

LHAASO 合作组会议

月亮阴影模拟的研究



东北大学/中国科学院高能物理研究所/南开大学

报告人:王岩瑾

2018/3/23

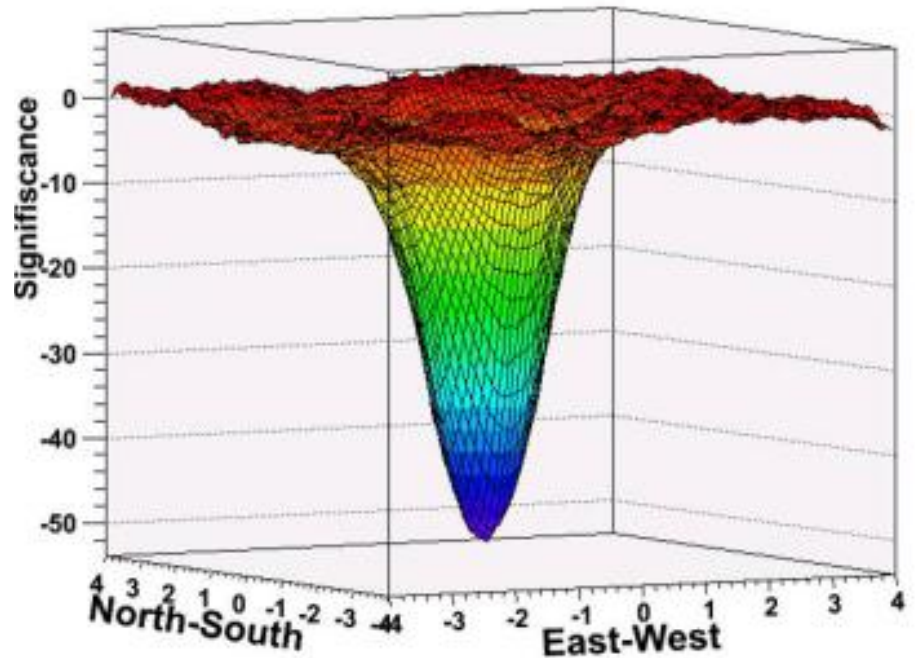
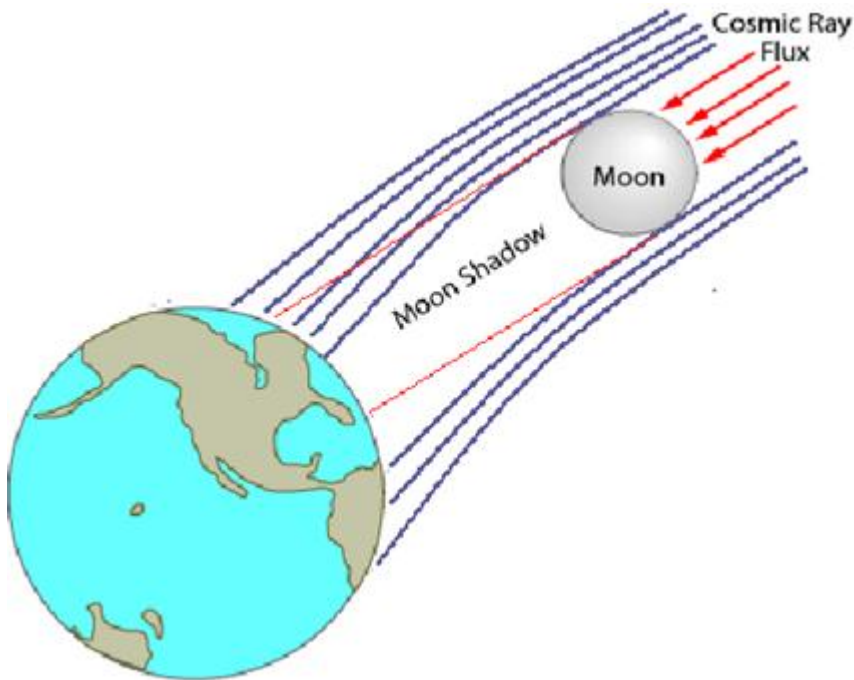
报告内容

- 研究背景
- 研究方法
- 模拟结果
- 总结和展望

研究背景:

- 月亮阴影的定义:

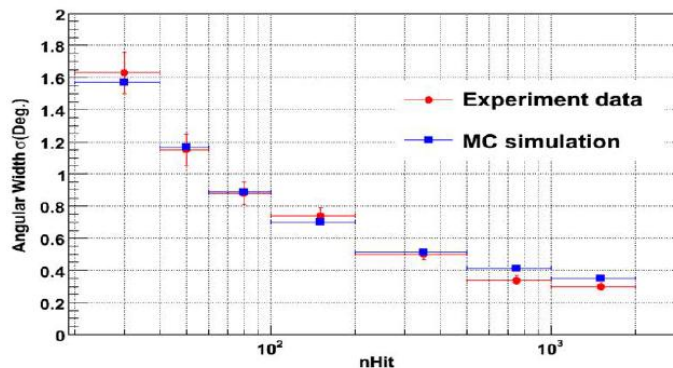
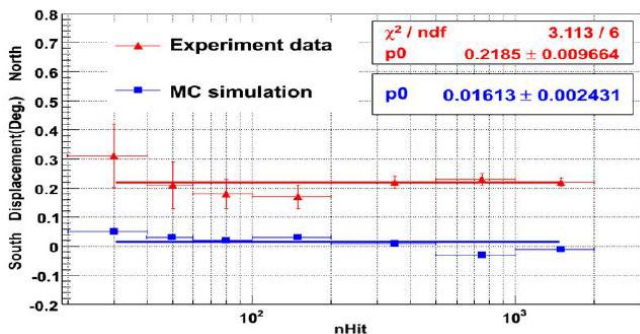
银河宇宙线分布是各向同性和均匀的，原初宇宙线在到达地球的过程中，被月亮所遮挡，就会造成相应的宇宙线流强缺失，从而形成“阴影”。



研究背景:

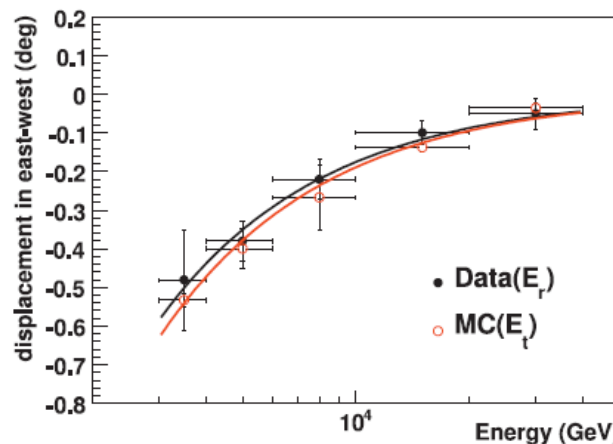
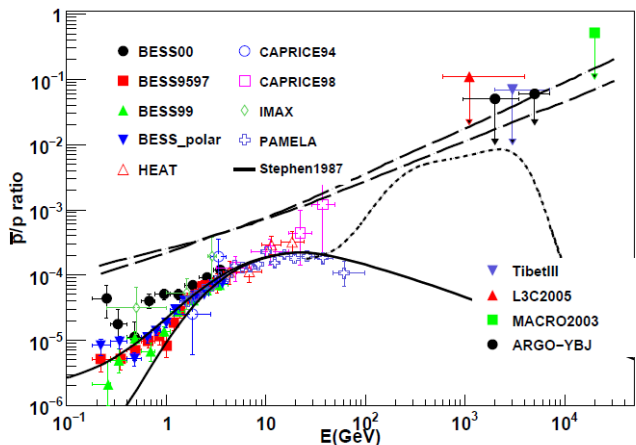
研究月影的意义:

1、测量探测器角分辨



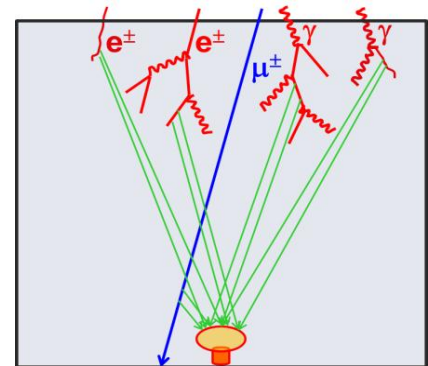
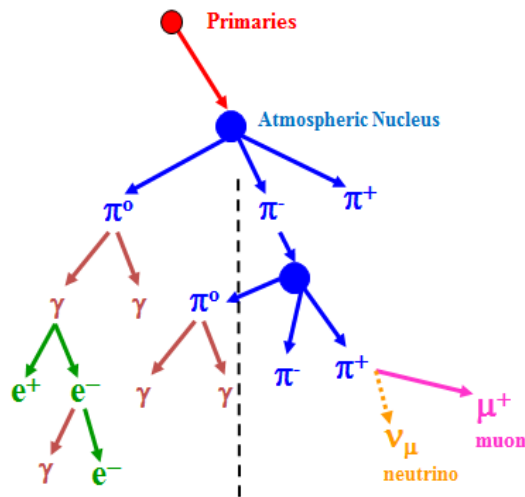
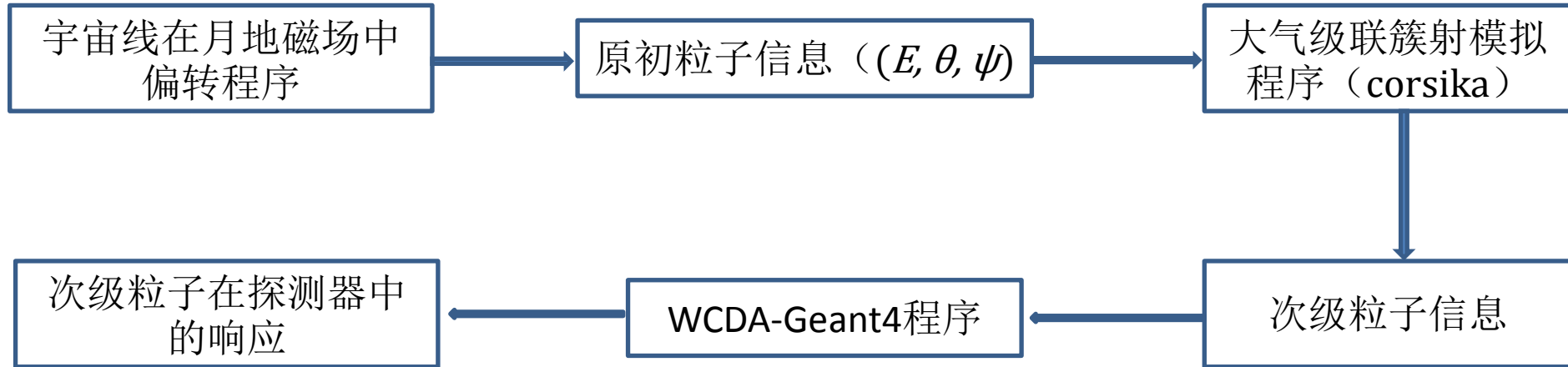
2、对探测器的指向做标定

3、对探测器进行能量标定



4、测量正反质子的比例

研究方法:



研究方法：

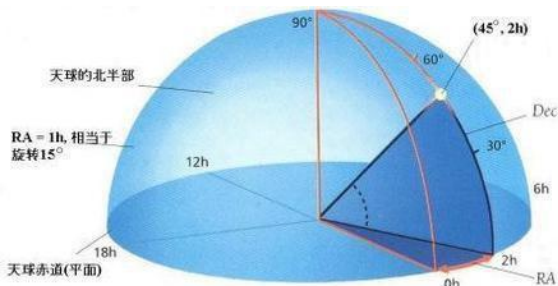
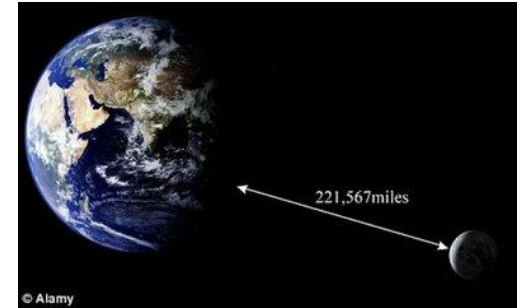
对宇宙线事例被月亮遮挡形成的月影进行模拟：

1、反追踪法

2、输入能谱

3、方向的抽取

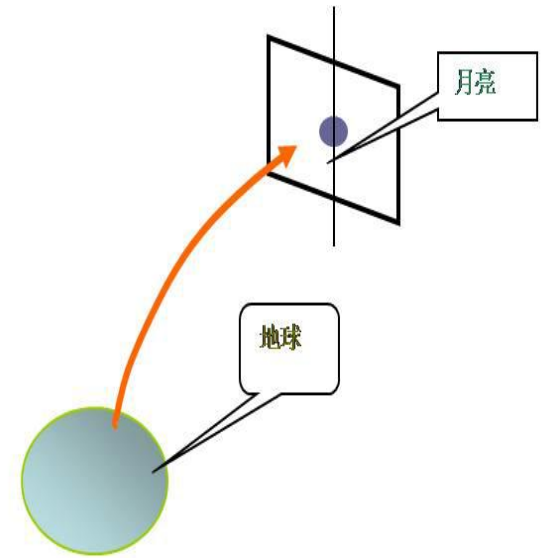
4、考虑地磁场的影响



研究方法：

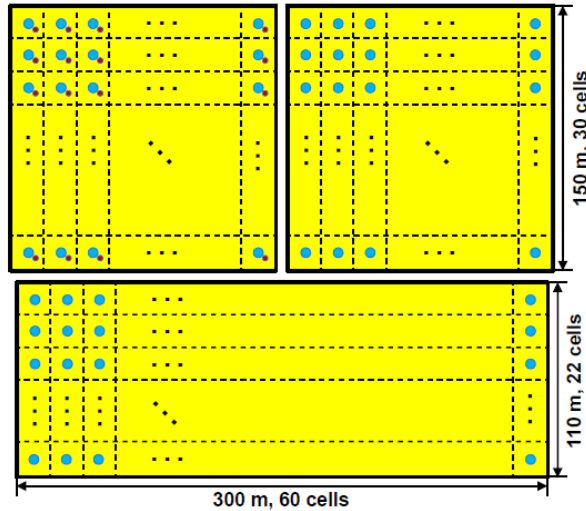
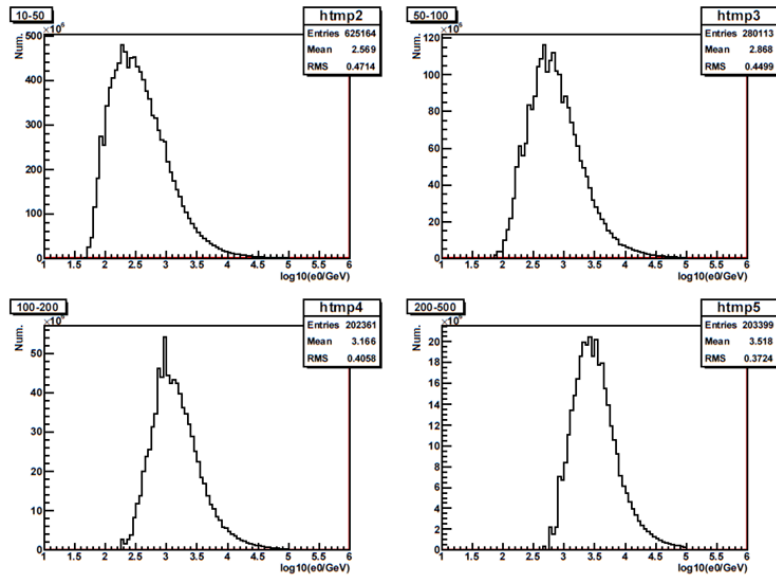
1、反追踪法：

- 反追踪模拟，方向从地球到月亮，电荷与原来相反；
- 经过每一个步长，动量、能量、位矢等各个量发生变化；
- 总步长在地月之间的投影等于地月之间的距离，模拟结束；
- 当模拟结束时的位置距离月球中心的距离小于月球半径则为月影事例并给予记录。



研究方法:

2、输入能谱:



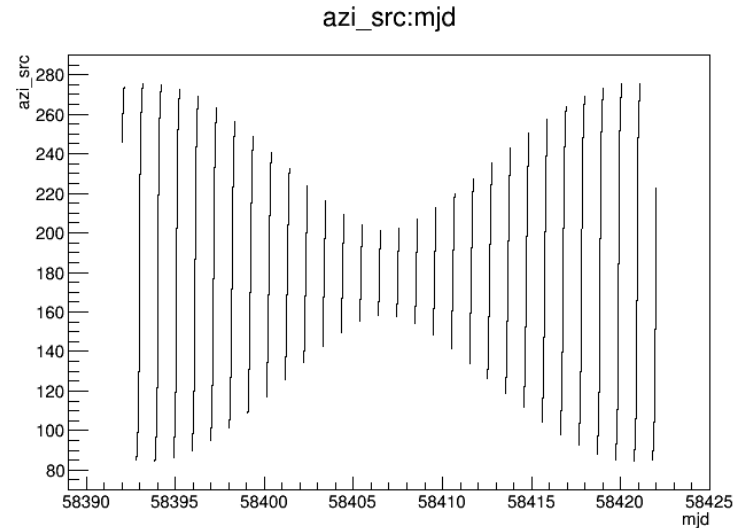
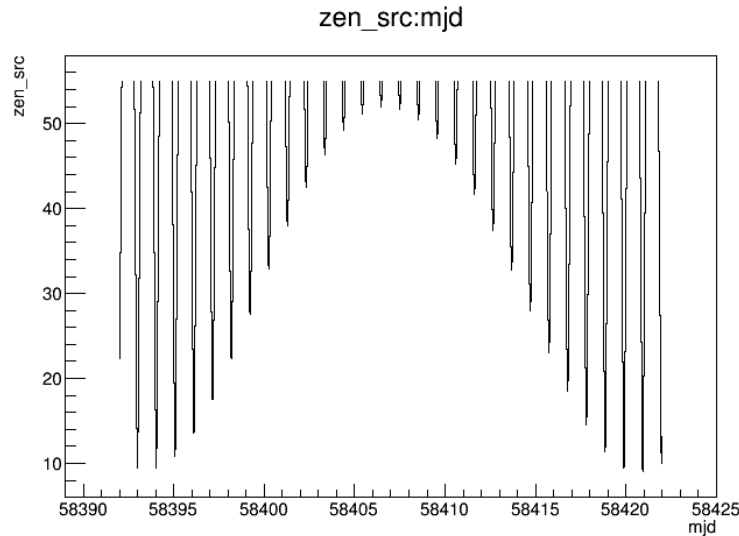
模拟在WCDA中nfit为: 10-50、50-100、100-200、200-500的事例数。将它们分成4个不同的能量段。

能量范围:
 10^{11} - 10^{14} eV。

能段	hproton1	hproton2	hproton3	hptoton4
nfit	10-50	50-100	100-200	200-500
角分辨率	1.35	0.75	0.75	0.75

研究方法:

3、方向的抽取: 月亮的方向沿一个轨迹变化。

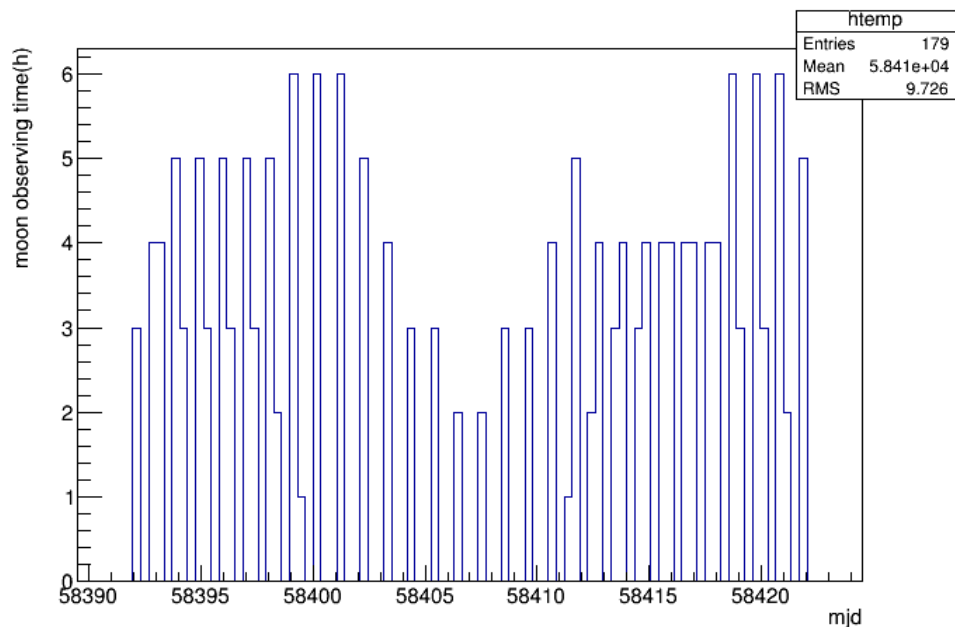
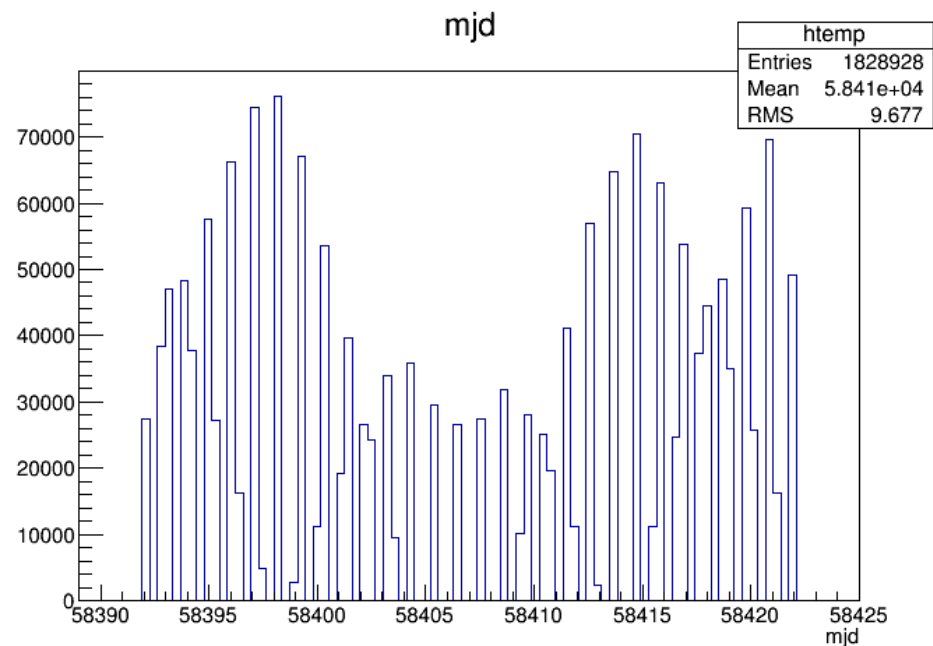


- 为了让模拟宇宙线更有效击中月亮，故宇宙线初始方向在月亮方向附近区域抽取。
- 角度范围:以月亮中心方向的立体角 15° 以内抽取。

研究方法:

所抽取宇宙线的时间分布
(2018年10月1日-2018年10月31日)

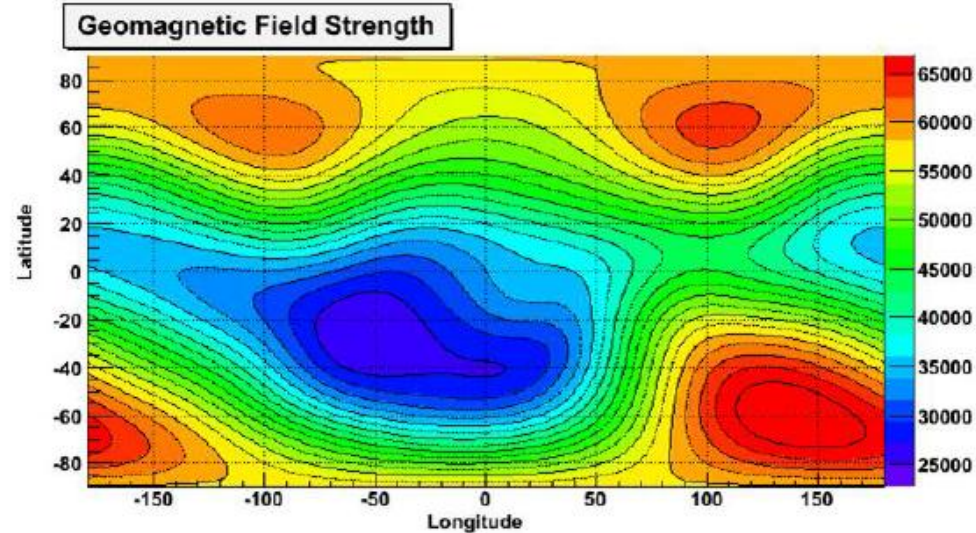
月亮观测时间



研究方法:

4、考虑地磁场模型:

(1) 距地心2个地球半径以内的磁场:利用 IGRF模型计算。右图为距离地心1个地球半径地磁场强度。

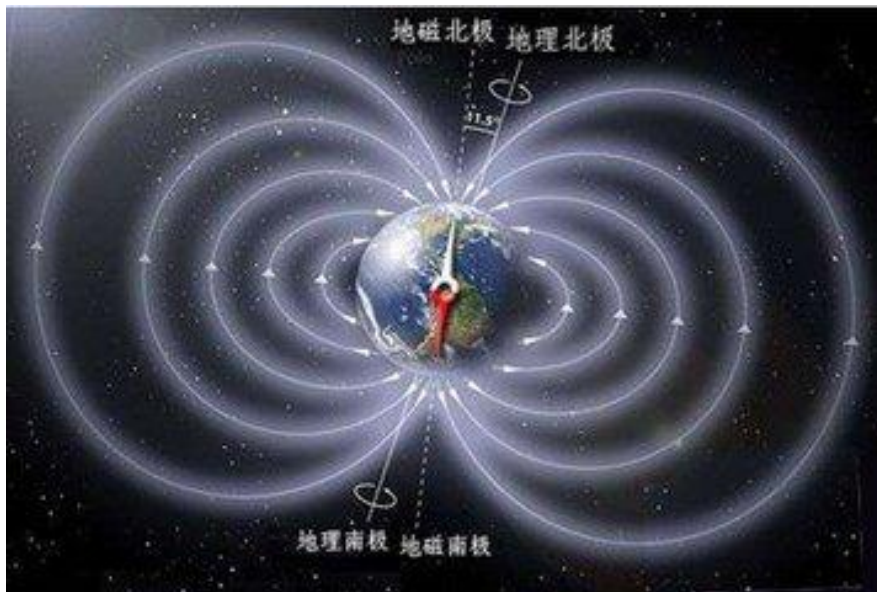


(2) 距离地心2个地球半径以上的磁场:用磁偶极子模型近似。

$$B_x = (3\vec{x} \cdot \vec{z} \cdot B_0) / R^5,$$

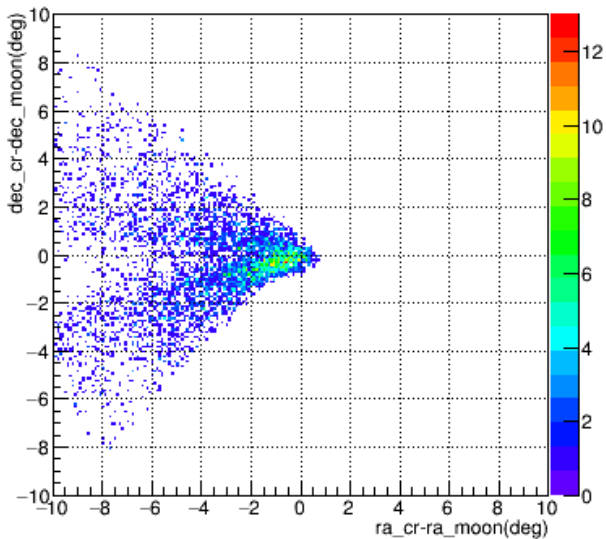
$$B_y = (3\vec{y} \cdot \vec{z} \cdot B_0) / R^5,$$

$$B_z = B_0(3z^2 - R^2) / R^5.$$

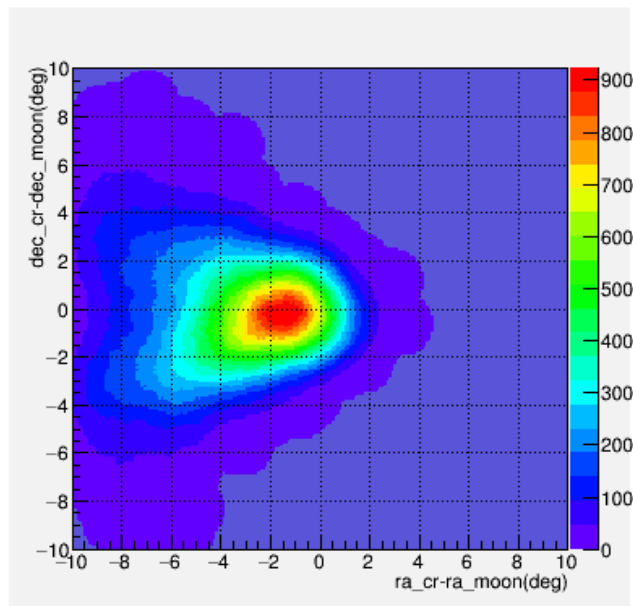
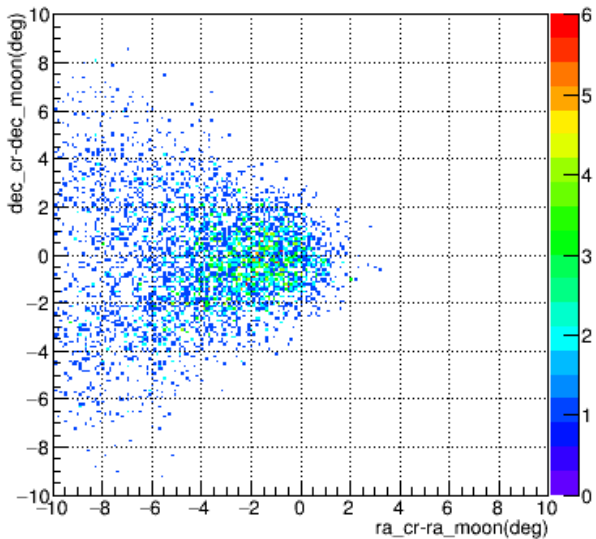


模拟结果：在第一个能段中IGRF +Dipole模型模拟的月影

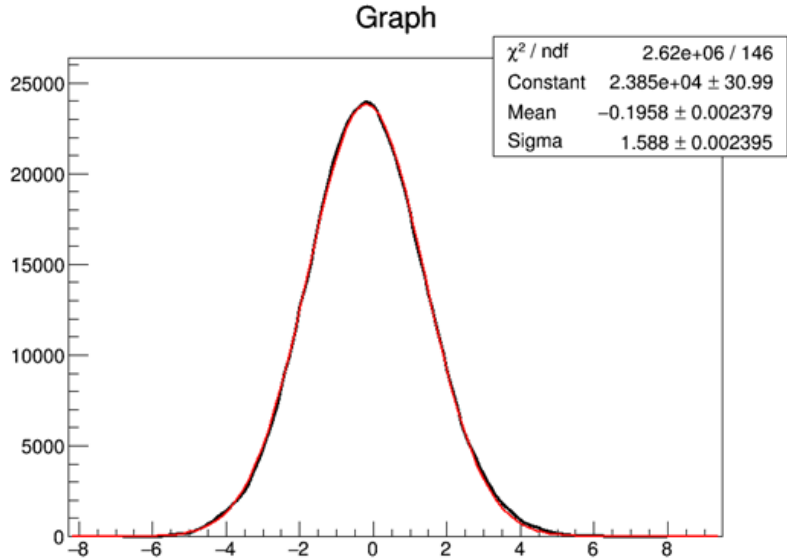
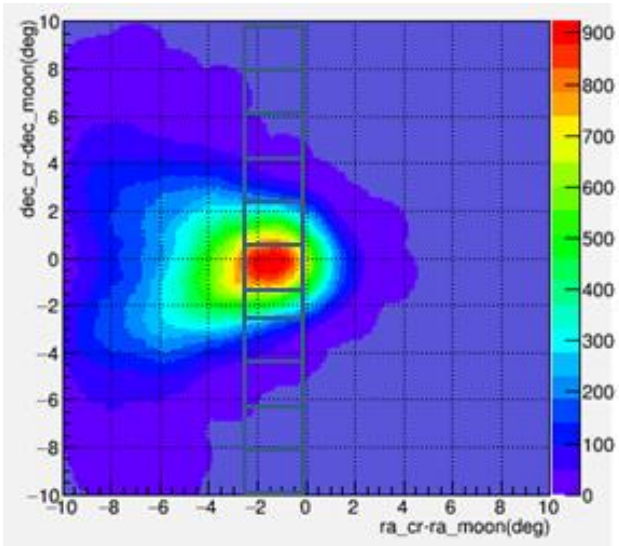
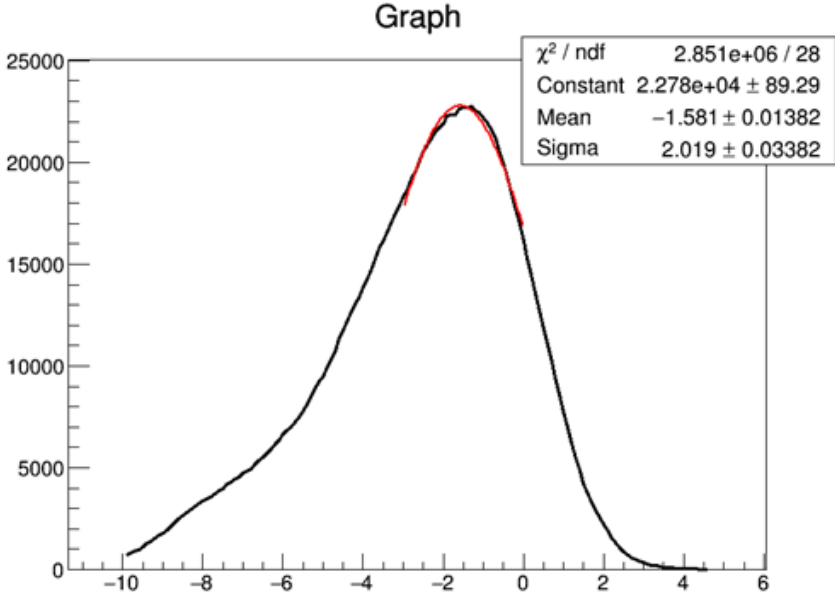
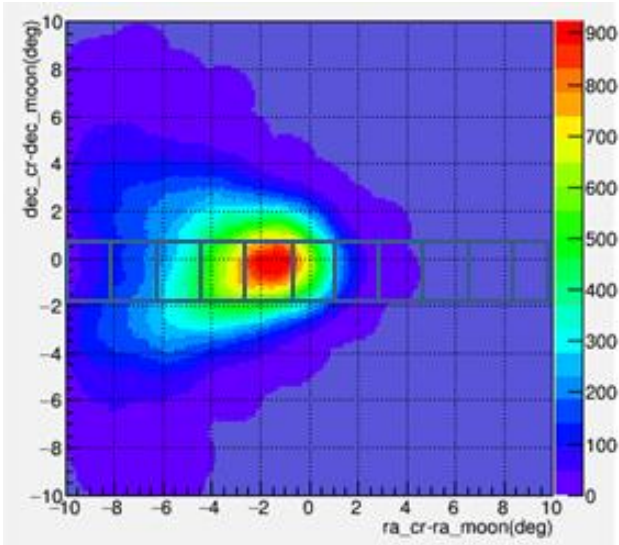
理想探测器



考虑探测器的角分辨



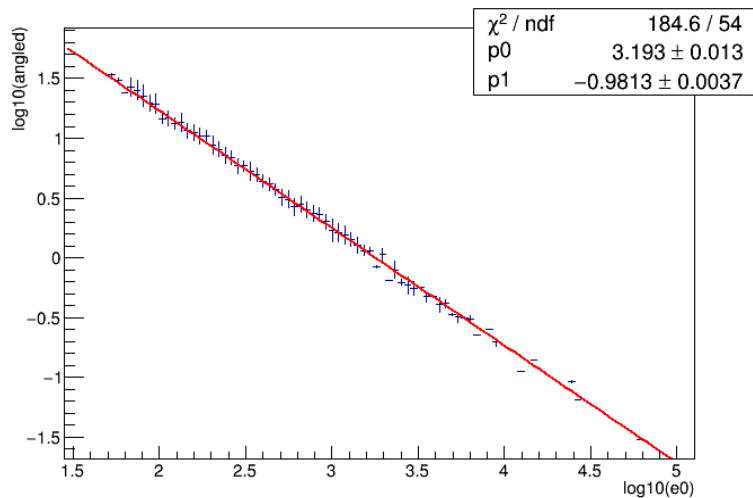
模拟结果:



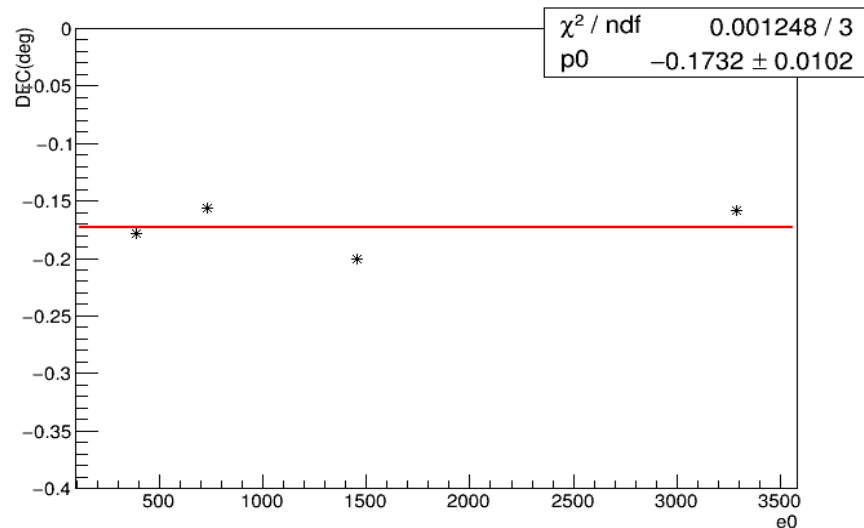
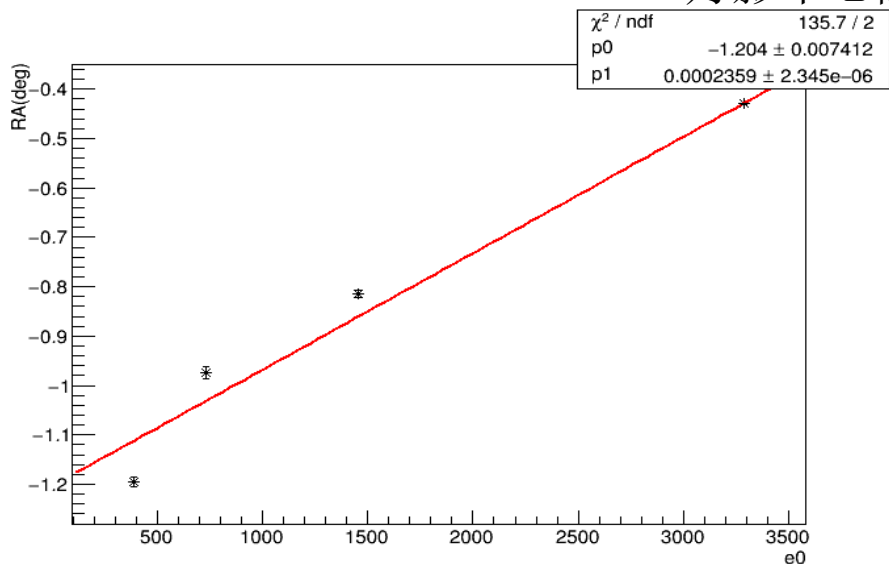
模拟结果:

偏转角随能量的关系:

$$\Delta\theta = 1.56^\circ / (E/\text{TeV})$$



月影中心随能量的偏移



nfit分别为: 10-50、50-100、100-200、200-500的触发条件下的4个能段

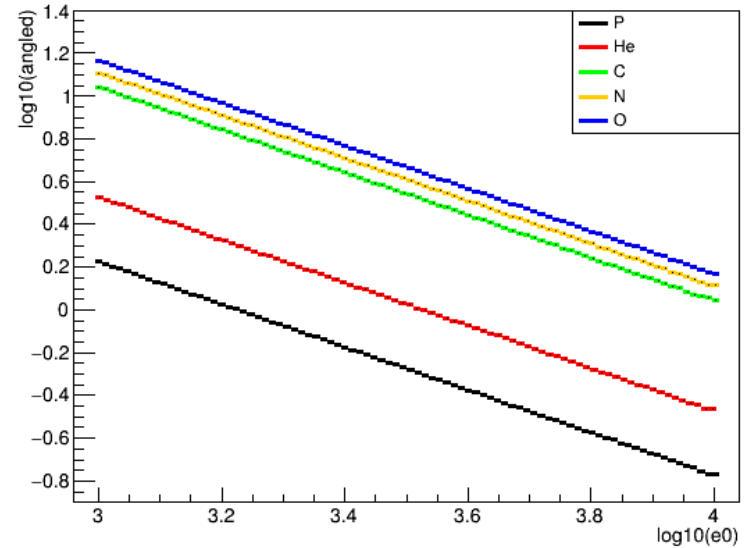
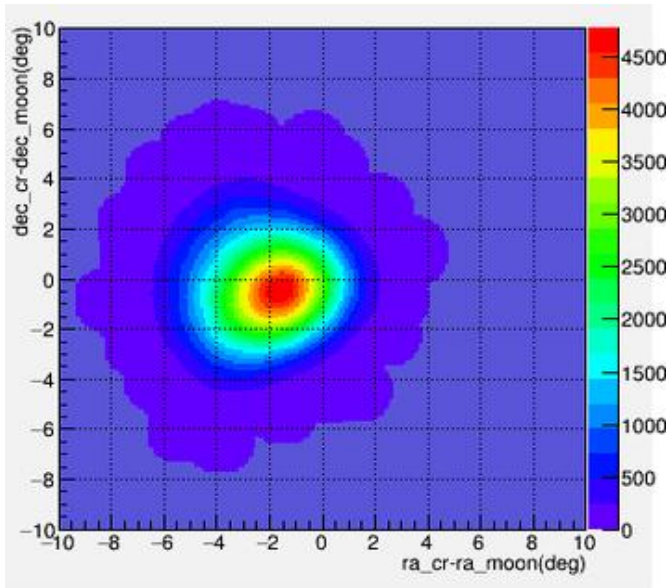
模拟结果：

不同模拟条件\月影位置	月影中心在ra方向	月影中心在dec方向
IGRF+Dipole (步长为100米, 距离地球表面4.4千米)	-1.58	-0.20
Dipole	-1.54	-0.22
IGRF	-1.41	-0.11
IGRF12	-1.60	-0.24
步长为10000米	-1.52	-0.13
步长为100000米	-1.51	-0.20
距离地表高度40千米	-1.49	-0.19

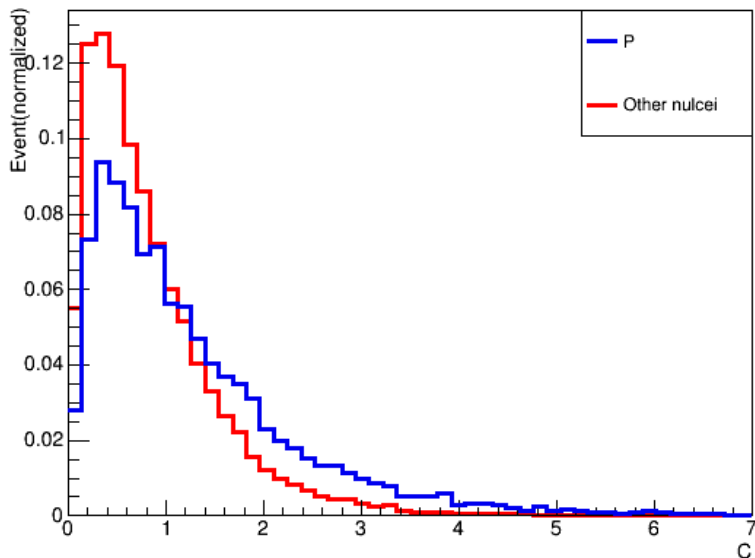
模拟结果：

能量在1-10TeV的核子月影

(成分：P、He、C、N、O)



模拟结果:



$$Compatness(C) = \frac{nFit}{cxPE_{45}}$$

nFit: 参与重建着火PMT个数;

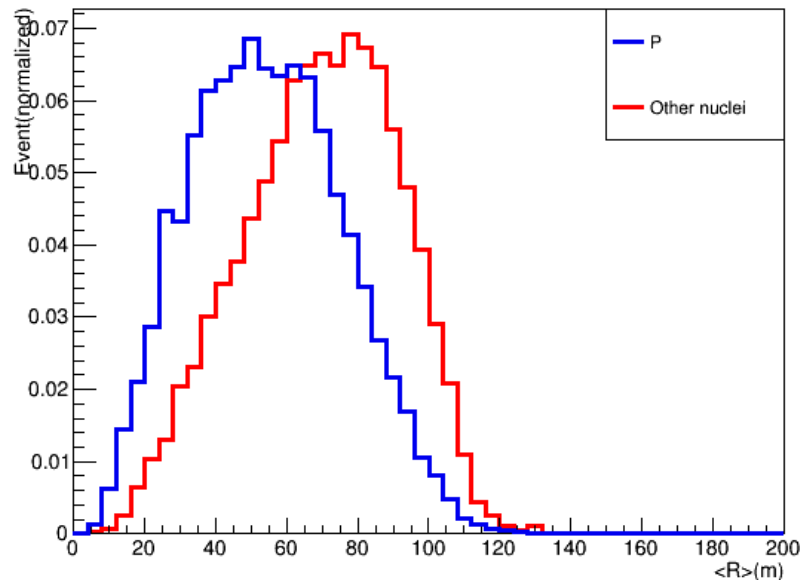
cxPE₄₅: 重建芯位45m之外着火PMT

最大光电子数;

$$\langle R \rangle = \frac{\sum PE_i R_i}{\sum PE_i} \quad (\text{平均横向扩展半径})$$

PE_i: 第i个着火PMT上光电子数;

R_i: 第i个着火PMT 到芯位距离;



总结：

- 不同模拟条件下的模拟的月影中心在ra和dec方向都是朝负偏移。
- 偏转角随着能量成反比。
- 月影中心随着能量的增加在ra方向偏移越来越小，在dec方向无明显变化。

展望：

- 将简化模拟向全模拟推进，即考虑大气簇射情况下宇宙线事例的模拟、触发、重建。
- 将质子和其他成分进行区分，模拟质子月亮阴影，并利用月影的东西偏移量进行能量定标。

Thank you