



中国科学技术大学
University of Science and Technology of China

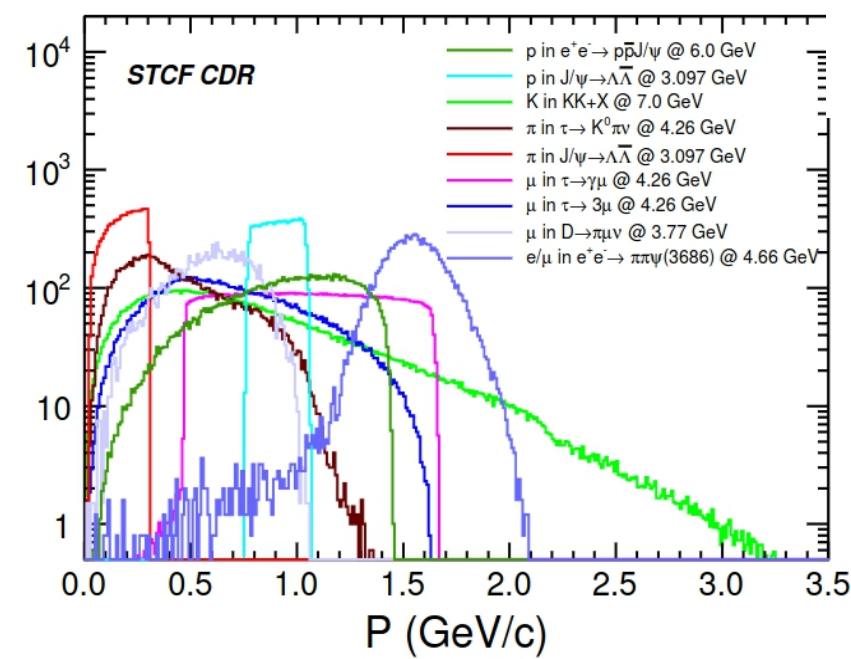
STCF基于霍夫变换的径迹重建

周杭
(代表STCF径迹重建工作组)

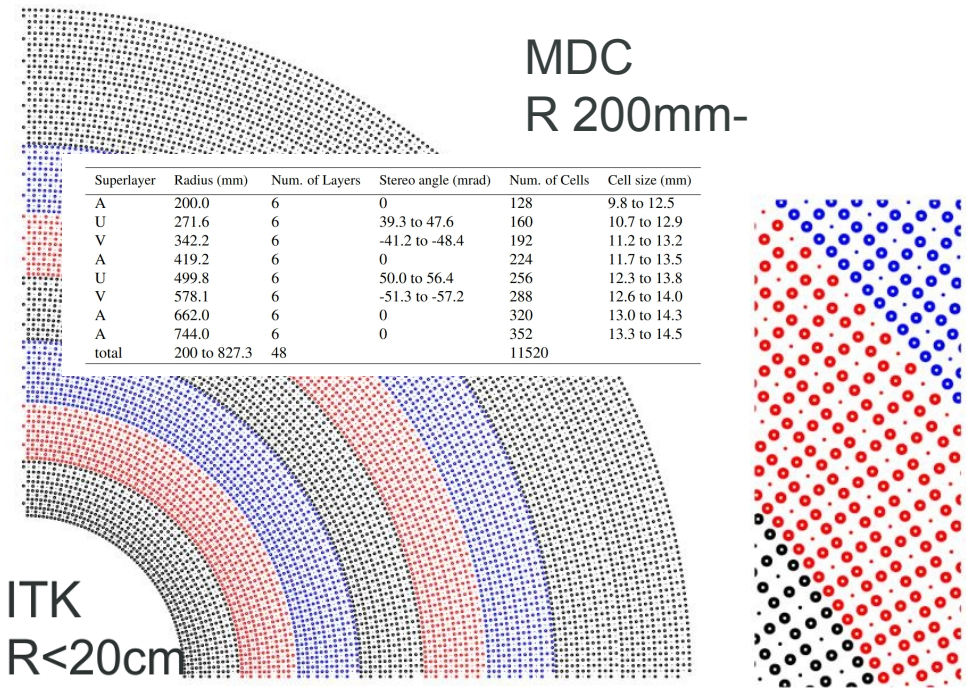
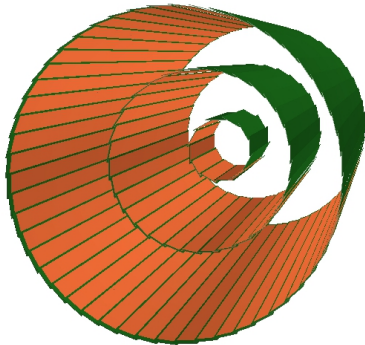
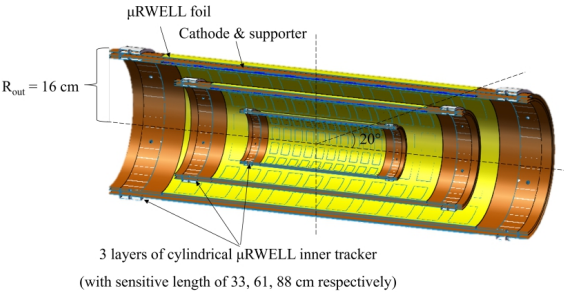
2025.07.03

STCF径迹探测器

STCF末态带电粒子动量分布



● 需要探测的带电粒子动量范围<3.5GeV



- ◆ 三层独立内径迹探测器(ITK)，单层物质质量~0.3%X₀
圆柱形微结构气体探测器(ITKW)
单片式有源像素传感器(MAPS)硅探测器(ITKM)
- ◆ 漂移室(MDC): 48层，4个直丝超层，4个斜丝超层
- ◆ 接收角 θ 20°-160°，1T磁场

基于霍夫变换的寻迹

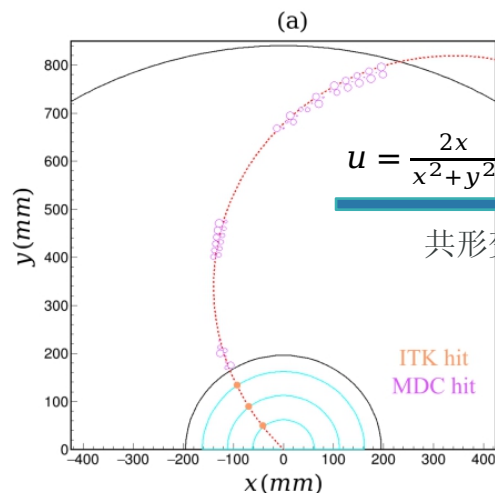
二维寻迹

共形变换

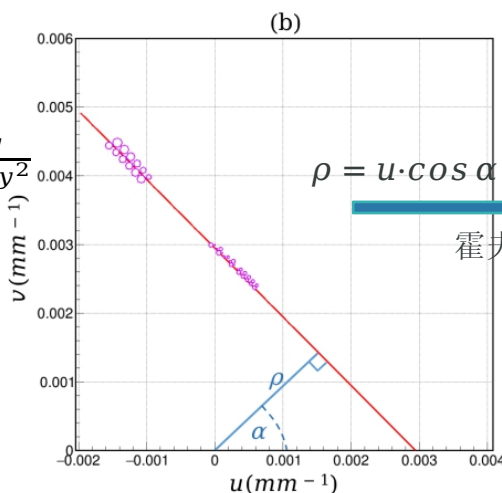
霍夫变换1

直方图填充
寻找局部峰值

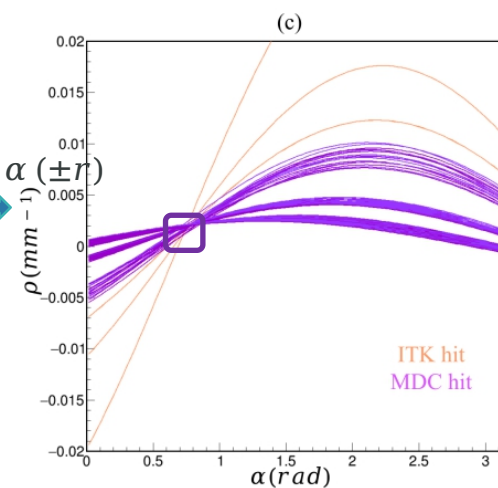
径迹圆拟合
候选击中挑选



共形变换



霍夫变换



寻找局部极值

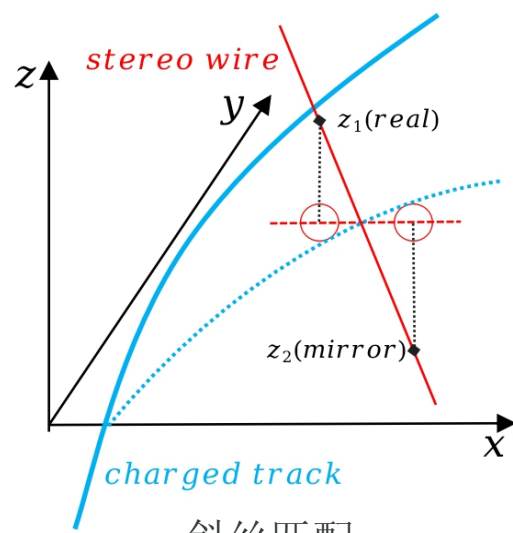
三维寻迹

斜丝匹配

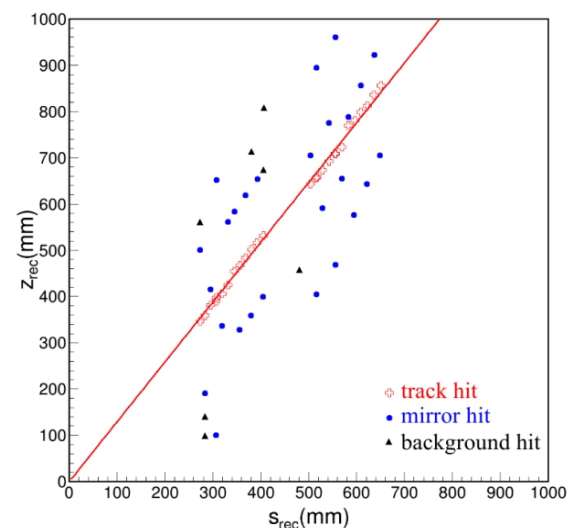
霍夫变换2

S-Z 寻迹

螺旋线拟合

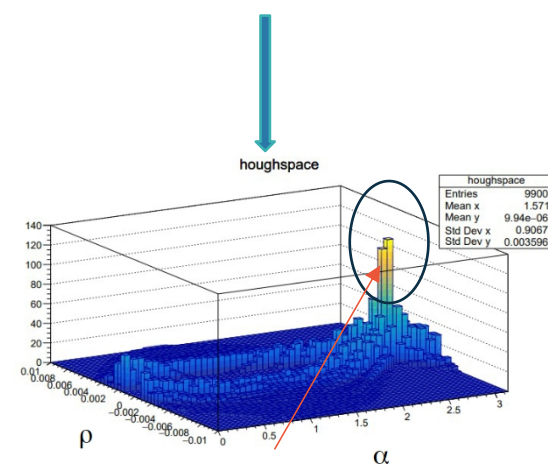


斜丝匹配



S-Z平面寻迹

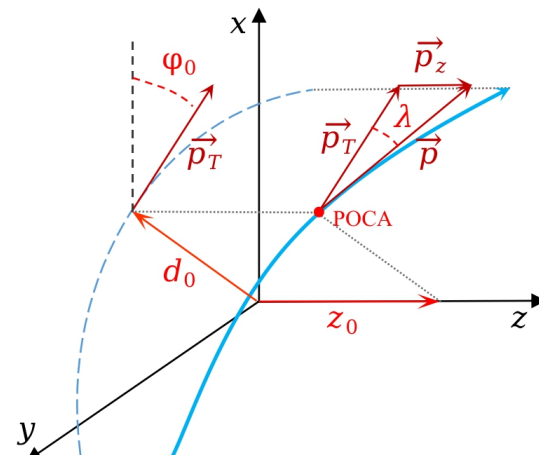
卡尔曼拟合



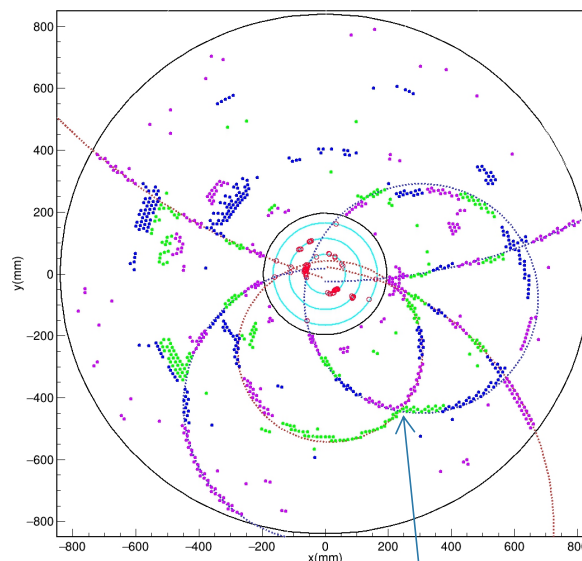
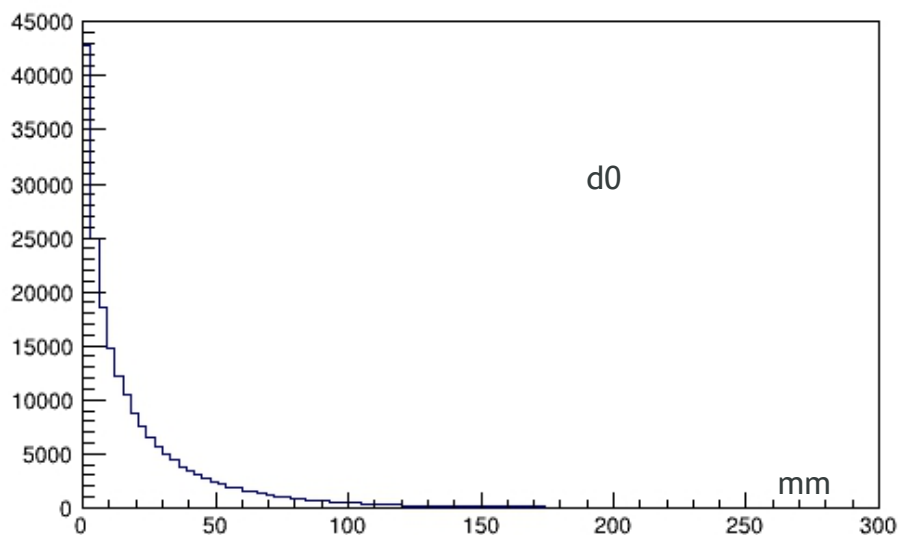
圆径迹候选

算法对长寿命粒子重建的不足

- ◆ 为了降低复杂度，使用了共形变换：过坐标原点（对撞点）的圆径迹→直线径迹
 - ◇ 长寿命粒子衰变产生的末态粒子可能在离原点很远的地方产生
 - ◇ 但如果将径迹内推后距离原点很近（ d_0 很小），仍然可以认径迹从原点附近产生
 - ◇ d_0 较大且横动量相对较小的径迹，共形变换后偏离直线，寻迹效率较低

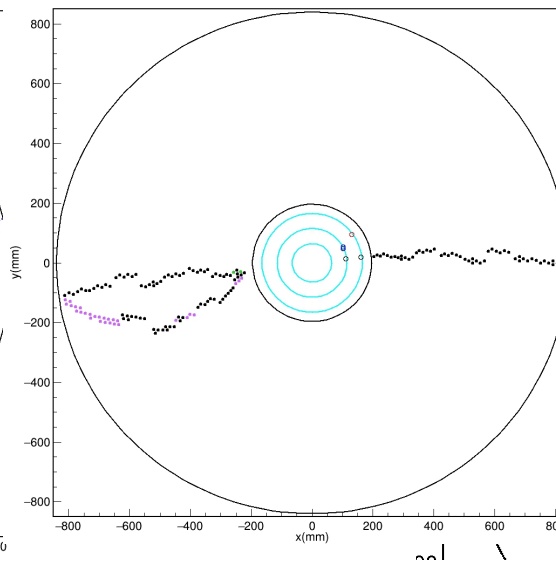


$J/\psi \rightarrow \Xi^- \bar{\Xi}^+ \rightarrow \Lambda \pi^- \bar{\Lambda} \pi^+ \rightarrow p \pi^- \pi^- \bar{p} \pi^+ \pi^+$ 中的 π



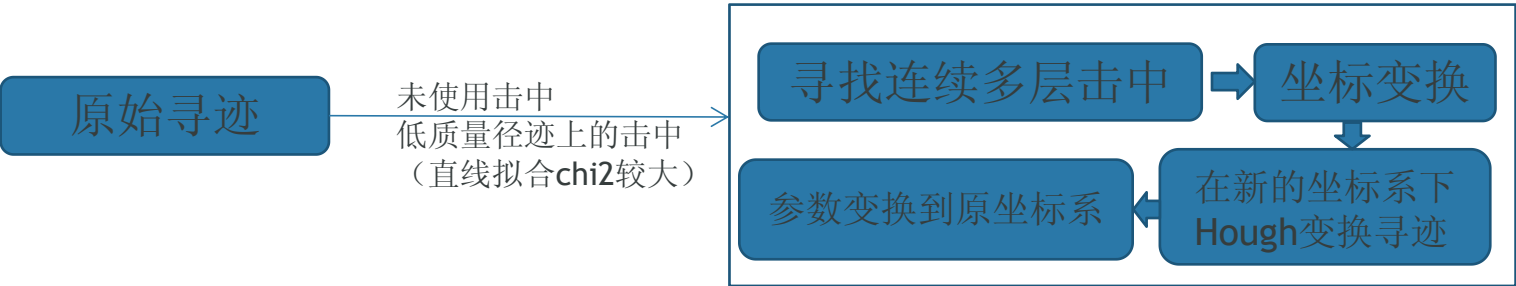
偏离原点

HitSecMap_Run0_Eve4

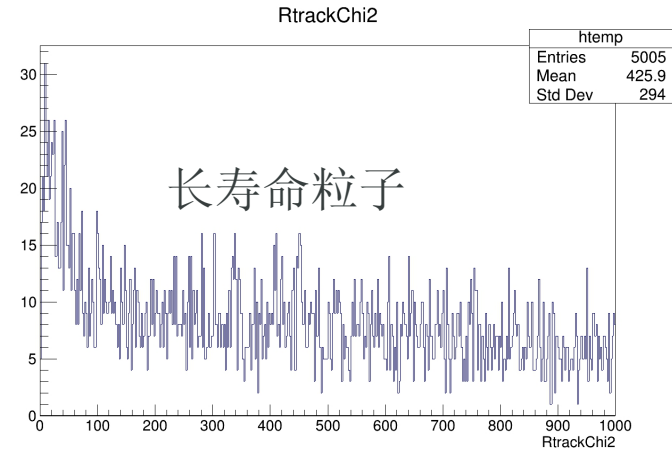
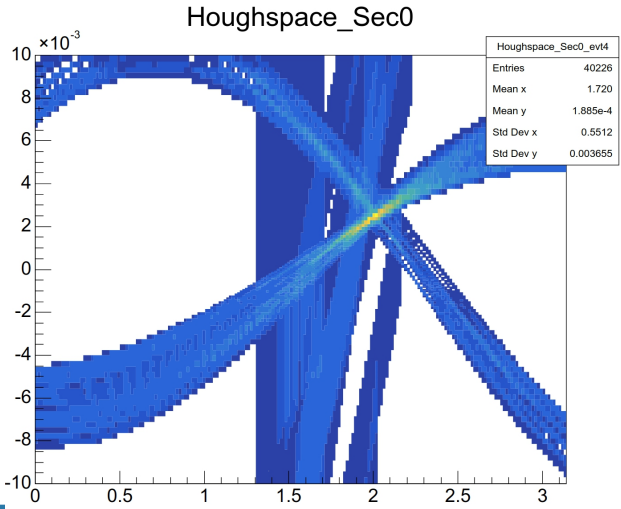
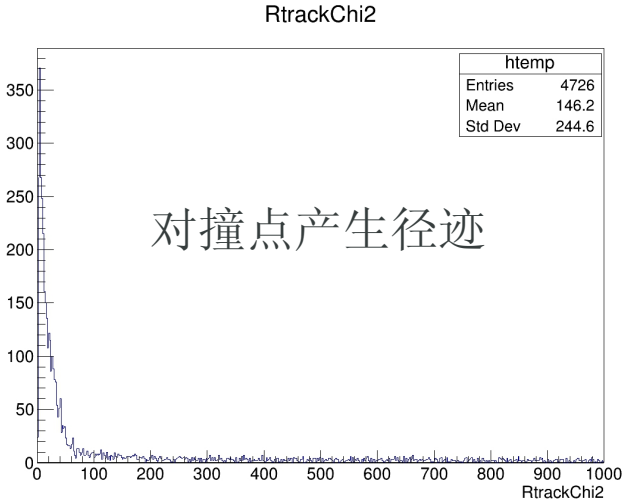


无法重建成一条良好径迹

针对长寿命粒子重建的优化



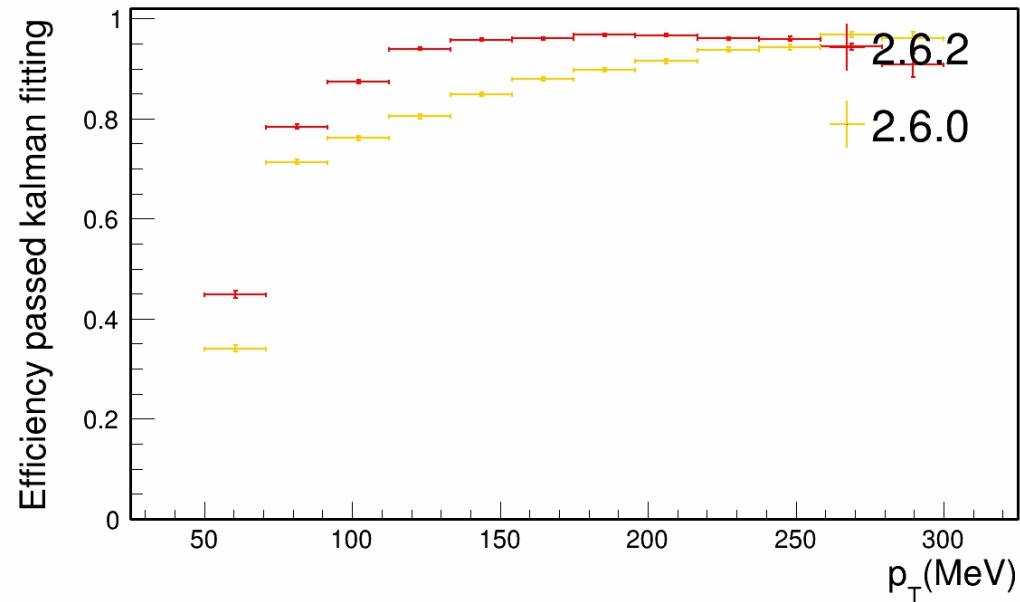
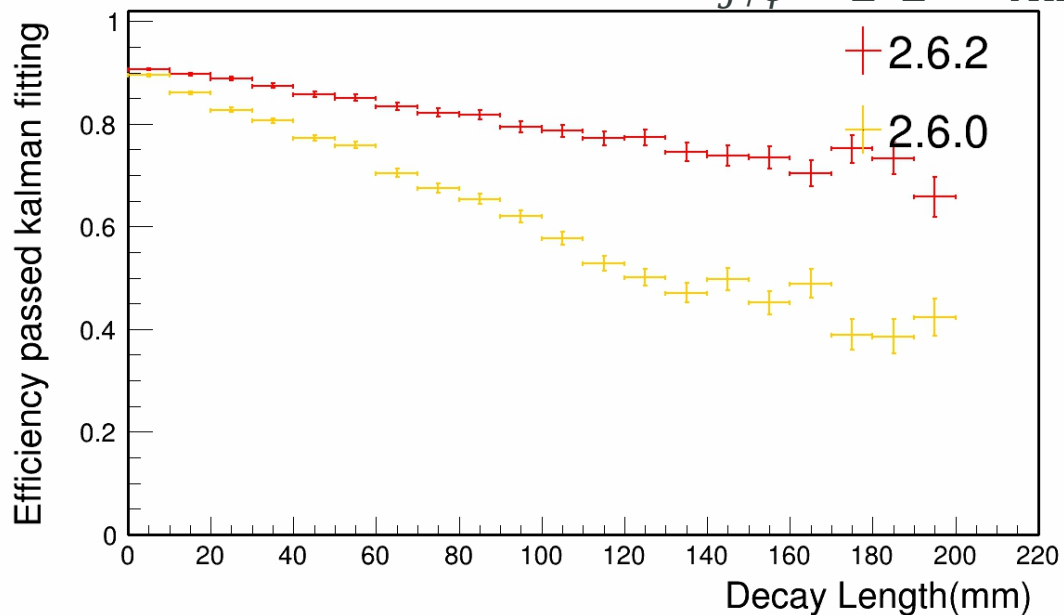
- ◆ 在第一次二维寻迹结束后进行二次打捞，拟合 χ^2 过大的候选径迹上的击中会被再次使用
- ◆ 使用超层内连续径迹段作为种子，坐标变换后新的原点一定张角内的击中用于构建霍夫map
- ◆ 此时存在原点附近的击中，坐标变换后会发散到无穷远处，需要添加较大的误差范围
- ◆ 一个种子应该只对应一条径迹，但多条径迹离得太近仍可能存在好的径迹候选，因此在第四和第七直丝超层进行两次种子寻找
- ◆ 后续步骤与原有算法完全一致



在共形平面直线拟合的 χ^2

寻迹效率

$J/\psi \rightarrow \Xi^- \bar{\Xi}^+ \rightarrow \Lambda \pi^- \bar{\Lambda} \pi^+ \rightarrow p \pi^- \pi^- \bar{p} \pi^+ \pi^+$ 中的 π

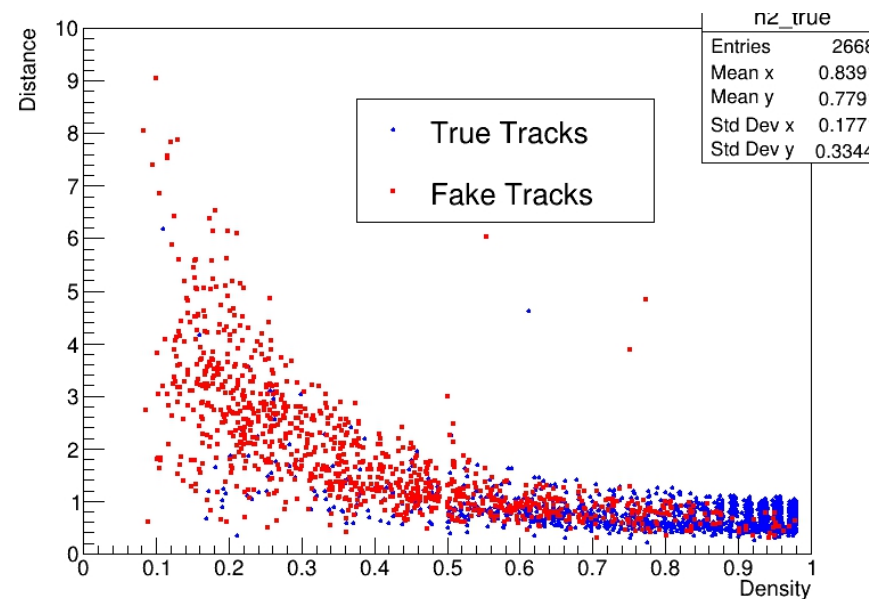
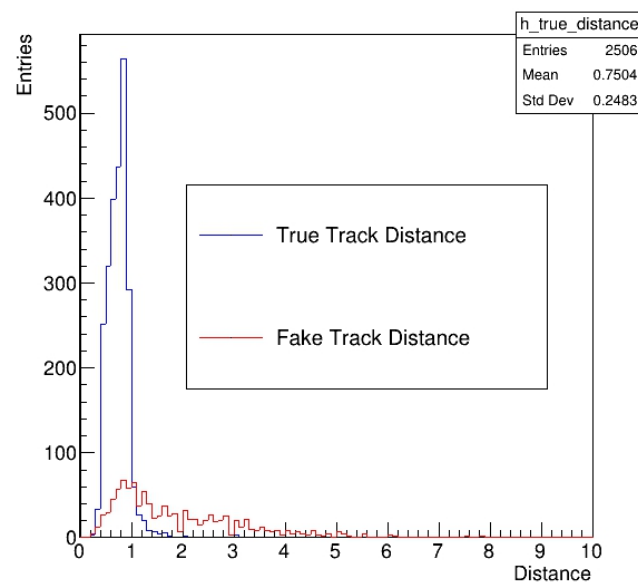
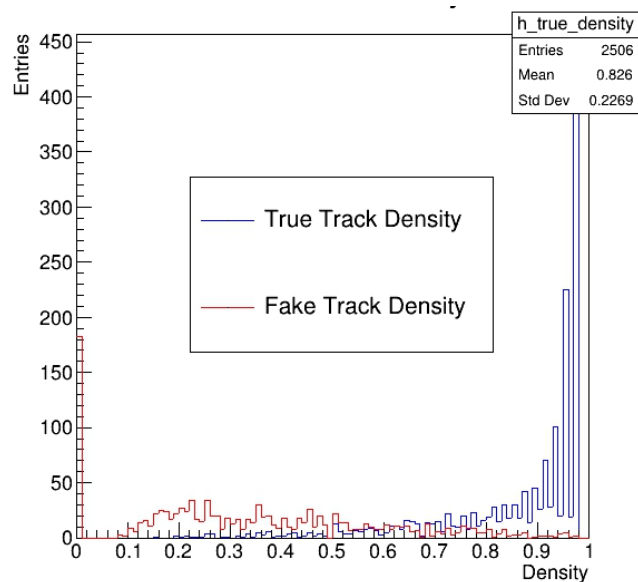


ITKM + MDC, W/O bkg	OSCAR 2.6.0		OSCAR 2.6.2	
	Eff. (%)	Ref. Eff.(%)	Eff. (%)	Ref. Eff.(%)
Charged tracks	21.1		53.2	
Λ 、 Ξ^- reconstruction	18.2	86.4	42.6	80.1
$\bar{\Lambda}$ 、 $\bar{\Xi}^+$ reconstruction	15.6	85.3	34.4	80.7
4C kinematic fit	11.8	76.1	22.2	64.6

事例级别的重建效率大幅提高

假径迹去除

- ◆ 基于霍夫变换的算法是一种全局算法，只要求径迹有很低限度的击中数 (>5)
 - 容易出现（尤其是束流本底水平较高时）来自多条不同径迹或者本底的击中误组合成径迹的情况
 - 增加远离对撞点径迹打捞算法后假径迹数进一步增加
 - 绝大部分假径迹包含的击中不连续或缺失某些超层的击中
- ◆ 径迹击中密度：包含的击中层数占通过重建参数计算应该穿过层数的比例
- 径迹击中平均距离：相邻击中之间间隔的单元数的平均值
- ◆ 对正确径迹和假的径迹有较好的区分度，更进一步的识别需要依赖于具体研究物理过程的需求



- ◆ 新增了对远离原点径迹重建的优化，显著提升了长寿命粒子重建效果
- ◆ 在OSCAR 2.6.2下，默认内径迹探测器由ITKW切换到ITKM，径迹重建算法仍然工作良好



BACK UP