

LHAASO-WCDA动态范围扩展系统 参数化模拟研究

丁潇菡

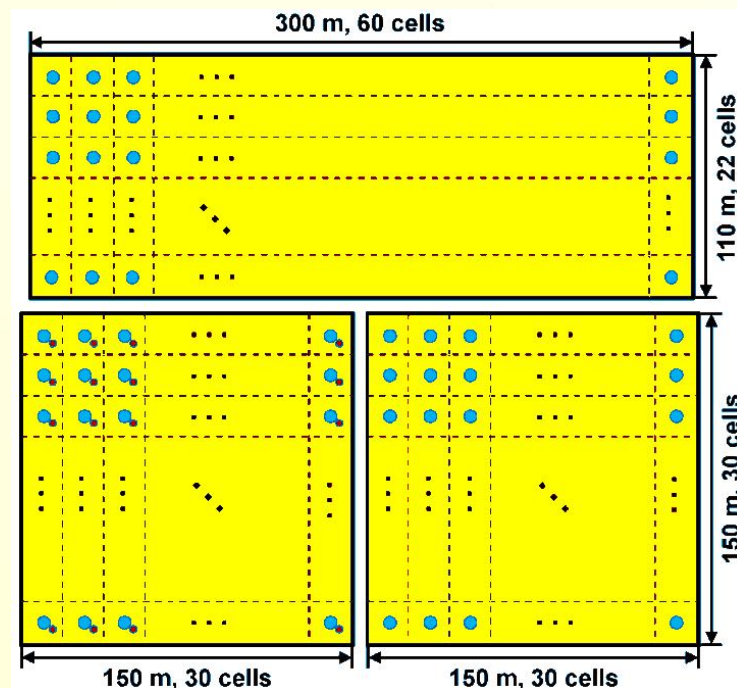
2017. 09. 22

报告内容

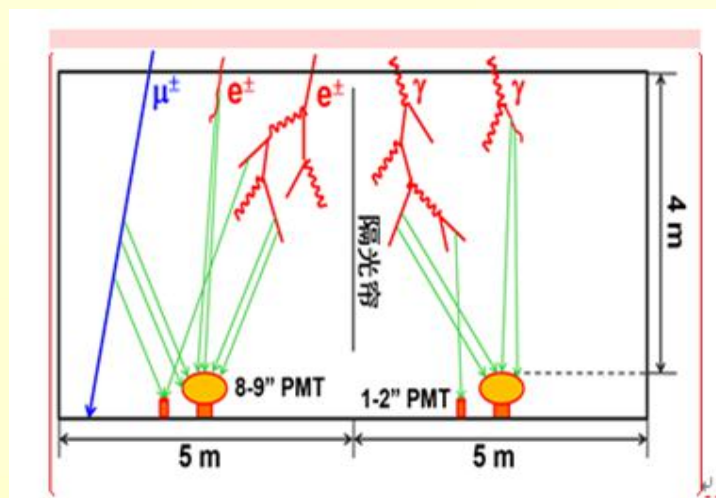
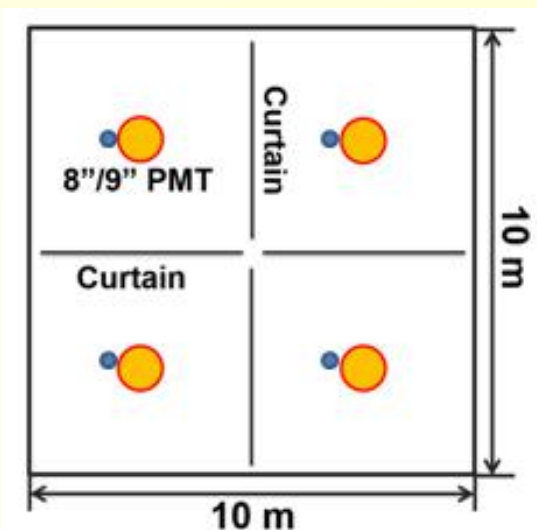
- 背景介绍
- 全模拟难点
- 参数化模拟的方法
- 总结与展望

WCDA动态范围扩展系统

- 单元个数：900 ， 每个单元大小为5 m×5 m
- PMT大小：1.5英寸
- 探测范围：100TeV—10PeV
- 物理目标：
用于扩展WCDA探测EAS的动态范围
测量宇宙线粒子的芯位信息并进行成分区分
实现高能区的伽马射线和宇宙线的高精度测量



WCDA探测器布局图



WCDA GEANT4模拟难点

(1) 簇射产生次级粒子数目太多：原初质子30度产生的次级粒子数目

能量	100TeV	1PeV	10PeV
Gamma	10^5	10^6	10^6
Electron	10^4	10^5	10^6
Muon	10^3	10^4	10^4

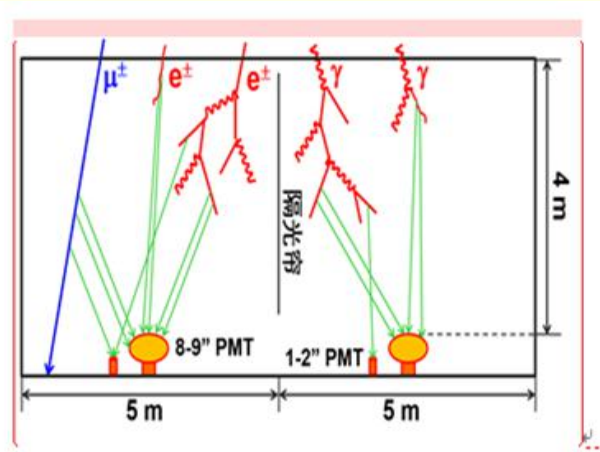
次级带电粒子在水中发生切伦科夫辐射，每1厘米就产生约300个光子

(2) 运行时间太长：10PeV质子运行几十天

次级gamma能量	时间
10GeV	12s
100GeV	4min
1TeV	45min
10TeV	7h

参数化模拟

WCDA GEANT4模拟难点



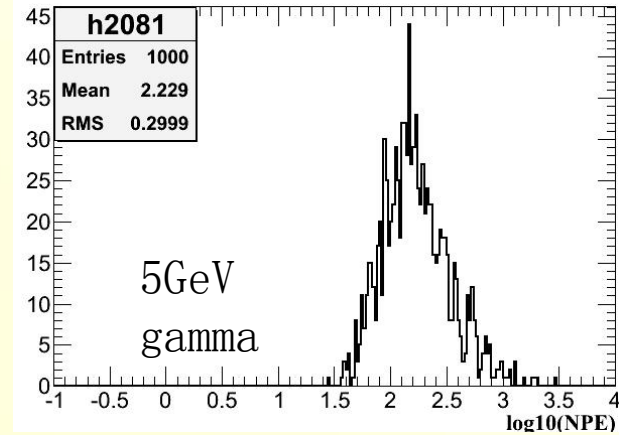
一种解决方案

电磁成分的次级粒子
进行参数化模拟

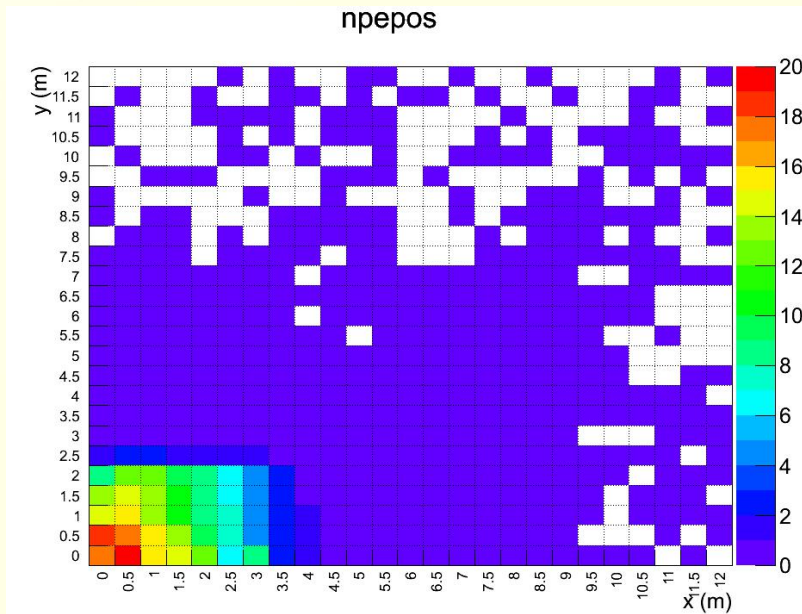
给定位置方向和能量信息
的光电子数的平均值，将
这些平均值存成参数

给定位置方向和能量信息的
光电数分布，随机抽取这些
分布得到光电数存成参数

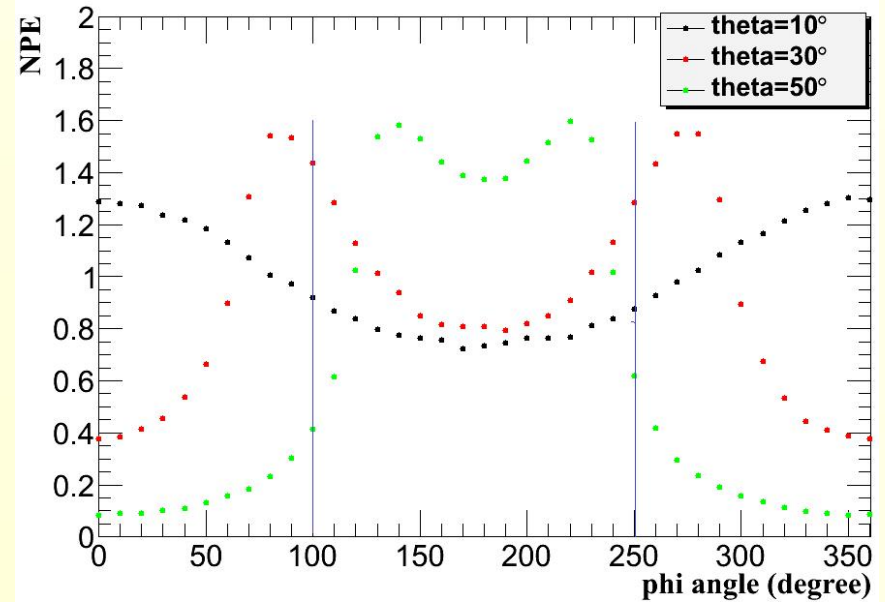
实现快速模拟的目的



单粒子入射事例的探测器响应研究



30° 1GeV的 γ 不同入射位置的光电子数变化

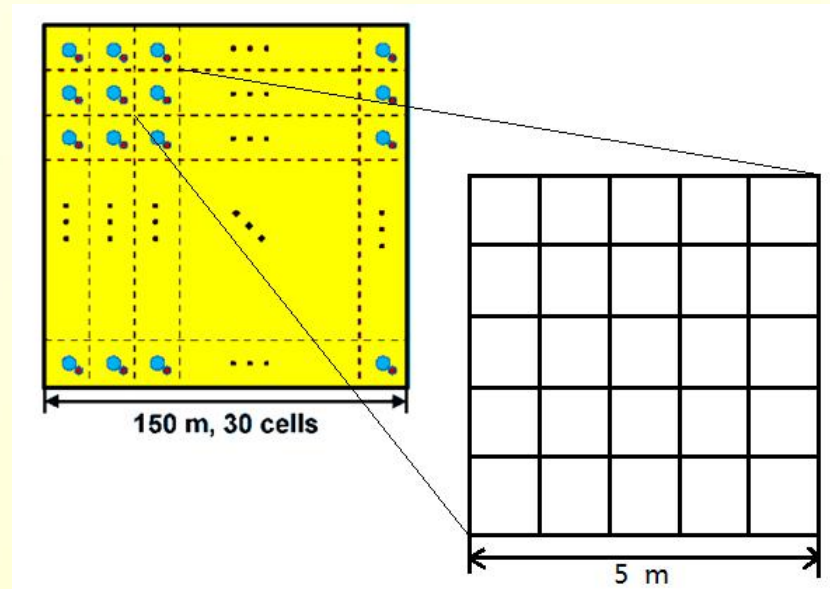


100MeV的 γ 垂直入射光电子数随phi的变化

探测器对于入射不同位置、不同方向的次级粒子的响应具有不一致性
以此为依据，我们得出了具体的参数化分bin方法

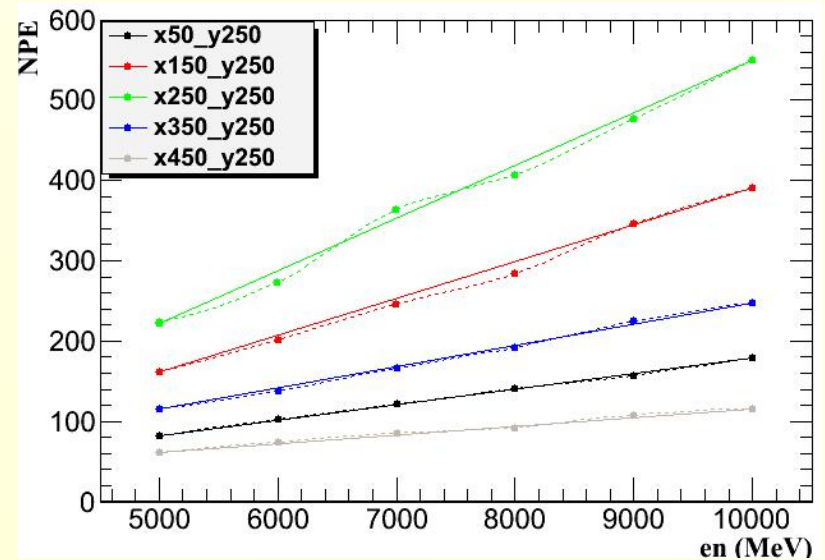
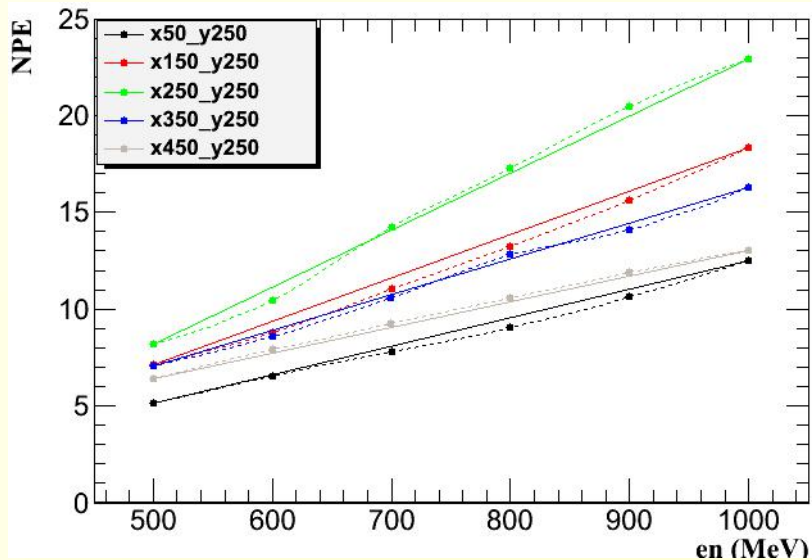
参数化分bin方法

- 位置：中心探测器的入射位置在x和y方向每隔1m分bin，共分25个小格，模拟次级粒子打在不同小格上的结果



- 天顶角 θ : 0到90度每隔10度分bin，共分9个bin
- 方位角 ϕ : 0到360度每隔10度分bin，共分36个bin
- 能量：采取分能量段的方式处理

NPE随能量的变化



全模拟不同的能量的次级伽马，NPE随能量的分布大致呈线性

□ 能量：

1MeV、2MeV、5MeV、10MeV、20MeV、50MeV、100MeV、200MeV、500MeV、1GeV.....

能量参数化的处理

1、对任意能量，就按离此能量最近的左右两个能量的线性方程读取NPE的平均值

2、对任意能量，离此能量最近的左右两个能量按照权重叠加得到NPE的分布，从NPE的分布随机抽取NPE的值

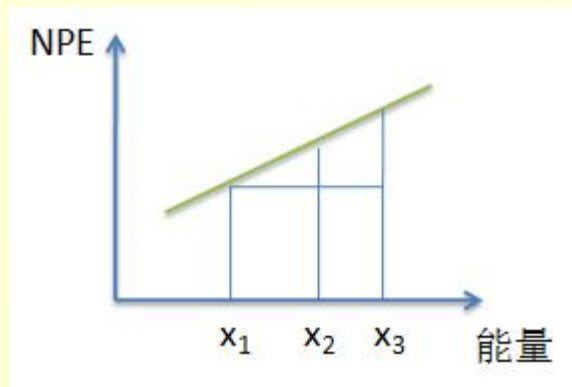
3、权重因子的选取：

随机能量与相邻两个能量的线段长度与其总长的比值

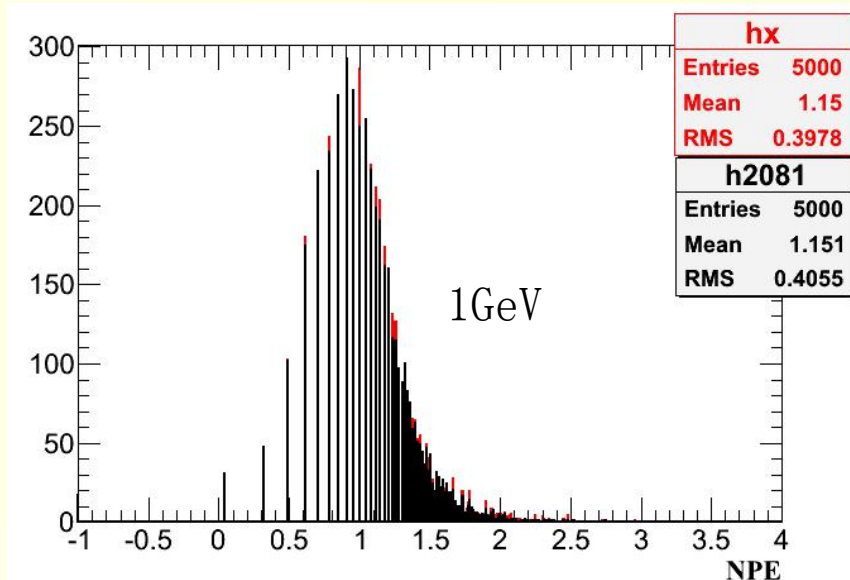
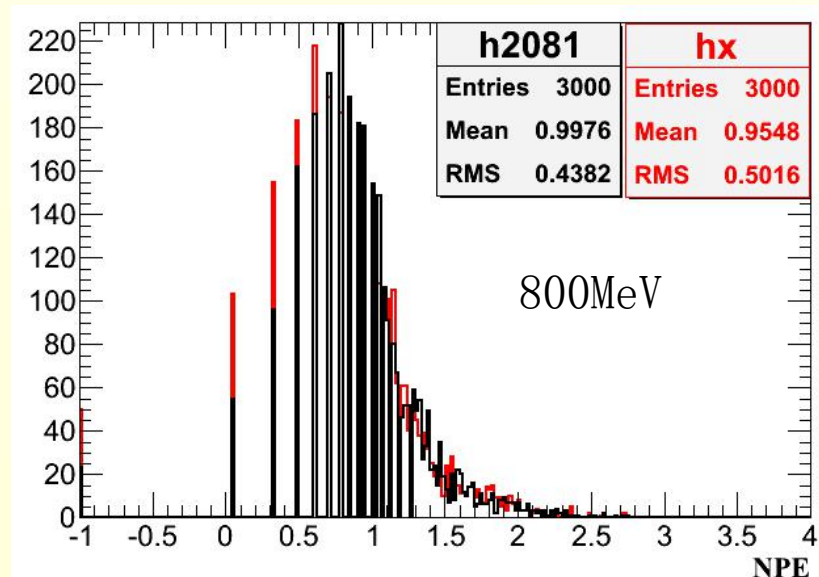
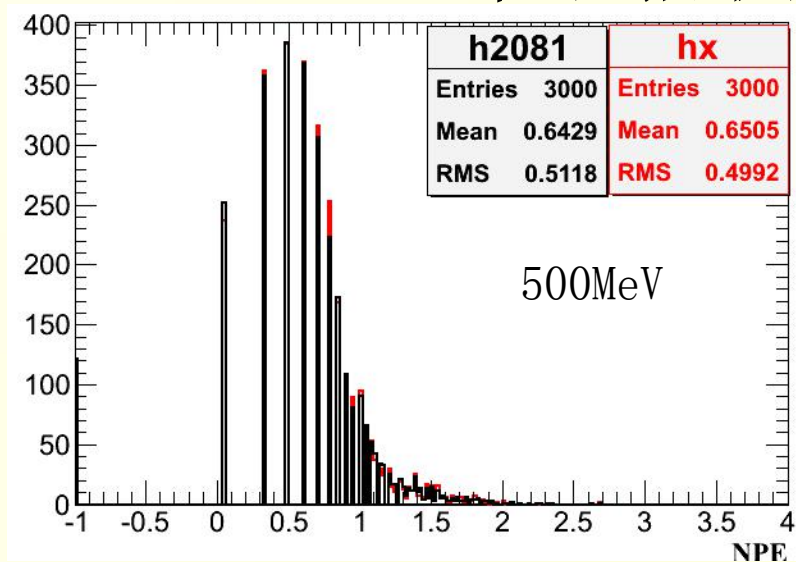
x_1 、 x_3 是已知的能量点， x_2 是随机能量

$$w1 = \frac{x_2 - x_1}{x_3 - x_1}$$

$$w2 = \frac{x_3 - x_2}{x_3 - x_1}$$



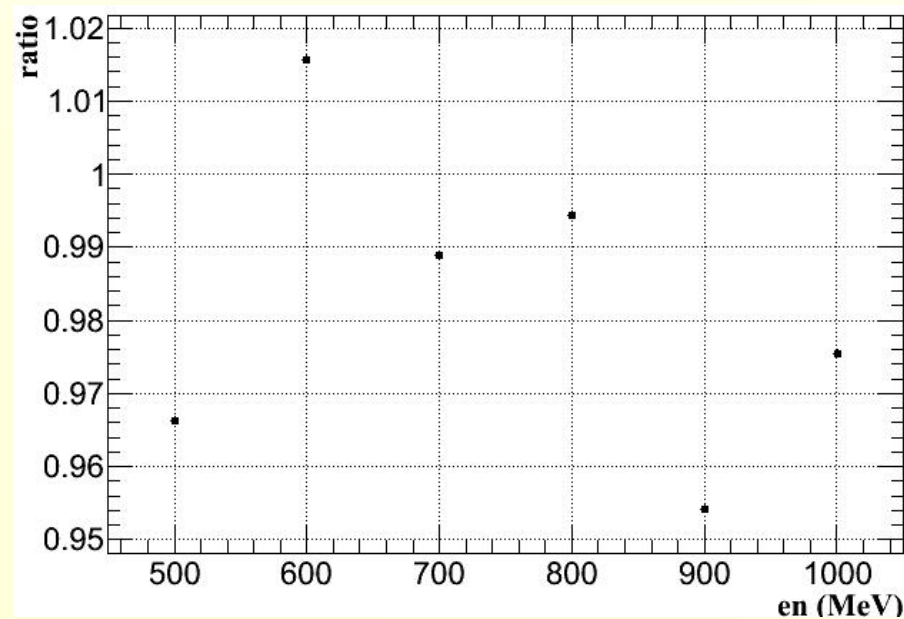
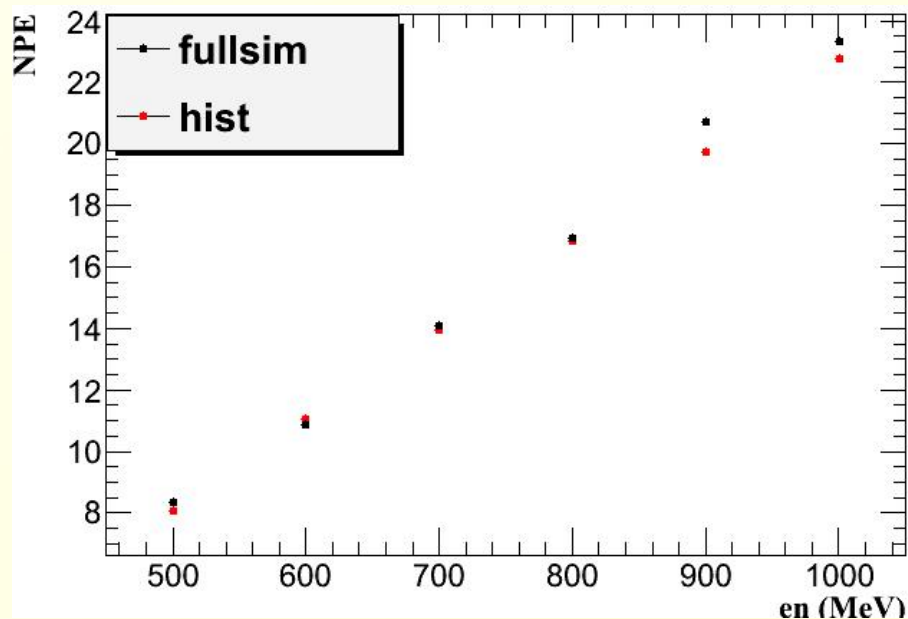
检验抽取的NPE分布的正确性



黑色:全模拟
红色:抽分布

固定区间 $[-1, 4]$, 共分250个bin

NPE随能量的分布图（500MeV—1GeV）

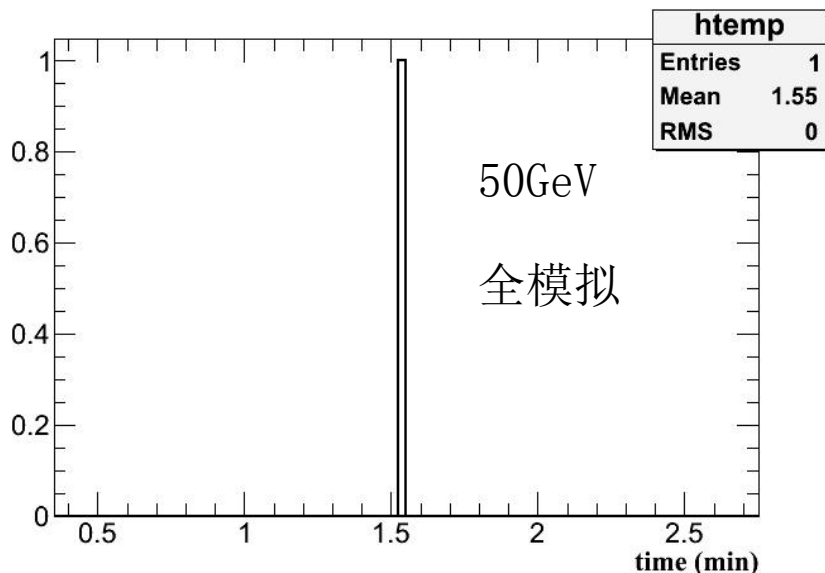
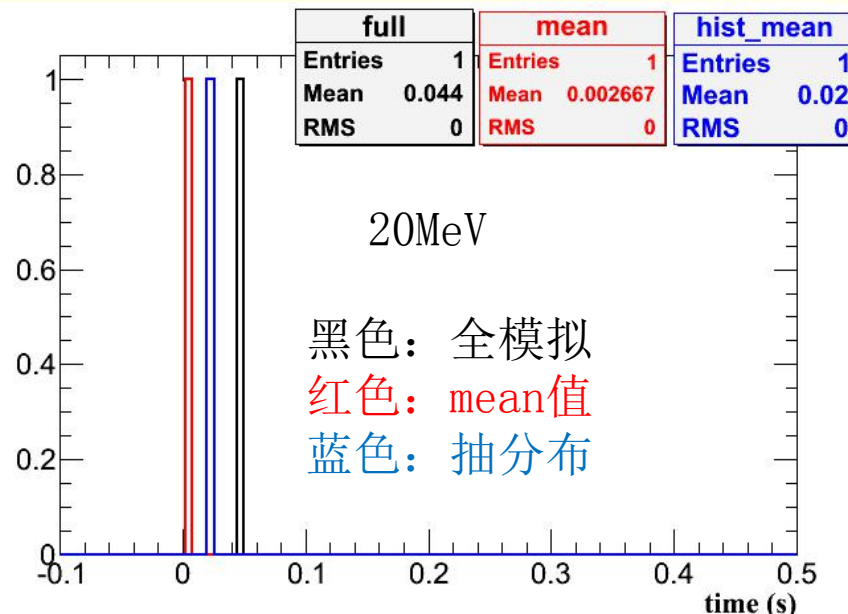
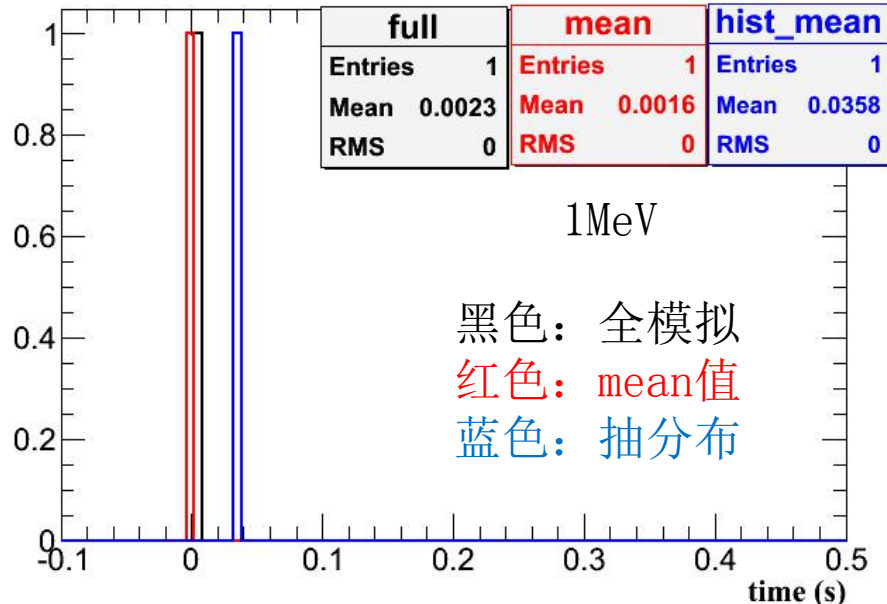


全模拟与抽分布得到的NPE随量的分布

抽分布得到的NPE与全模拟的比例图

从右图可以看出，比值分布在正负5%之内

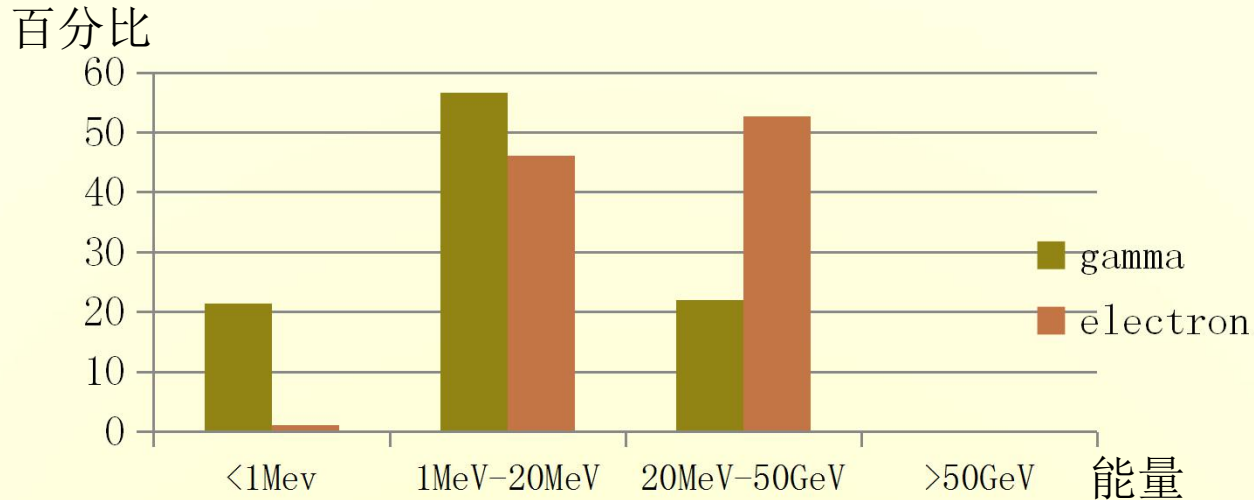
不同方法的耗时



由上可知，共分 $25 \times 9 \times 36 = 8100$ 个bin
对于50GeV的能量来说，这些bin共耗时大约8天
因此，能量小于1MeV时，采用全模拟
能量1MeV-20MeV读mean值
能量20MeV-50GeV采用抽分布

参数化分bin方法

原初100TeV的质子30度入射产生次级粒子能量百分比分布

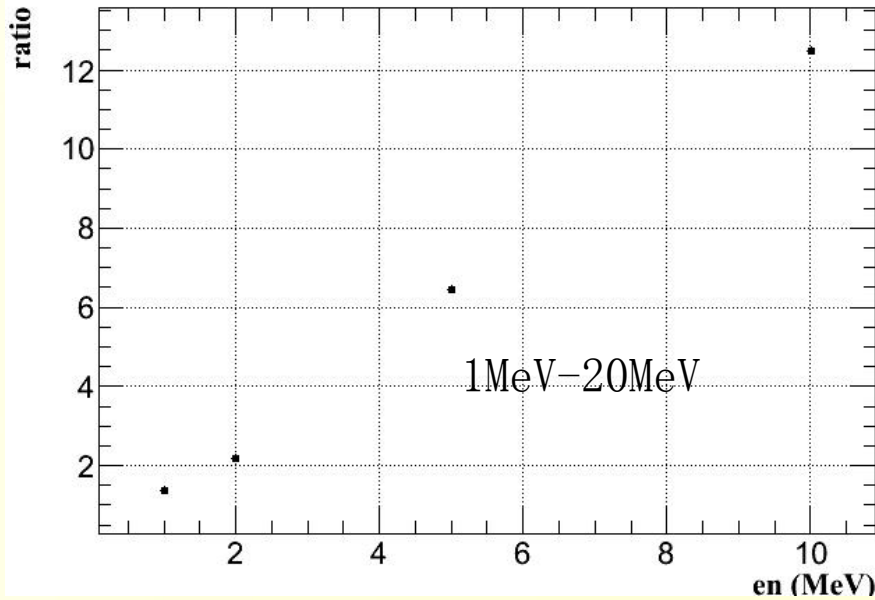


γ 的百分比 $< 0.025\%$
 e 的百分比 $< 0.15\%$

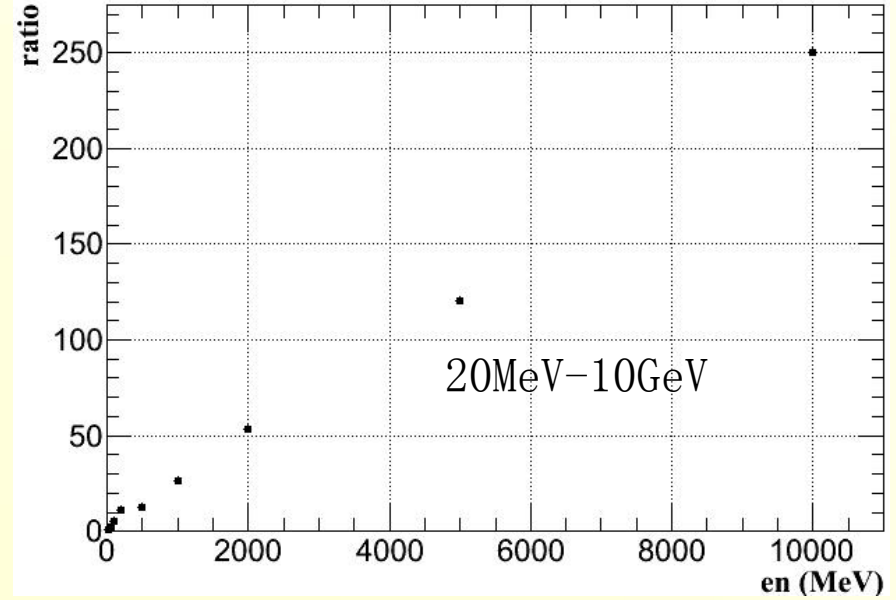
利用CORSIKA统计次级粒子在各个能量段的比例

能量在1MeV-50GeV范围内次级伽马的百分比为78.5%，次级电子的百分比为98.8%

全模拟与参数化模拟的时间对比



全模拟与读mean值的时间比



全模拟与抽分布的时间比

由上图可知，随着能量的增加，参数化的优势越来越明显

总结与展望

- 参数化模拟是WCDADA动态扩展系统快速模拟高能量宇宙线事例的一种方法
- 与全模拟比较，参数化模拟可将速度明显提高，并且随着能量的增加，参数化模拟的优势越来越明显
- 对于参数化的分bin方法，能量小于1MeV时采用全模拟，能量1MeV-20MeV读mean值，能量20MeV-50GeV采用抽分布
- 改善抽分布这种参数化模拟的时间，继续增加统计量，进一步提高参数化模拟的可靠性与精度

谢谢！

全模拟与参数化模拟的时间对比

