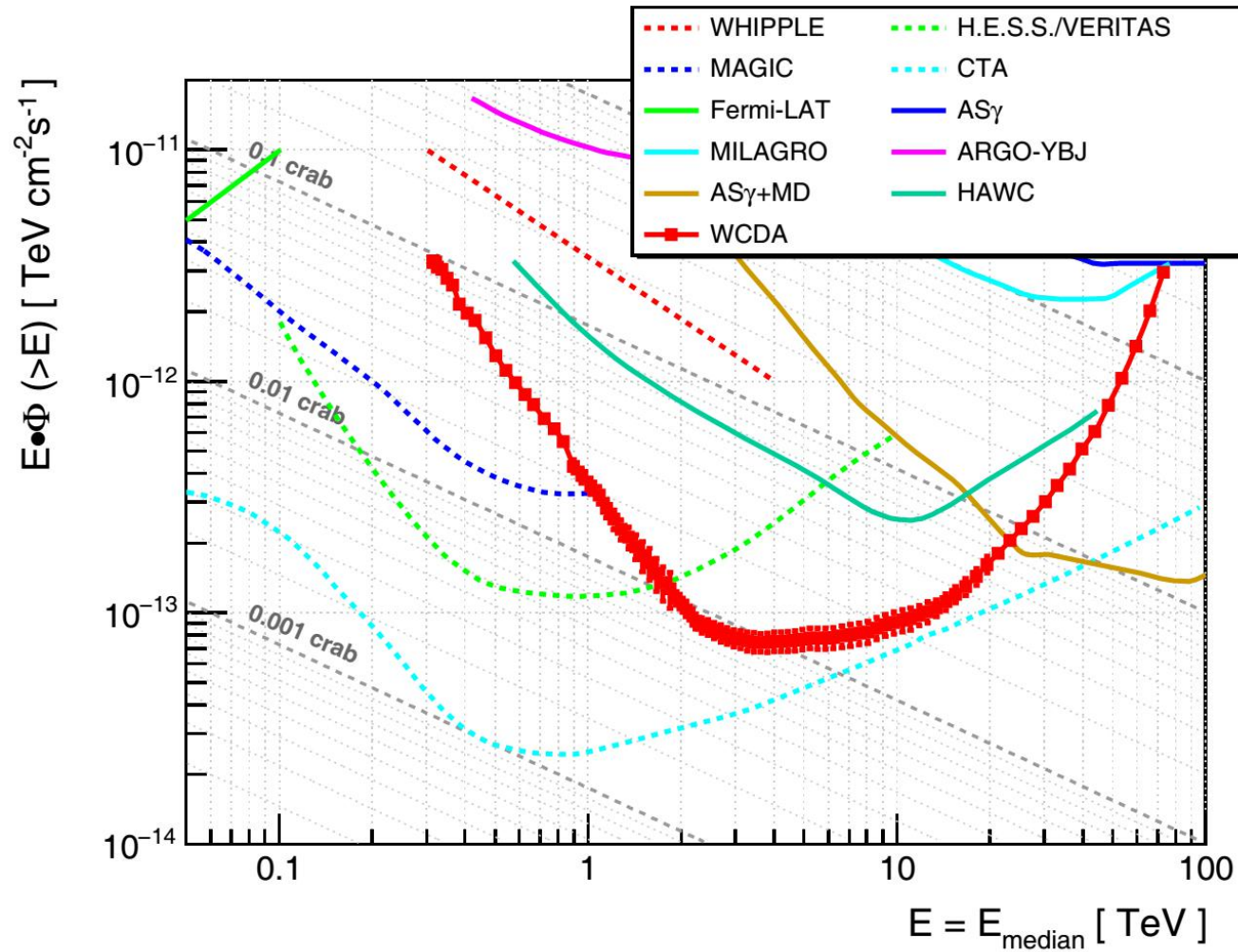


# WCDA探测器性能：有效面积和角分辨



- 有效面积:
  - ~8000 m<sup>2</sup> @ 100 GeV from 0-15°
- 角分辨:
  - 0.6° @ 1 TeV; 0.23° @ 5 TeV.

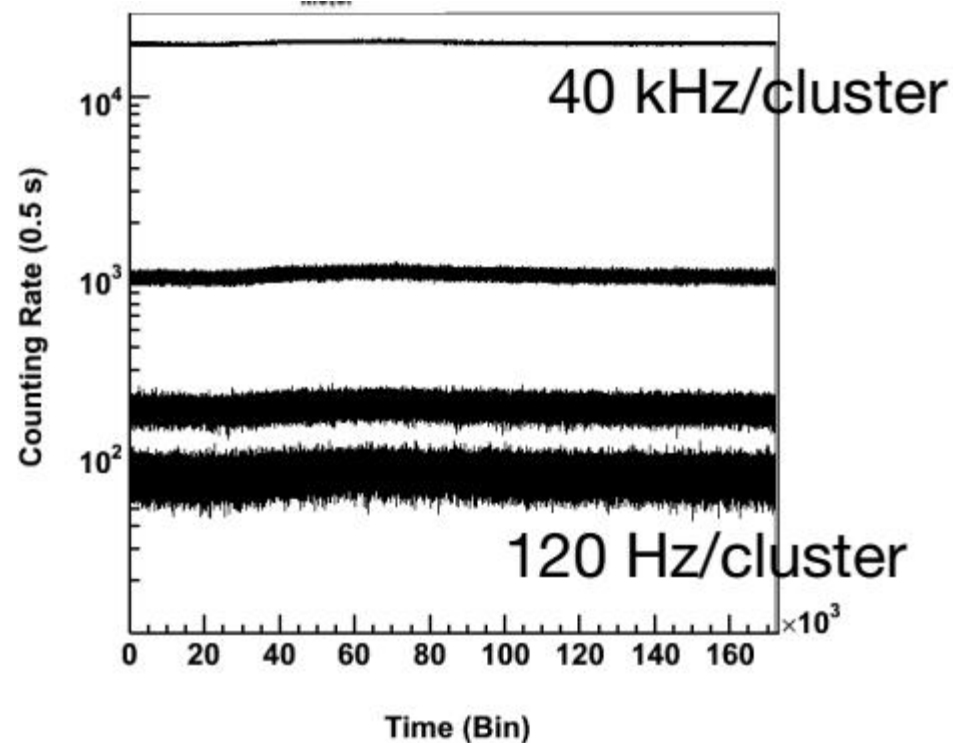
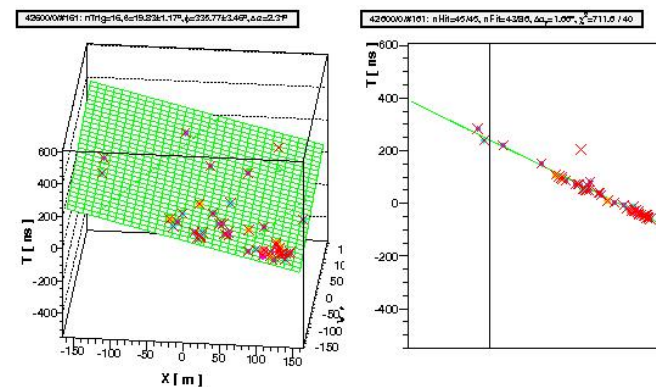
# 稳定点源：灵敏度



- 灵敏度: 0.008Crab @ 2~3TeV

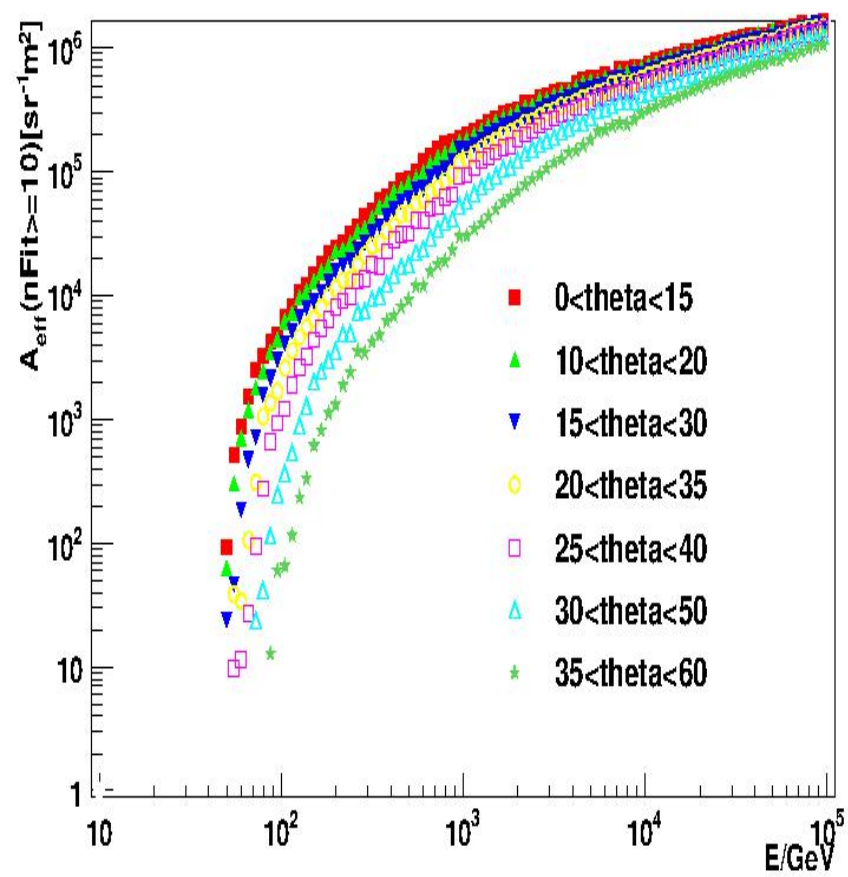
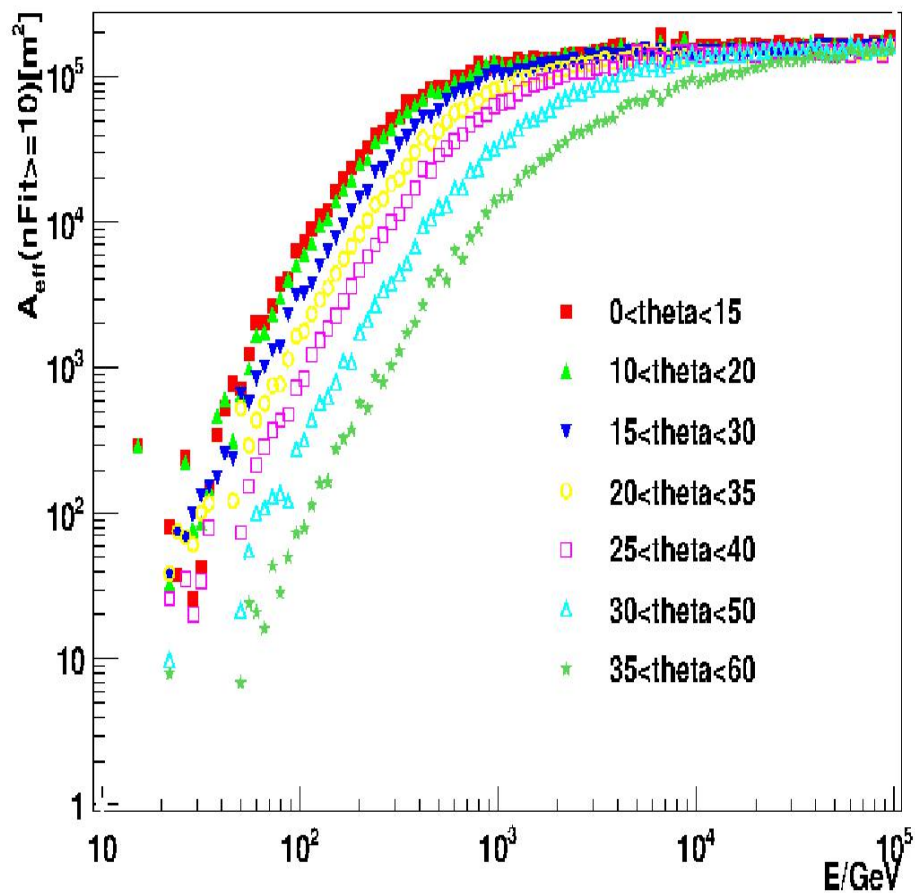
# 伽马暴观测

- 簇射模式：
  - 完全的事例重建，方向、芯位等重建；
  - 巡天或对已知暴做跟踪观测；
  - 阈能高：~100GeV。
- 单粒子技术：
  - 计数率；
  - $N_{hit} \geq 1, \geq 2, \geq 3, \geq 4$  in  $\Delta t$ ；
  - 阈能低：~1GeV；
  - 失去方向信息。



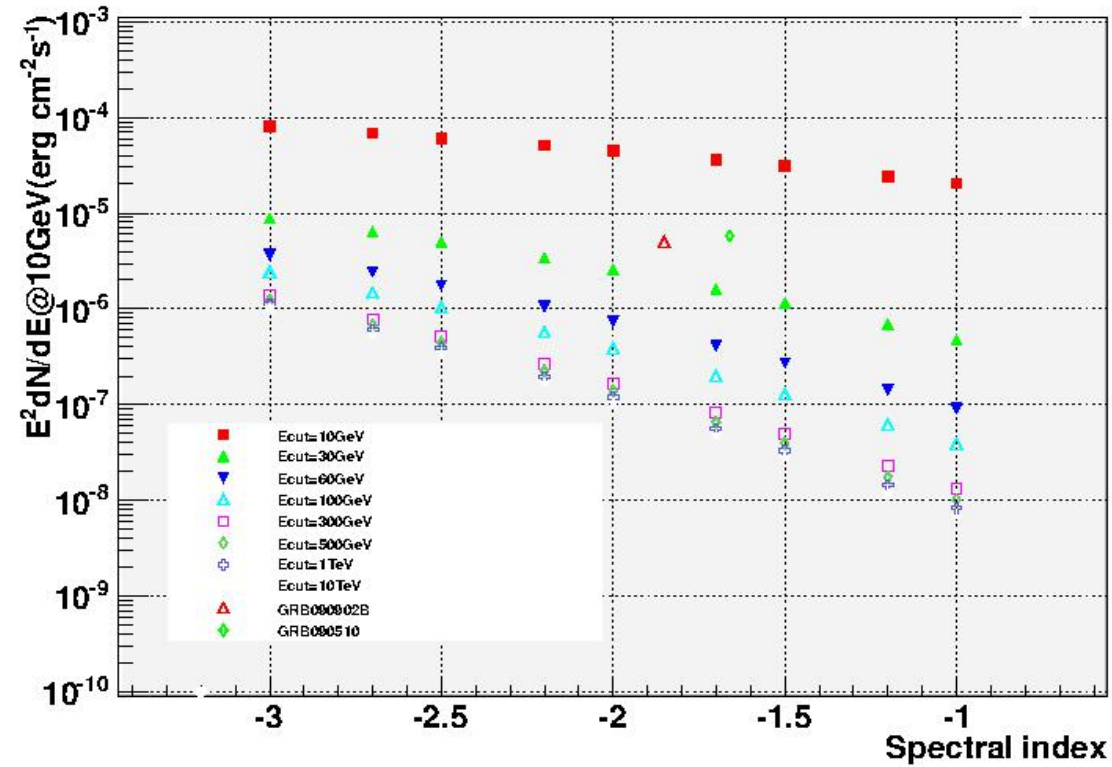


# Shower mode: GRB探测有效面积



➤ 有效面积:  $100\text{m}^2 @ 30\text{GeV}$

# Shower mode:GRB探测灵敏度



➤ 如果高能cutoff在30GeV以上，WCDAs能以高显著性探测类似GRB090202B、GRB090510这样的GRB

# 高能伽马暴探测研究-低多重数技术

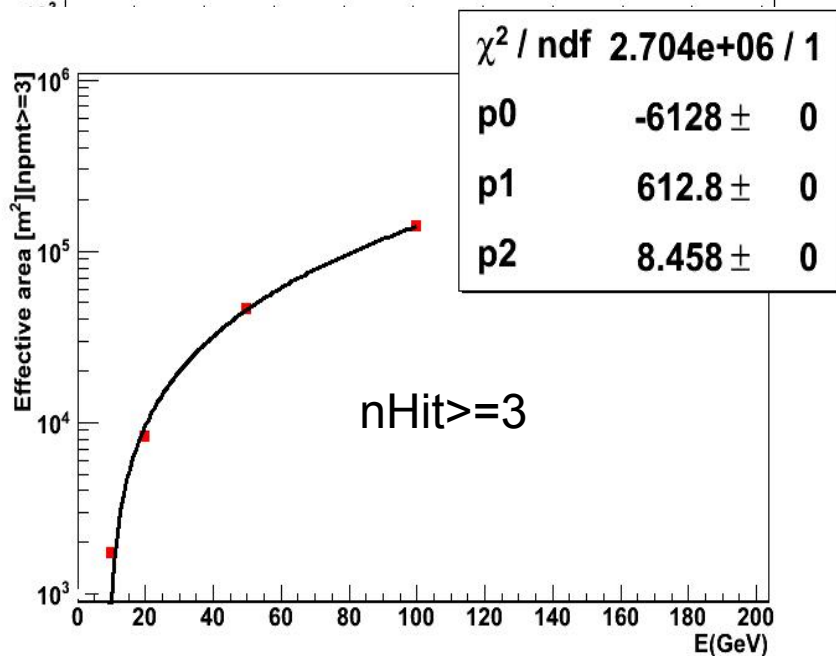
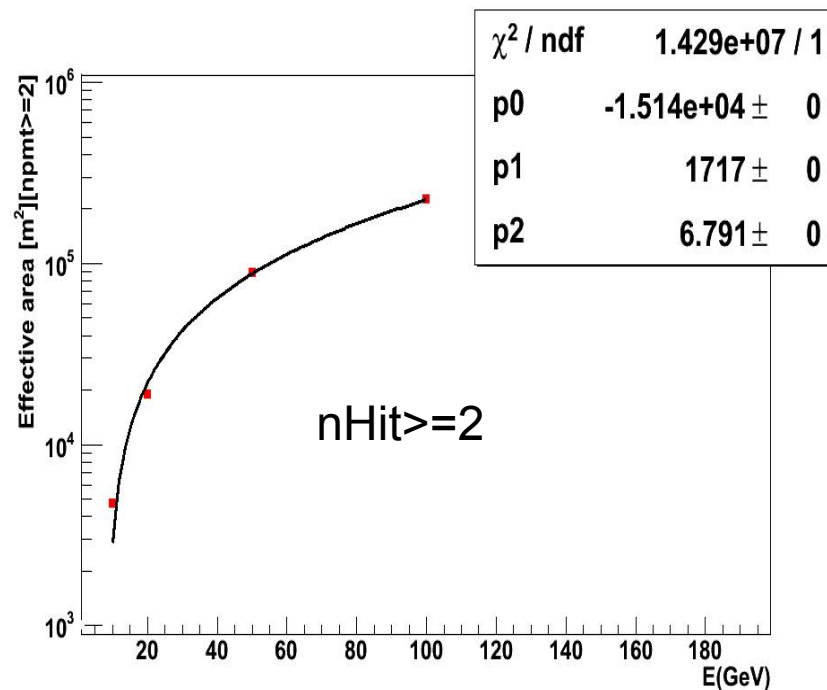
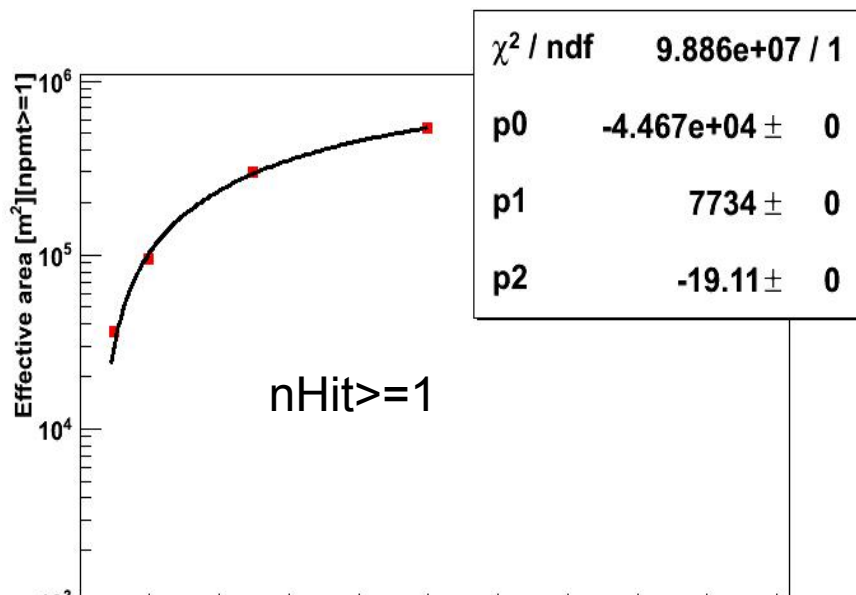
## • 对地面EAS探测器

- 伽马暴能量 $\sim 100\text{GeV}$ 的高能光子，非常少，在探测器整个探测期内几乎都碰不到；
- 伽马暴能量 $\sim 10\text{GeV}$ 的高能光子
  - 低多重数分析技术可以将阈能降低，保留方向信息
- 单粒子技术，能量可以降低到 $\sim 1\text{GeV}$ ，但是失去了方向信息

## • 低多重数分析技术难点及解决

- 该方法遍历所有的hit，故最大的挑战就是巨大本底率，而且主要是随机符合噪声占主导。
- 压低本底，可以压低约 $\sim 300$ 倍：
  - 将GRB警报作为事例“触发”，进行follow-up观测；
  - 根据信号芯位选择一定的探测器范围，降低总体事例率；
  - 根据GRB方向，通过时间变换，缩短触发时间窗口

# 低多重数技术: GRB探测有效面积



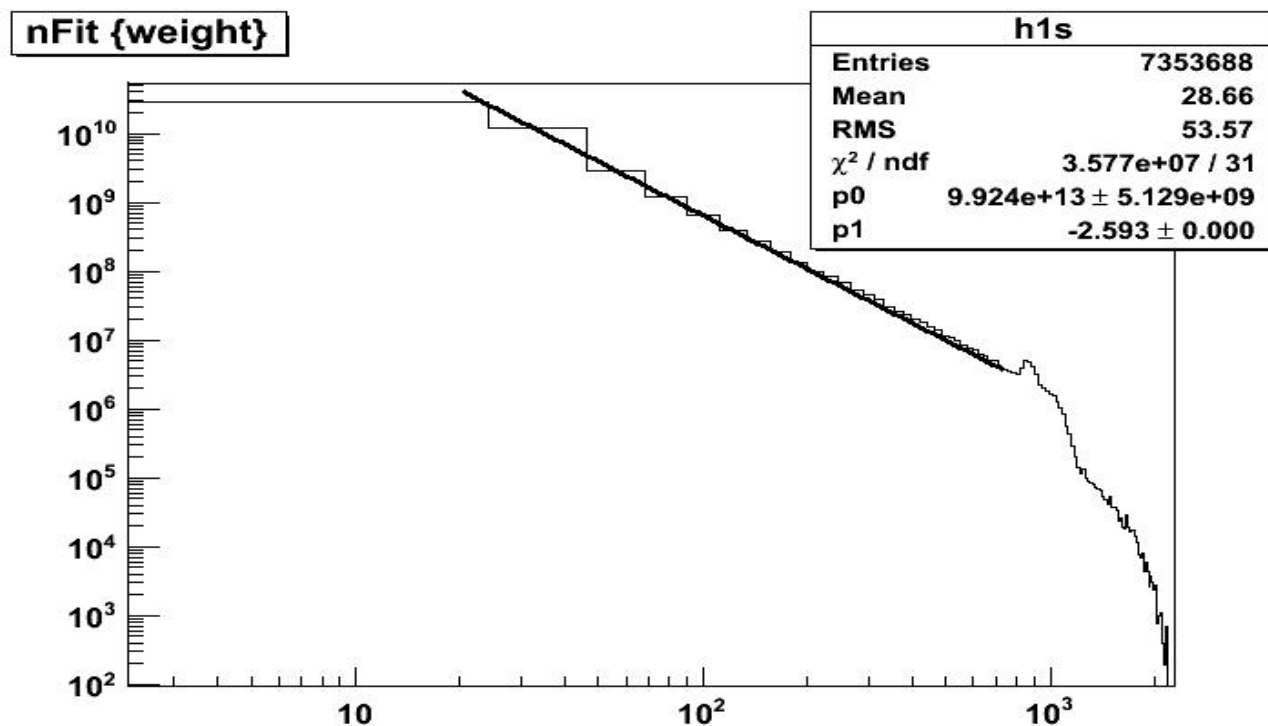
nHit>=1: 94533m<sup>2</sup> @ 20GeV

nHit>=2: 18941m<sup>2</sup> @ 20GeV

nHit>=3: 8214m<sup>2</sup> @ 20GeV



# 本底率



偶然噪声

npmt>=1 4.3e6Hz

npmt>=2 1.6e6Hz

npmt>=3 8.4e5Hz

随机符合噪声:

npmt>=1 1e8Hz

npmt>=2 9.5e6Hz

npmt>=3 4.6e5Hz



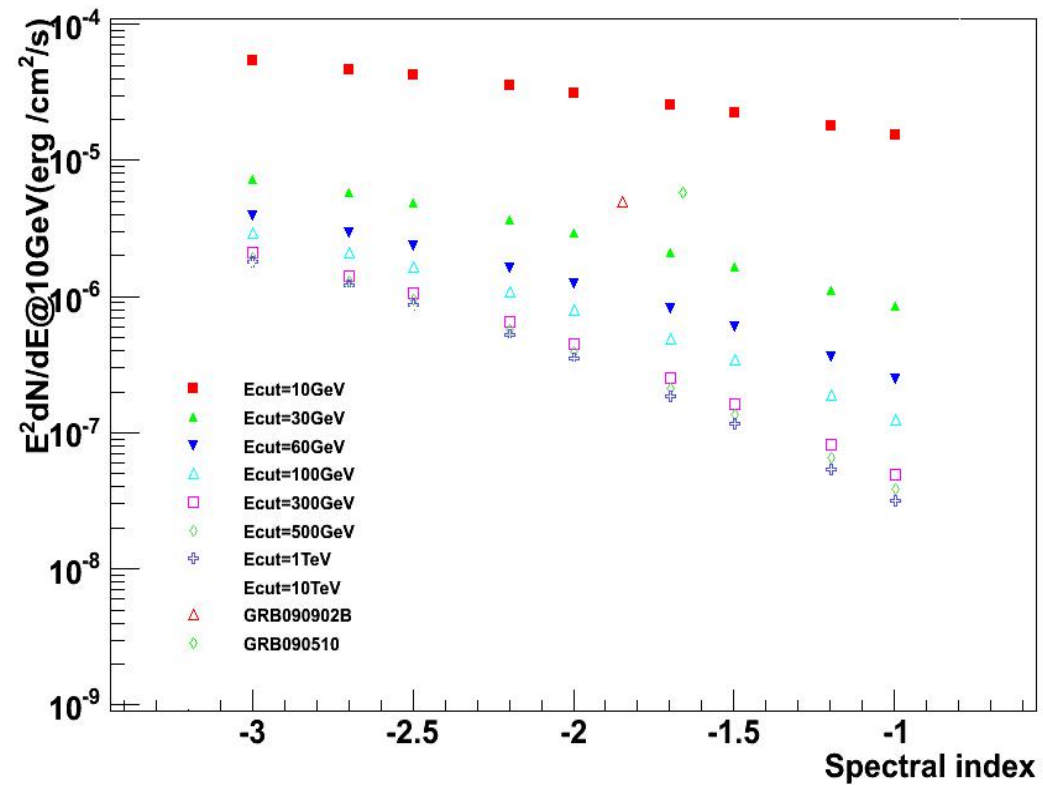
本底:

Npmt>=1: ~1.04e8Hz

Npmt>=2: ~1.11e7Hz

Npmt>=3: ~1.30e6Hz

# 低多重数技术:GRB探测灵敏度



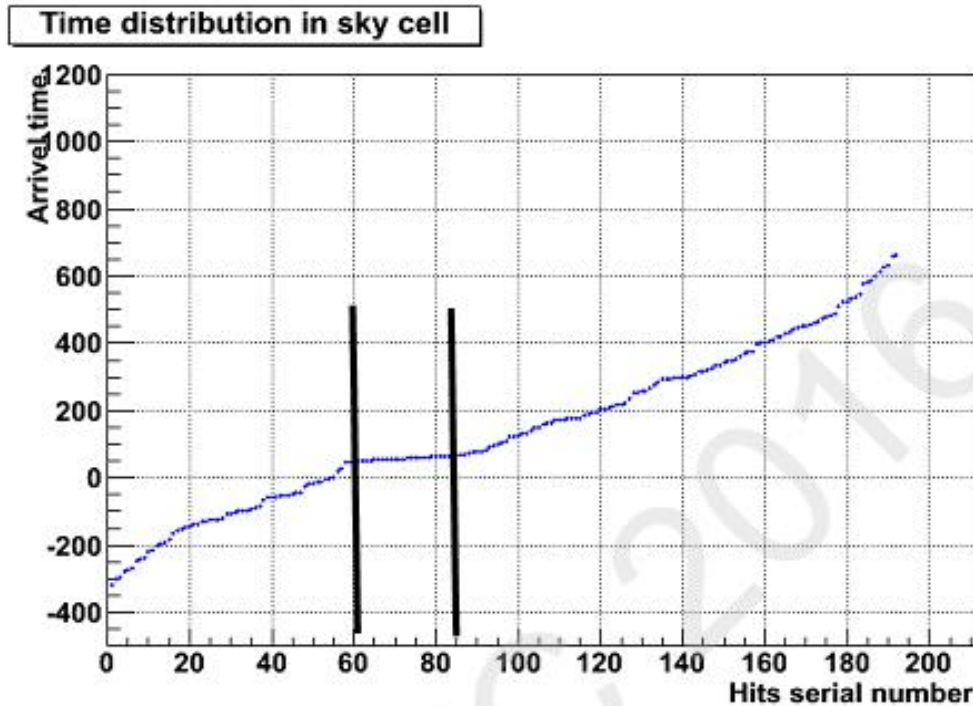
➤ 如果高能cutoff在30GeV以上，WCDA能以高显著性探测类似GRB0902B、GRB090510这样的GRB

# 伽马暴探测研究计划

- 充分发挥 WCDA 阵列优势，以及 LHAASO-WCDA 独有的 “triggerless” 无触发数据取数系统的特点，充分利用数据细节，发展低多重数分析技术，降低伽马暴探测阈能，对高能伽马暴进行探测研究；
- 目标：实时监测或跟踪观测
- 多手段分析：
  - 单粒子技术
  - 低多重数技术
  - 簇射模式

# 伽马暴探测研究计划

- 低多重数技术：  
hits时间信息转换到特定方向的前锋面上排序



- 图例：一个 50 GeV 伽马事例在 800 ns 时间窗口内 hit 到达时间的分布；平台区即信号分布~25个 hits，时间宽度~30纳秒；
- 噪声： $30\text{KHz} * 30\text{ns} * 3600 = 3.2$ ；
- 可以以25hits作为触发重数对数据进行分析。以伽马暴的 T90 或其它时间段为信号窗口，取更长的时间估计背景，因 WCDA 的取数窗口为 2000 ns，取其一半为窗口滑动，寻遍所有的时间；
- 不同能量可以取不同的触发重数，8、16……



# 伽马暴探测研究计划

- 问题及挑战：数据量庞大，伽马暴数据的存储？
- 对于伽马暴研究，由于其低阈能，不是每道的电量而是着火的光电倍增管数是关键量，对伽马暴数据流进行合理压缩：
  - 分4个电荷量bin记录电量信息；
  - 记录每个hit的相对时间间隔而不是绝对时间；
  - 7.6PB/year。
- 数据存储：
  - 仅保留偶然超出率大于1%每年的那部分数据；
  - 一旦有伽马暴警报，我们将保留这一警报发生时间1小时的数据；
  - 从Fermi-GBM，每年最多探测到300个暴，但只有一部分（约1/3）在WCDA的观测视场，因此每年只需保留100个小时的数据；
  - 在任一种情形，没有任何候选的数据在两个星期后将被删除，最终约200TB，其存储量小于触发数据（触发数据约1.5PB/year）的15%。这部分数据可以通过网路或磁带拷贝到高能所计算中心。

# 报告总结

- ◆ LHAASO-WCDA对点源的观测灵敏度可以达到0.8% Crab @2~3TeV, 角分辨可达到~0.2度@5TeV;
- ◆ 通过模拟研究, WCDA对几十GeV伽马暴将有很好的探测预期;
- ◆ 充分发挥 WCDA 阵列优势, 利用数据细节, 提出了不同的分析手段

谢谢！