

高真实噪声率情况下WCDMA重建方法的研究

LHAASO 合作组

王晓洁

2017/01/18

目录

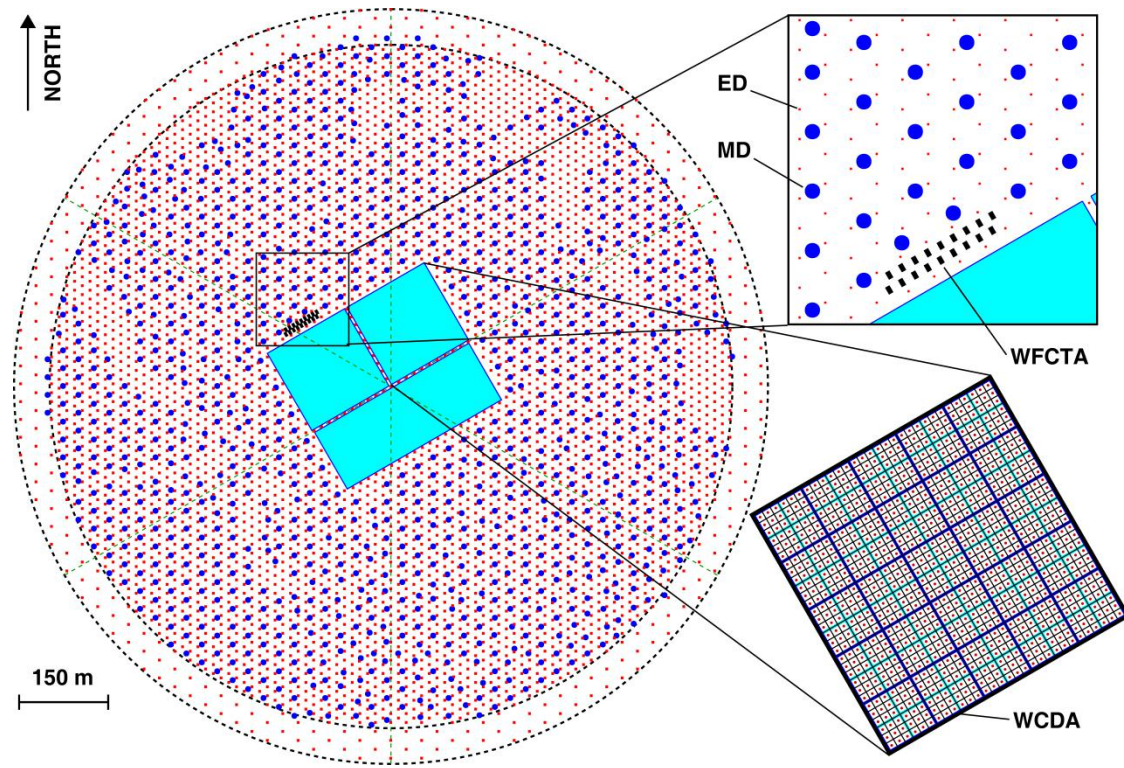
◆ LHAASO-WCDA


◆ 在线快速噪声过滤方法

◆ 芯位重建

◆ 总结

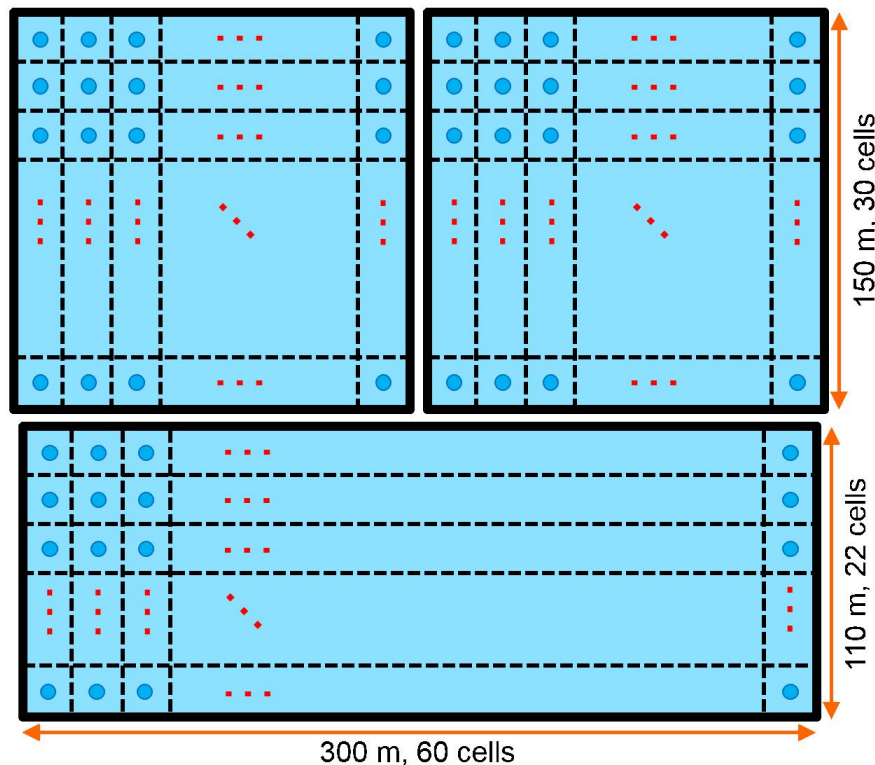
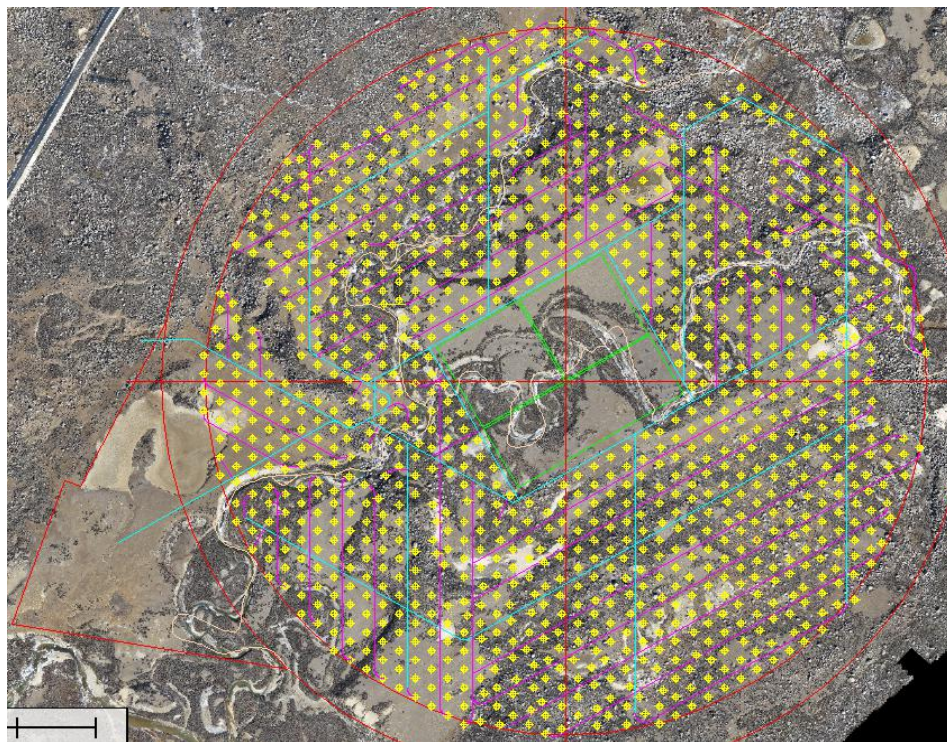
LHAASO: Large High Altitude Air Shower Observatory



LHAASO
(78000m² WCDA, 
5195 ED, 1171
MD, 12 WFCTA)

- 开展全天区扫描，寻找新的伽马射线源
- 对河内源及临近源高端能谱的测量
- 宇宙线能谱及成分的精确测量

LHAASO-WCDA



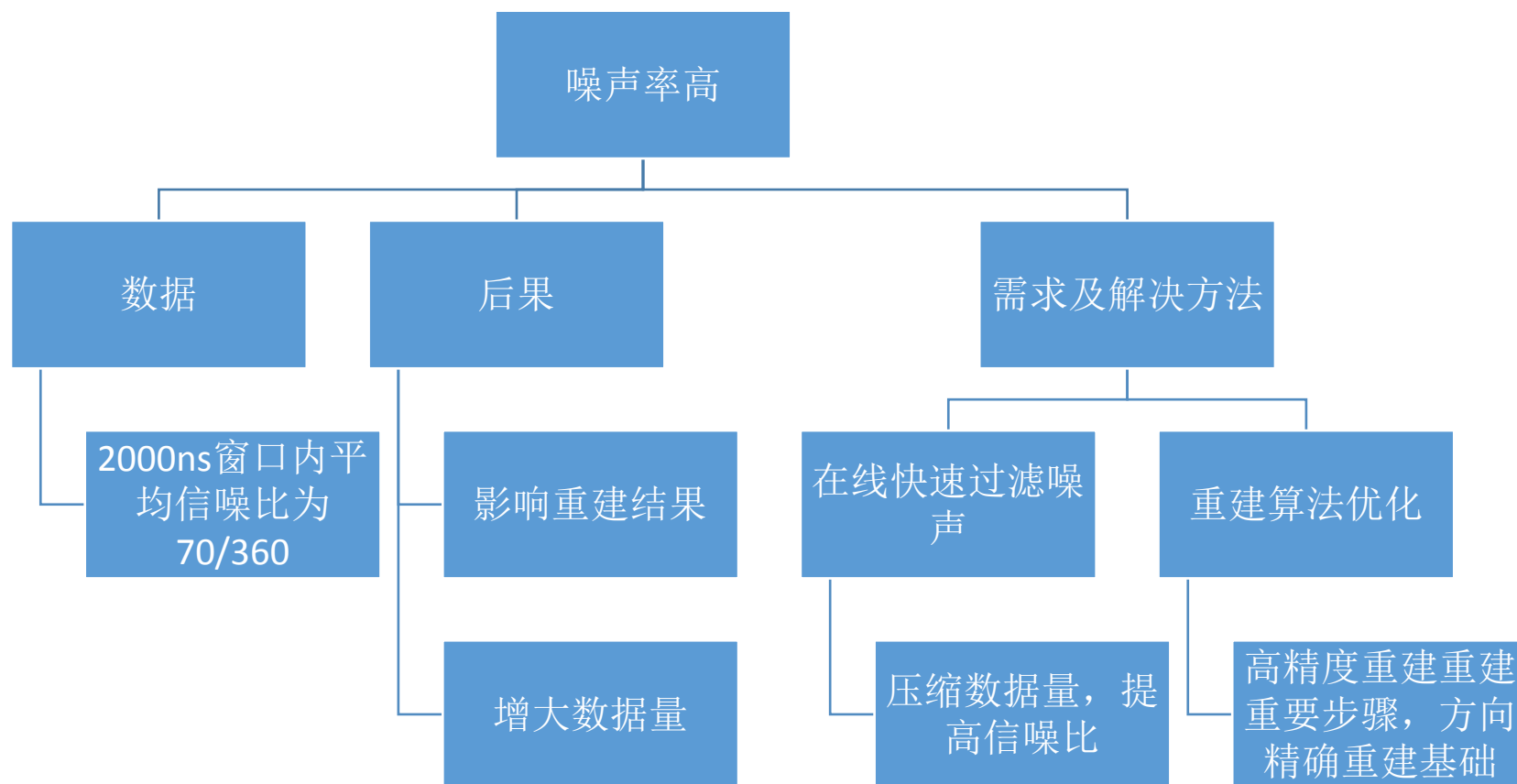
◆ LHAASO-WCDA的特性

- 大面积、全覆盖巡天探测, 100GeV~30TeV;
- 高单路计数噪声 (约50 kHz);
- 测电磁成分能流

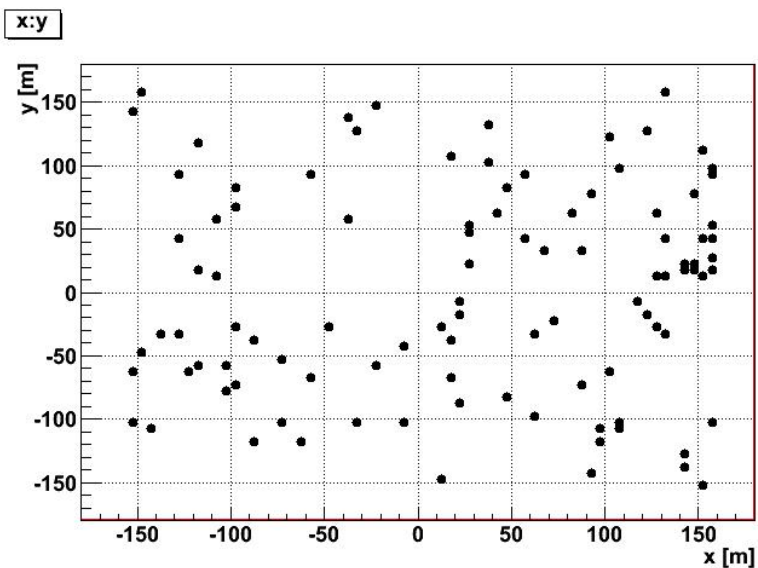
◆ 重建

- 事例重建是物理分析的第一步, 也是最重要的一步, 其精度会直接影响到物理结果;
- 方向的重建精度直接影响探测器对源的灵敏度;
- 芯位的重建精度直接影响簇射方向和能量的重建精度

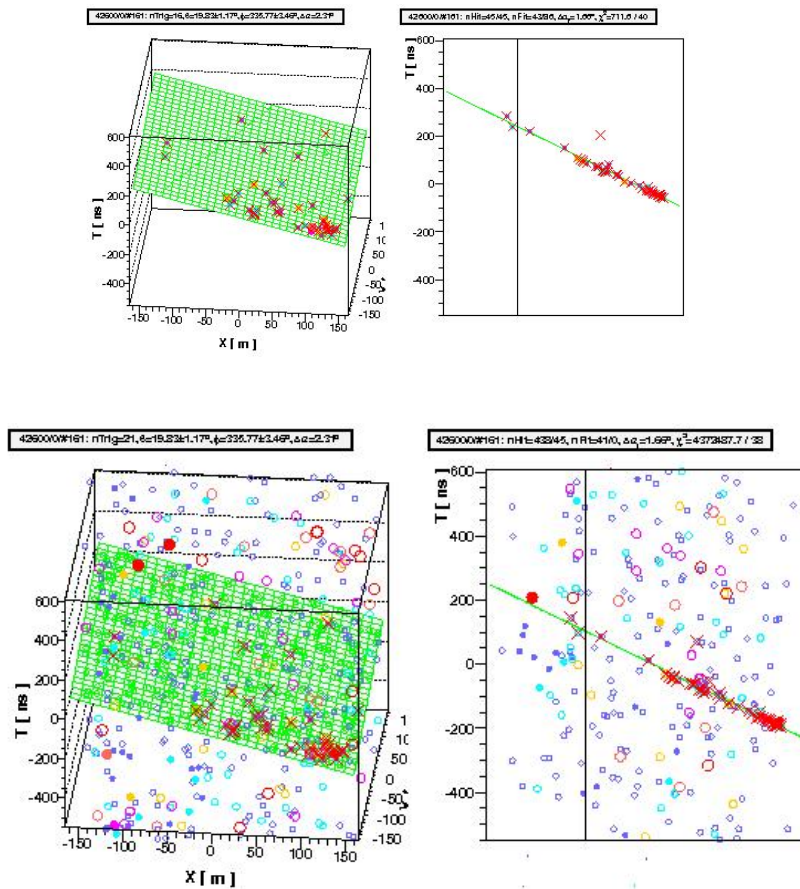
内容简介



事例示意图



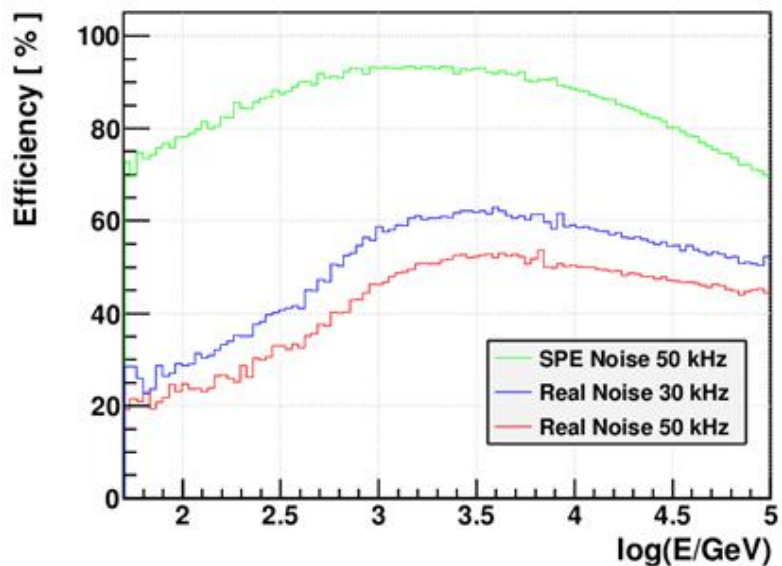
低能簇射无明显簇芯



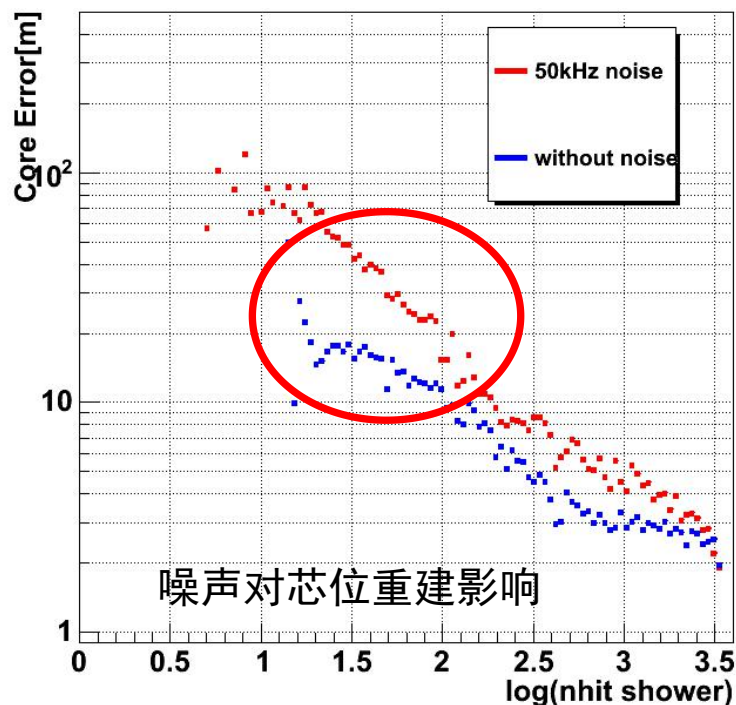
有无噪声簇射示意图对比

噪声对重建影响

真实噪声对重建效率的影响



R < 150 m

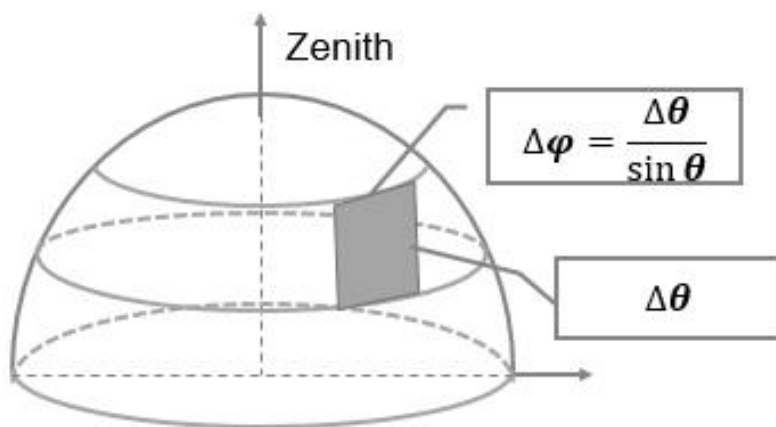


- ◆ 加入真实噪声（包含许多大信号）后重建效率快速下降
- ◆ 50kHz噪声对低能区信号芯位重建影响巨大，重建精度至少差两倍
- ◆ 需要进行高噪声下的信号过滤

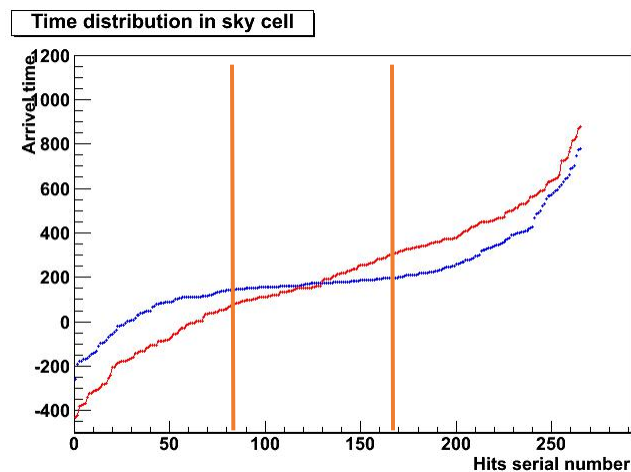
在线快速噪声过滤方法的研究

◆ WCDA自己发展的快速遍举法

- 天区分区（分bin）；
- 逐个扫描，排除噪声；
- hits时间信息转换到特定方向前锋面排序



1TeV事例示意图



快速遍举法优化

◆ 平台区事例判选标准参数优化

◆ 触发事例排序窗口优化

- 窗口大小、起始点
- 速度相关

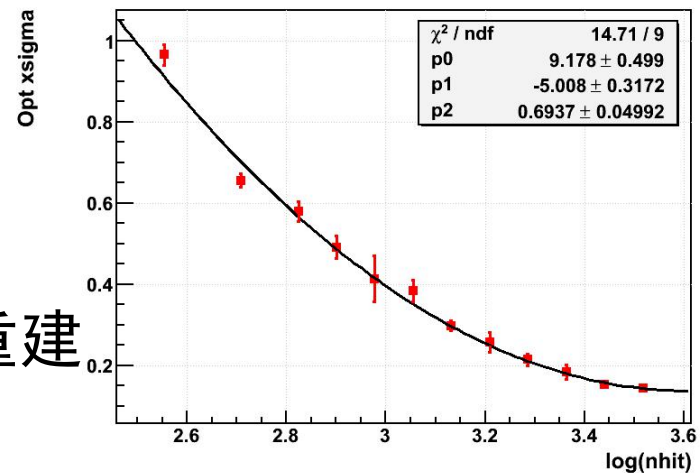
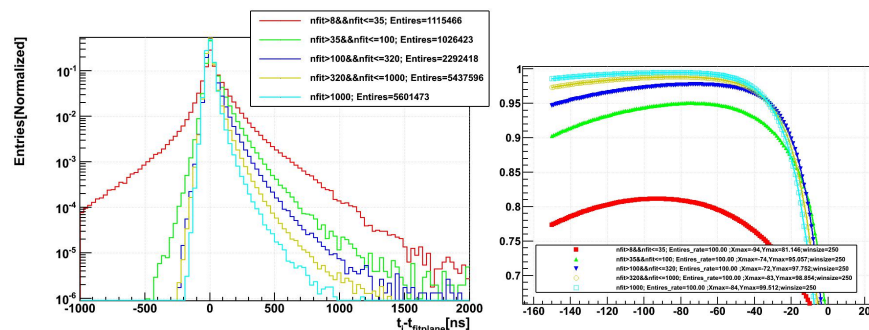
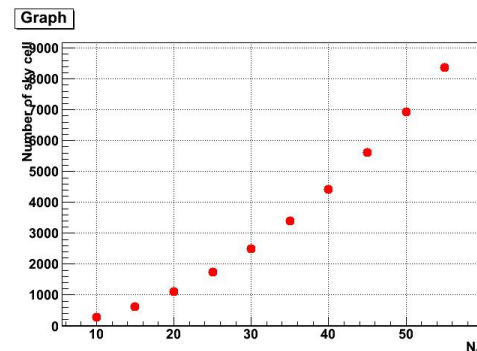
◆ 数据保留窗口大小优化

- 效率相关

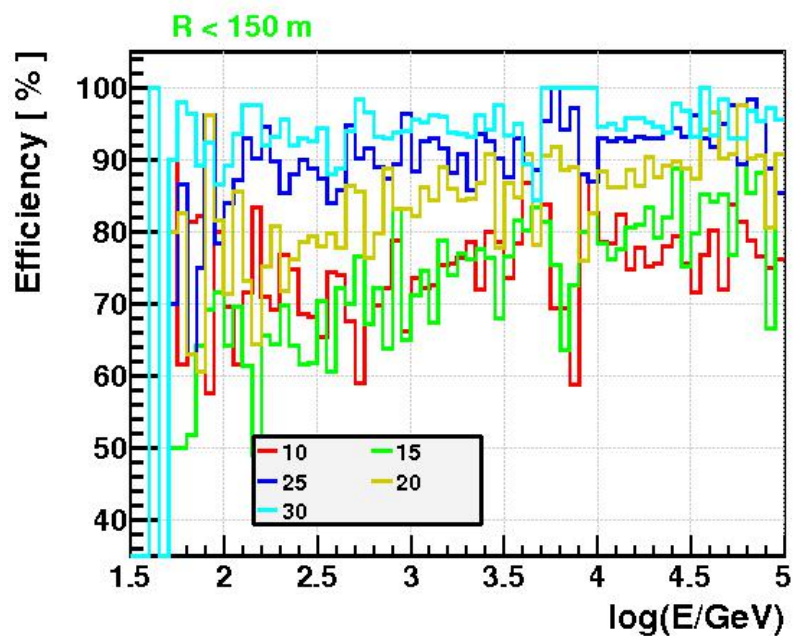
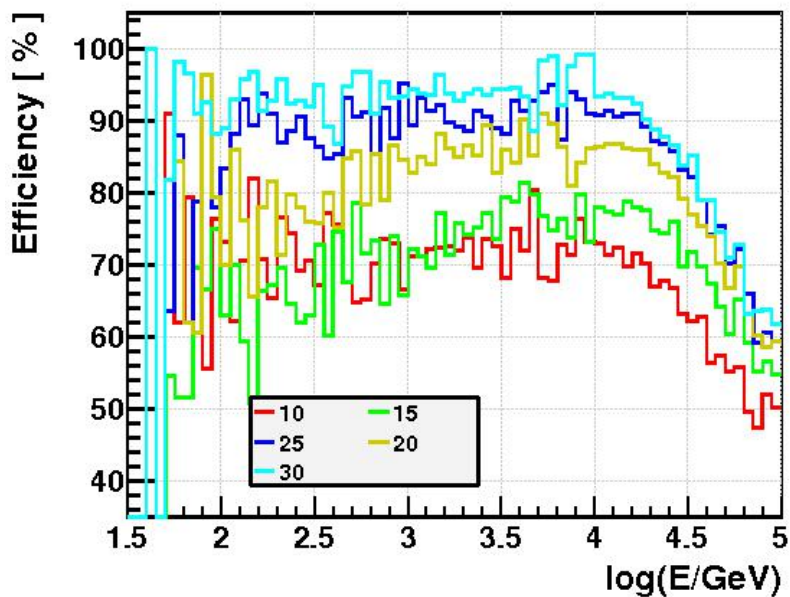
◆ 天区分区数目优化

◆ 算法优化

- 优先选择特定天顶角区域进行重建
- 加密分区后再次重建

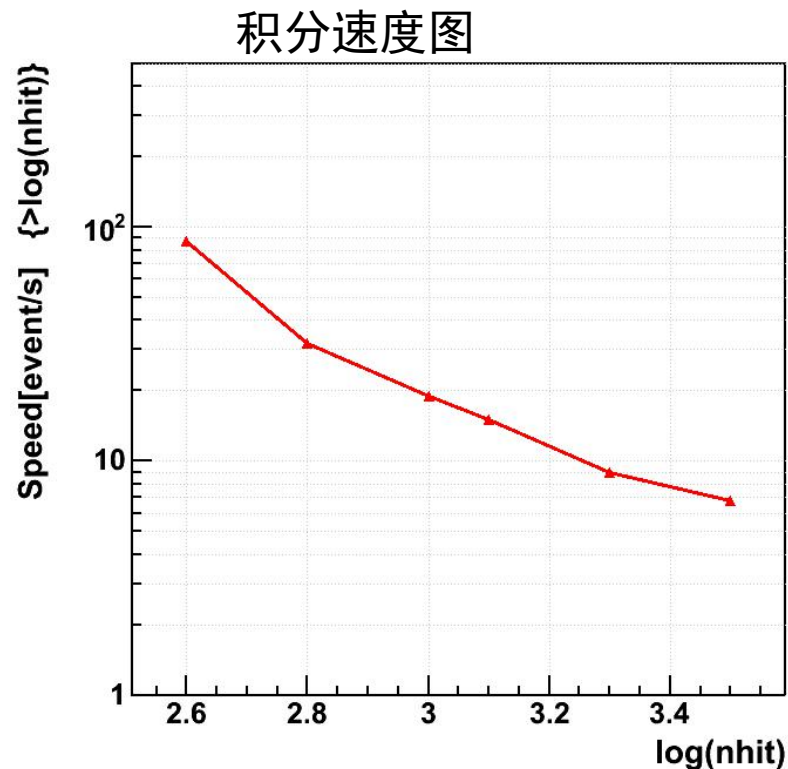
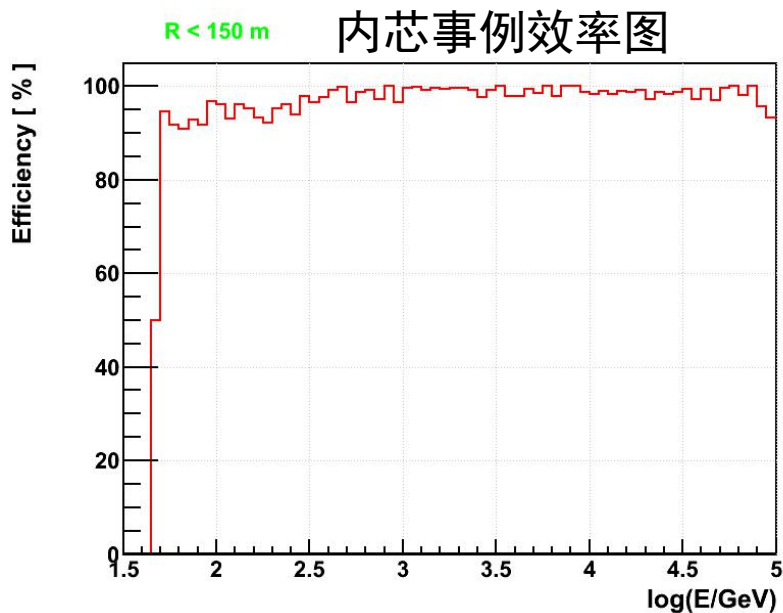


算法优化前效率图



图中不同颜色的曲线意为选择不同参数时重建效率图，该参数可代表天区个数，与程序运行速度直接相关。

快速噪声过滤算法效率及速度



◆ $efficiency = \frac{\text{真实信号保留比} > 80\% \text{的触发事例数}}{\text{触发总事例数}}$

◆ 算法优化及参数优化后，速度80events/s

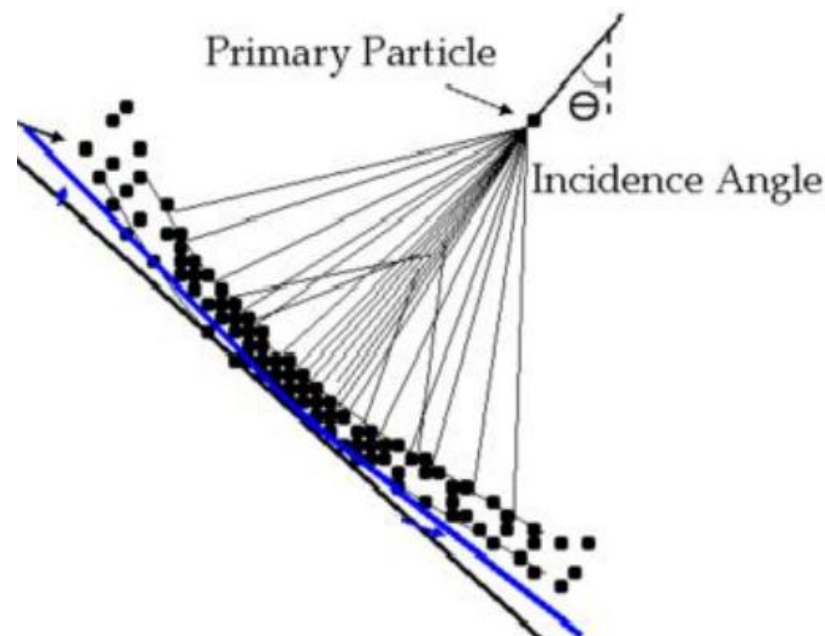
簇射方向重建

- ◆ 提到的平面拟合公式为：

$$\chi^2 = \sum_i^N \left(t_i - \frac{lx_i + my_i + nz_i + ct_0}{c} \right)^2$$

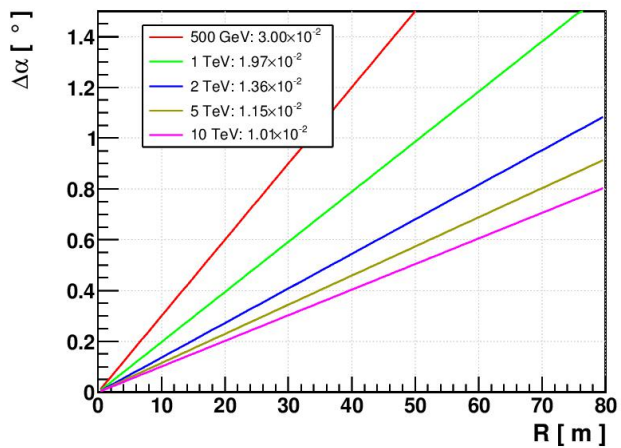
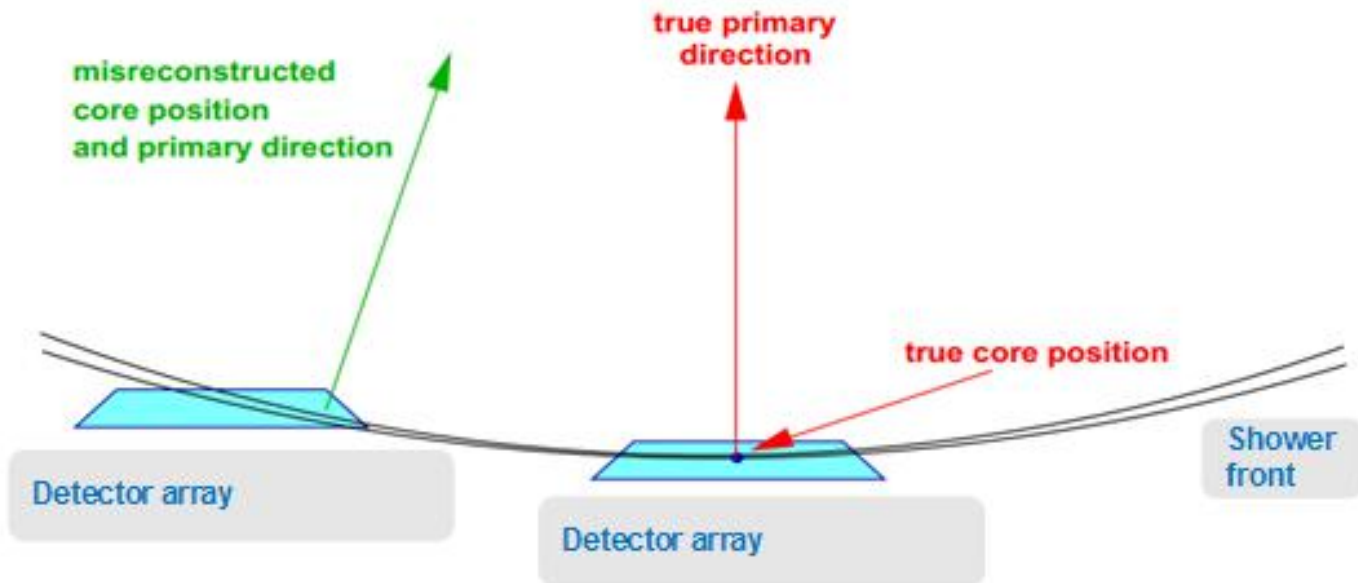
- ◆ 其中 $l = \sin \theta \cos \varphi$, $m = \sin \theta \sin \varphi$ 为方向矢量, $c = 29.98 \text{ cm/ns}$, (x_i, y_i, z_i) 为第 i 个探测器的位置坐标, t_i 相应的 TDC 测量值。

- ◆ 时间修正
 - 采样修正
 - 曲面修正



- ◆ 采样修正：
 - 簇射前锋面的厚度及其涨落
 - 粒子的击中位置
 - 入射角度
 - 粒子数的多少

簇射芯位重建



◆ 芯位重建一般方法

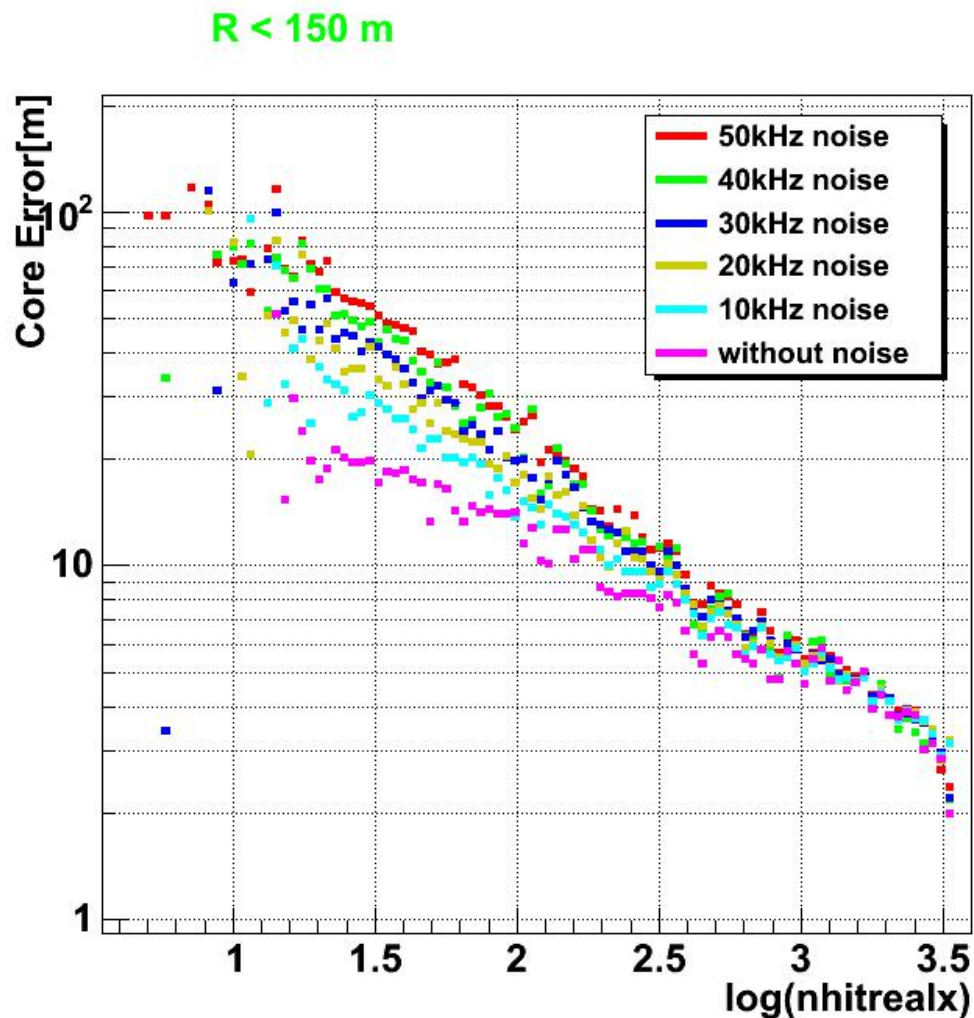
- 重心法;
- 树形分析法: MTree法、Tree法、Dtree法;
- 最大似然法;
- 2D-Gaussian 拟合;

◆ 左图:

- 芯位重建误差与对应的方向重建角度差关系图

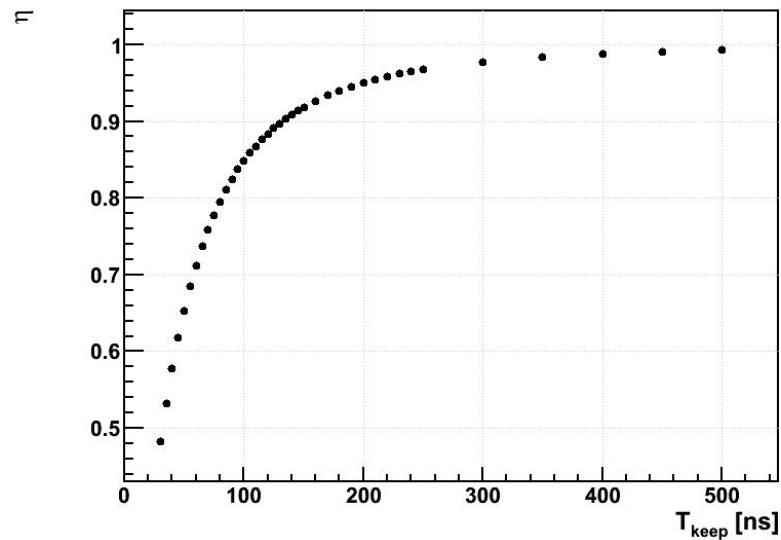
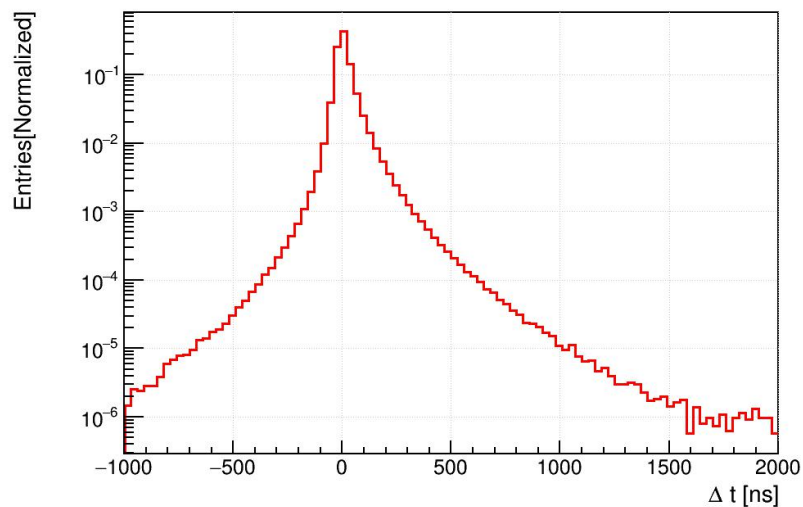
真实噪声情况下 芯位重建

- ◆ 加不同大小真实噪声
- ◆ 在线噪声过滤后，选择前峰面前后约200ns以内的hits信息进行重建
- ◆ 噪声影响巨大
- ◆ 50kHz真实噪声
 - ◆ 低能区芯位重建与不加噪声时差了2~3倍
 - ◆ 数据保留窗口200ns，噪声个数360→36

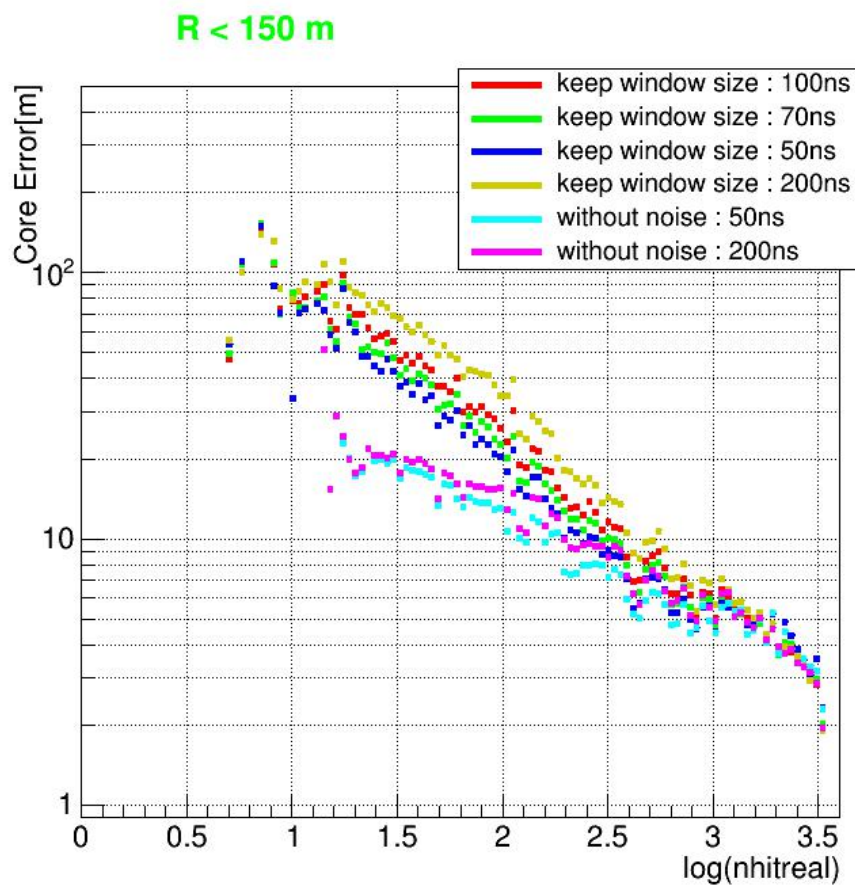


事例分布与数据保留窗口

- ◆ 选择不同窗口大小，计算得到最优真实信号保留比
- ◆ 减小窗口，再次压缩噪声

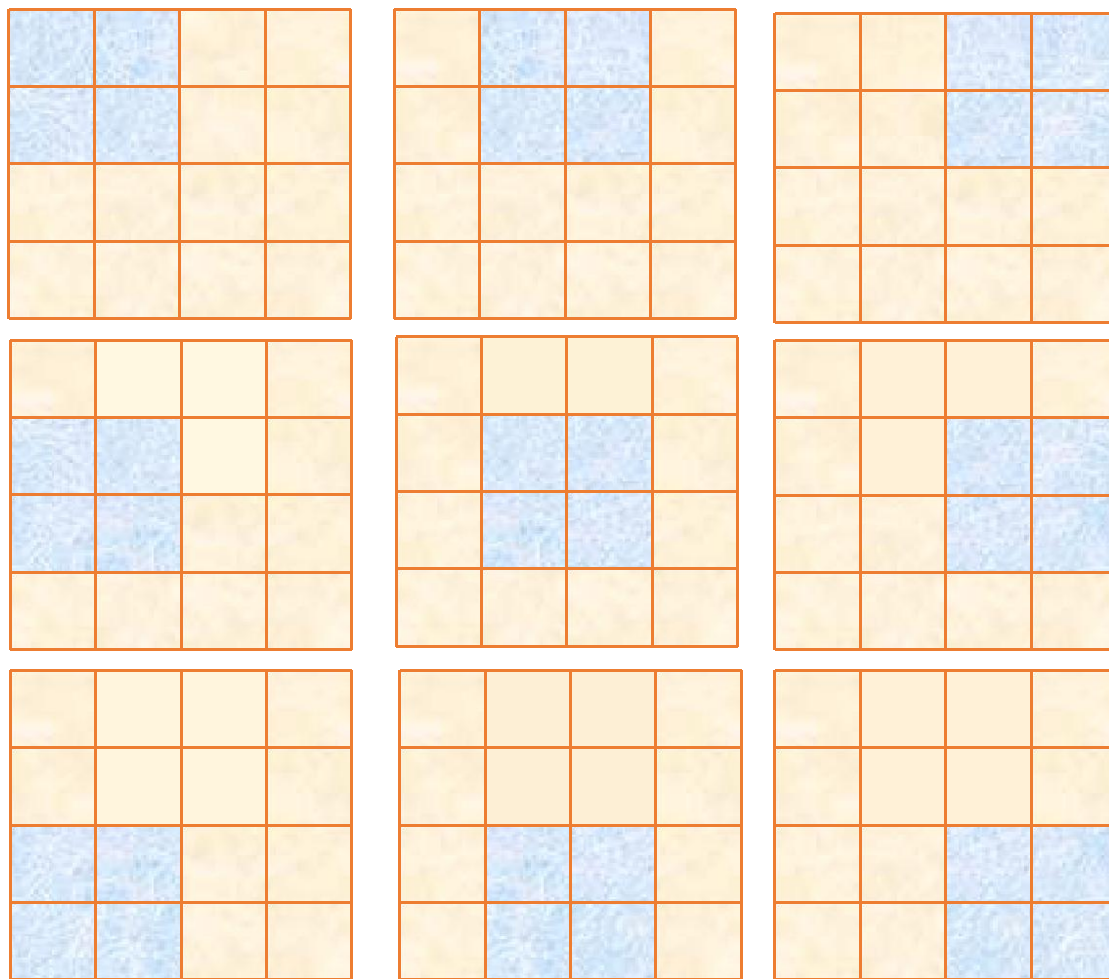


不同keepwin下重心法芯位重建



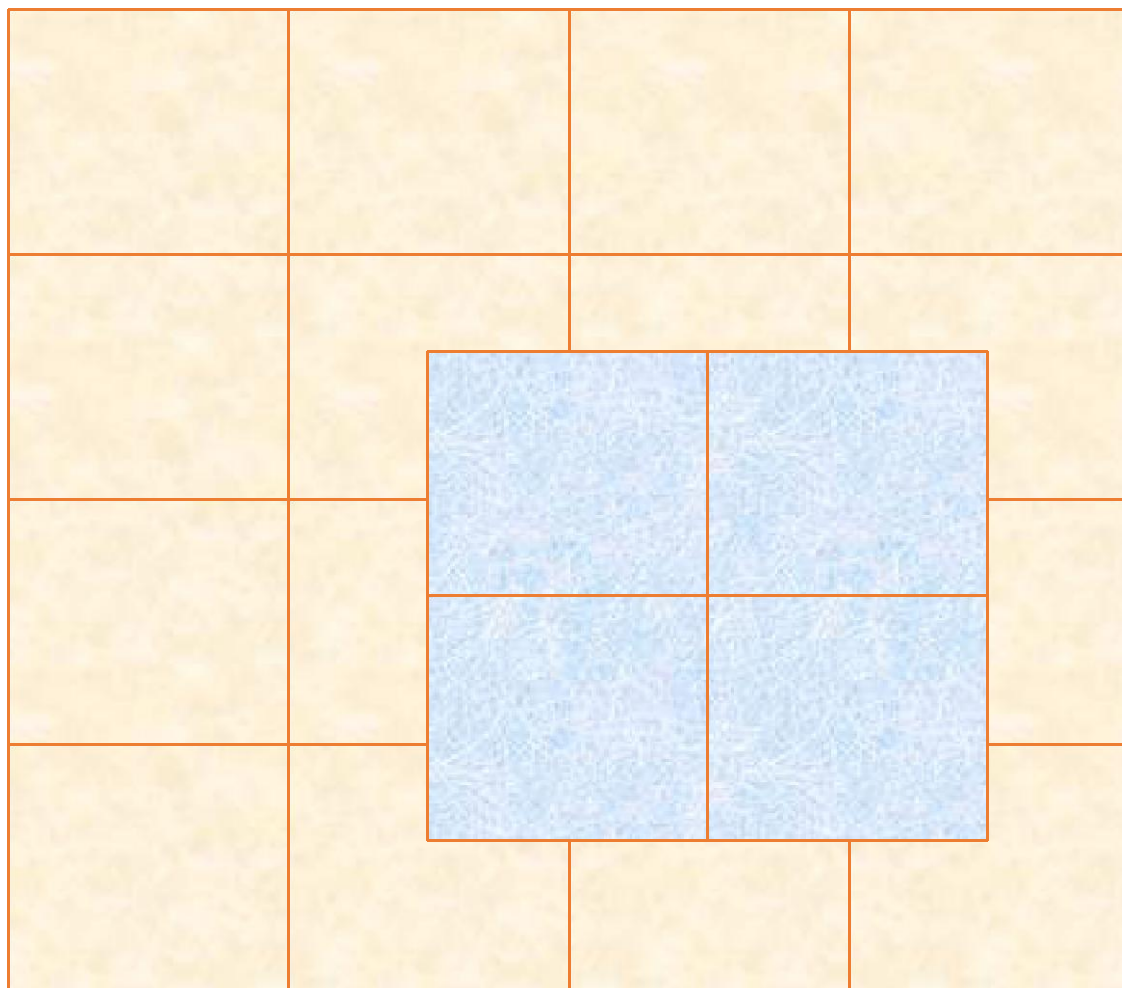
- ◆ 前四条线是+50khz情况下，利用不同大小窗口内hits信息重建结果；最后两条线没加噪声

探测器阵列分区



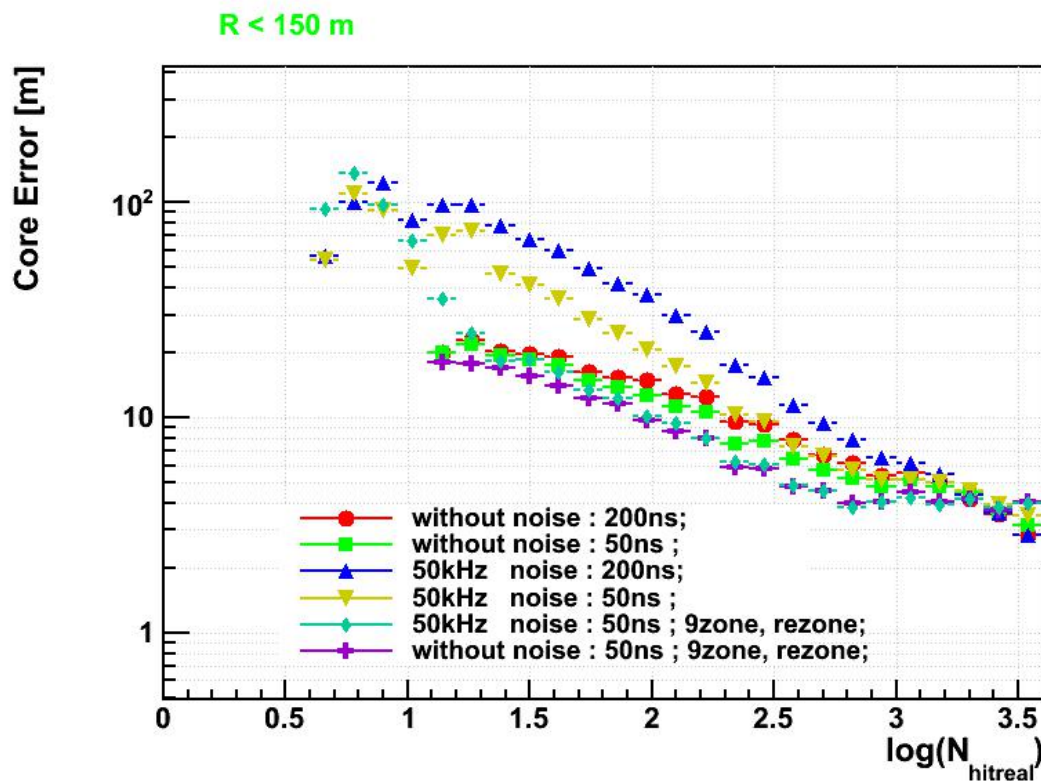
- ◆ 探测器阵列
300m×300m
- ◆ 分成9个cluster
 - 150m*150m
 - overlap
- ◆ 在线噪声过滤+使用窄窗口内hits信息重建+探测器分区重建
- ◆ 得初始芯位后，在芯位周围取1/4阵列面积内的hits信息再次重建

探测器阵列分区



- ◆ 探测器阵列
300m×300m
- ◆ 分成9个cluster
 - 150m*150m
 - overlap
- ◆ 在线噪声过滤+使用窄窗口内hits信息重建+探测器分区重建
- ◆ 得初始芯位后，在芯位周围取1/4阵列面积内的hits信息再次重建

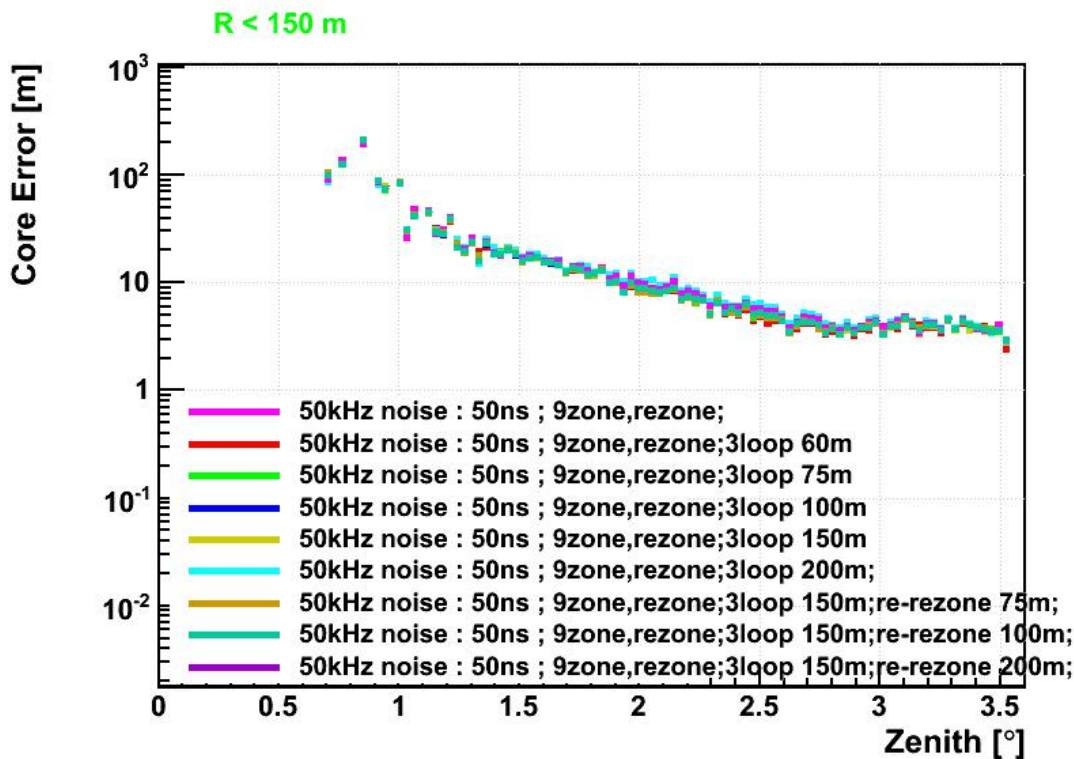
芯位重建结果



E [TeV]	Log (n _{hitreal})	50 kHz Rezone COG [m]	0 kHz noise [m]	0 kHz noise rezone [m]
0.22	1.5	19	20	17
0.65	2.0	10	15	9.5
2.0	2.5	6	9	5.5
8.5	3.0	4	6	4

- ◆ 算法优化后，噪声对芯位重建影响几乎完全被去除
- ◆ 最优结果好于200ns时间窗口内不加噪声重建结果（深绿色>红色曲线），且与不加分区后50ns时间窗口内不加噪声结果十分接近

优化改进尝试



◆ 9区再重建基础上:

- 循环3次, 每次以上一次的芯位为初始芯位, 在其周围选择60m/75m/100m/150m/200m范围循环重建
- 循环3次, 每次选择上一次芯位为初始芯位, 在其周围选择150m范围重建, 最后以循环得到芯位为初始芯位, 再次选择新的初始芯位周围60m/75m/100m/150m/200m范围循环重建

总结

- ◆ 数据量大、高噪声率是WCDMA面临的巨大挑战
- ◆ 在线快速噪声过滤方法可以有效去除噪声，提高信噪比
- ◆ 经过优化，50kHz真实噪声情况下芯位重建水平与无噪声情况可以持平
- ◆ 进一步工作：基于芯位重建的精确方向重建

谢谢！