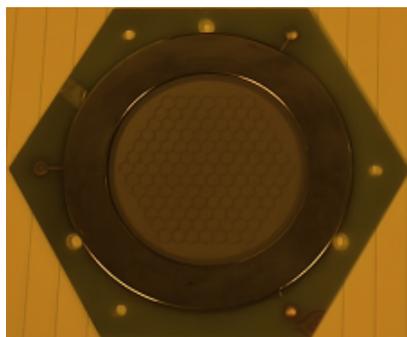


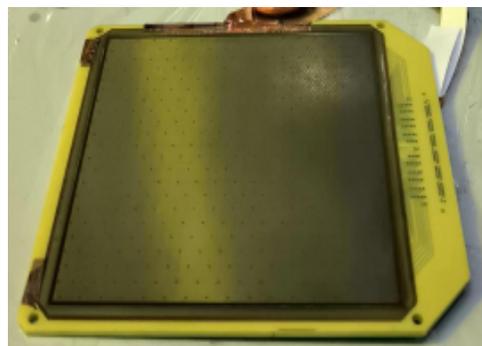
# 基于悬浮工艺微网探测器的时间投影室的研制与测试

庄晓、靳尚泰、陈雷、卢志永、孙鹏飞、宋金兴、  
李沛玉、胡守扬、李笑梅

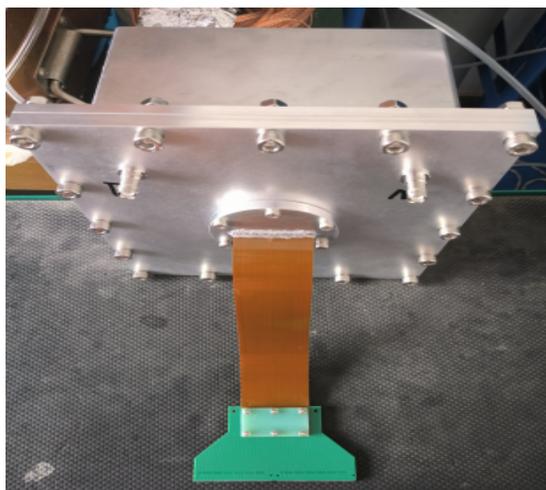
中国原子能科学研究院核数据重点实验室  
中高能物理与先进气体探测器研究团队  
2024年7月16日



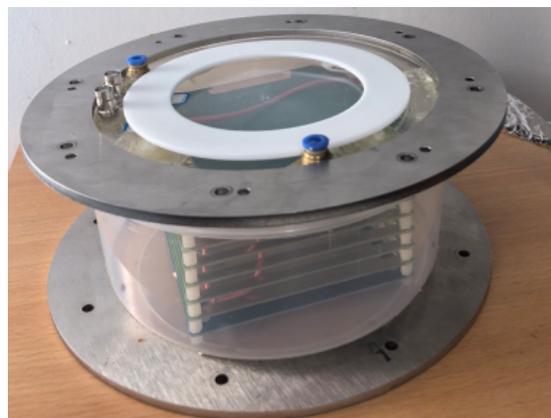
悬浮工艺微网探测器



光刻一体化微网探测器



基于悬浮工艺微网探测器的  
时间投影室



基于光刻一体化微网探测器的  
紧凑型轻量化时间投影室

✓ CIAE核数据重点实验室开发了光刻一体化和悬浮工艺的微网探测器

✓ 研制了基于悬浮工艺微网探测器的时间投影室

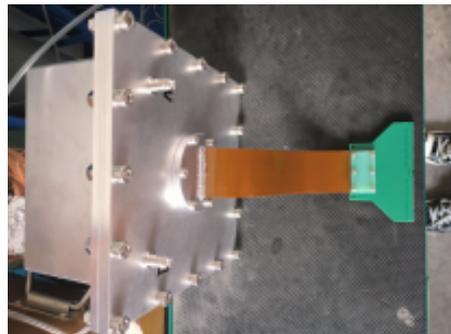
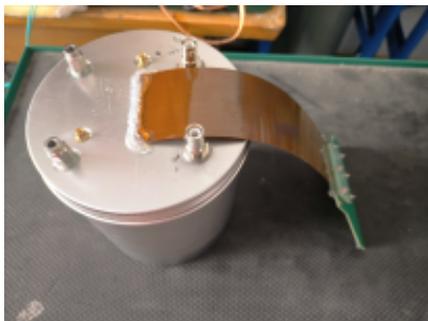
✓ 研制了基于光刻一体化微网探测器的紧凑型轻量化时间投影室

# 目录

## CONTENT

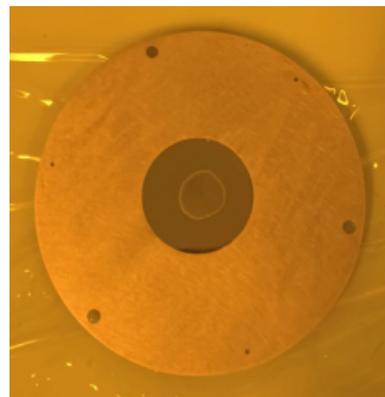
- 基于悬浮工艺微网探测器的时间投影室
  - 时间投影室整体结构
  - 电子学和数据采集系统
  - Cf-252测试实验的实验条件
  - 数据处理
  - 实验结果
- 紧凑型轻量化时间投影室
- 总结与展望

- 两个版本的腔室：轻便型和更优气密型

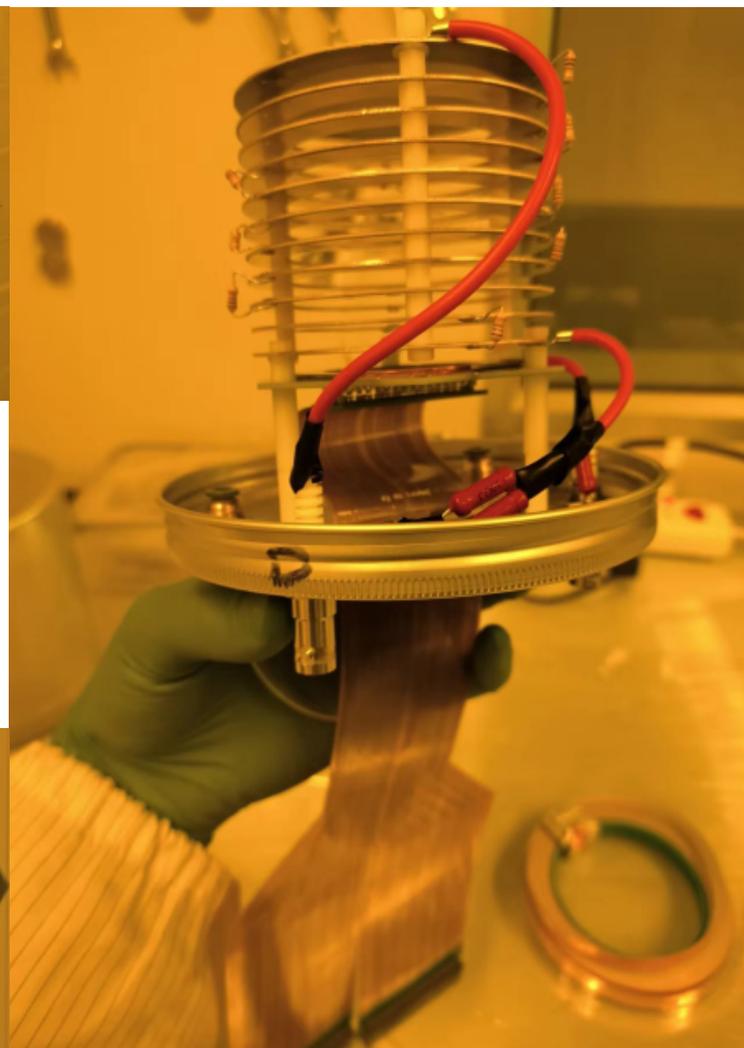
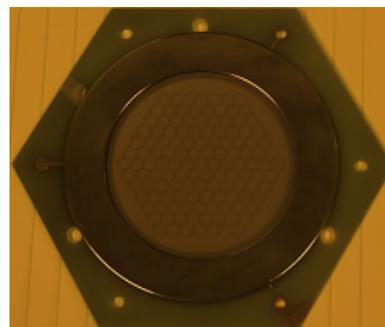


**轻便型：**简单调试使用，优点是使用螺纹和垫圈密封，便于拆装

**更优气密型：**最终实验使用，优点是遵循真空密封设计原则进行设计，气密性良好



10层1mm厚场笼环，1GΩ分压电阻，1mm厚铜阴极，内嵌Cf-252放射源



核心读出探测器采用悬浮丝工艺



分立元件快电子学@USTC

**主要参数：**  
**采样频率：40MHz**  
**采样点个数：1024**  
**输入动态范围：3pC**

TPC\_Analysis

符合通道数: 1  
触发延迟时间: 400  
Cancel OK

TPC\_Analysis

FE\_ID: FE\_ID  
Channel: Channel  
Threshold: Threshold  
Config All  
Cancel OK

设置 生成配置文件 配置

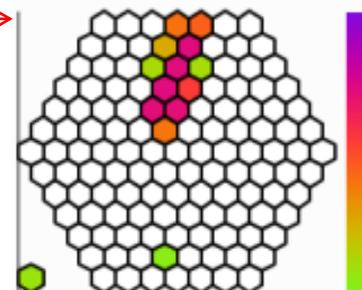
Graph: Current Event ID: 22 Channel ID: 253  CERN ROOT  OnlineProcess  OnlineDraw

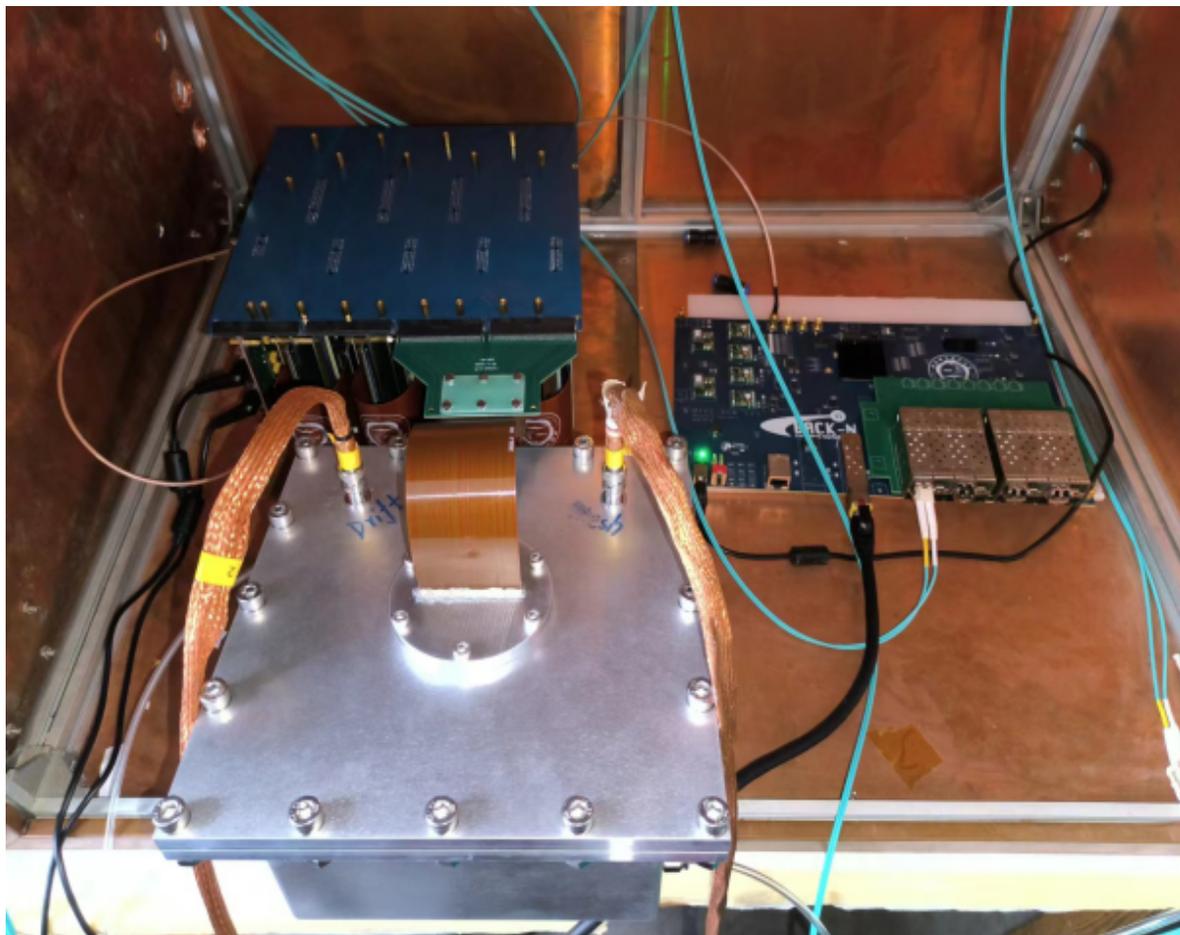
Curve Pad

Receive Filename:   
File size: 1 MB  
File number: 1  
Power On Times: First Time  
Trigger Mod: Self Trigger  
 Receive File ? Start  
 Using TCM ? TcpStop

Message:  
31000 的事件... ..  
2024-07-04 14:41:08: 正在处理Event\_ID为:  
32000 的事件... ..  
2024-07-04 15:43:54: 正在处理Event\_ID为:  
0 的事件... ..

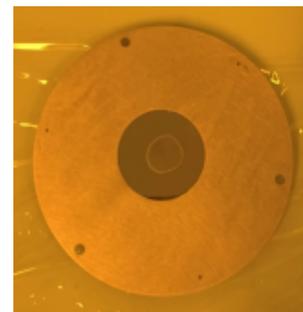
Config Filename: ... Add Config File  
Continue  
Pause  
Stop  
Sleep Second: 1.00  
Data Filename: 240613022654.dat ... DataProcess





实验装置连接图

工作气体：使用7%CO<sub>2</sub>+93%Ar，流气模式，1atm  
高 压：使用CAEN1471高压电源为场笼和探测器加压  
探 测 器：雪崩区厚度130um  
<sup>252</sup>Cf 源：放置在阴极正中心，经计算α粒子发射率为  
913.677cps，裂变碎片发射率为56.44cps



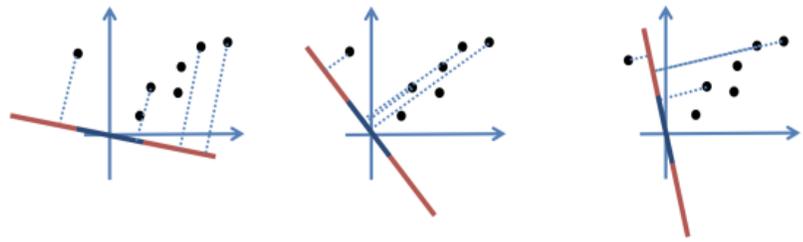
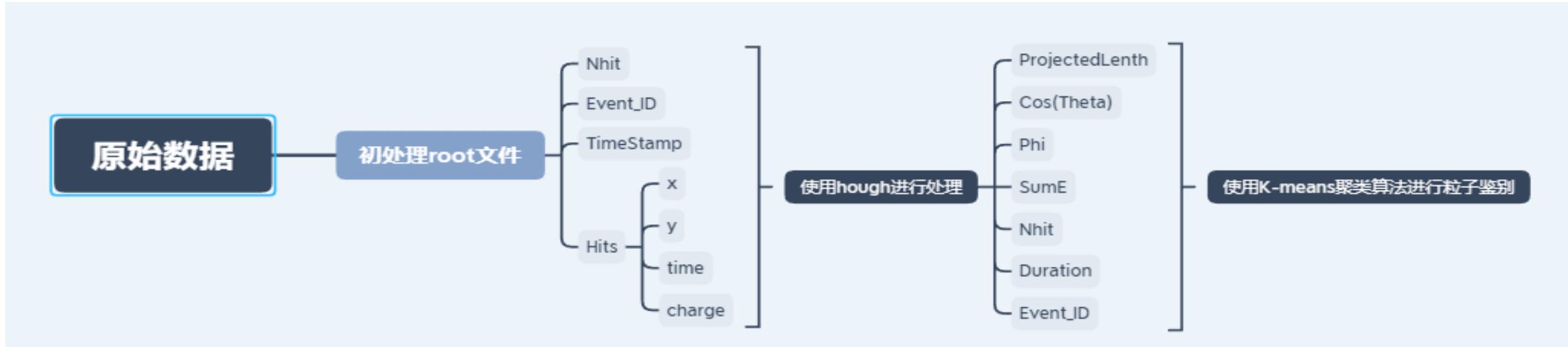
Cf-252放置方式



实验用高压电源



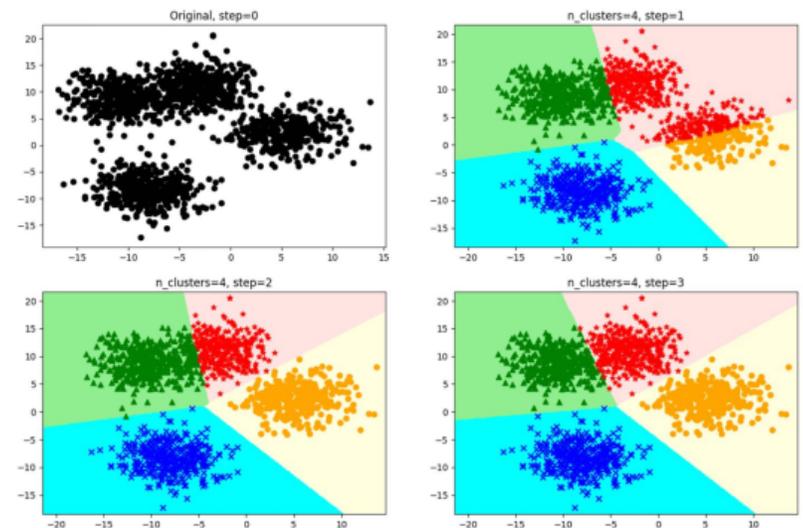
实验所用气体



+1	4	0	0
0	2	6	3
-1	1	1	4
	10°	45°	80°

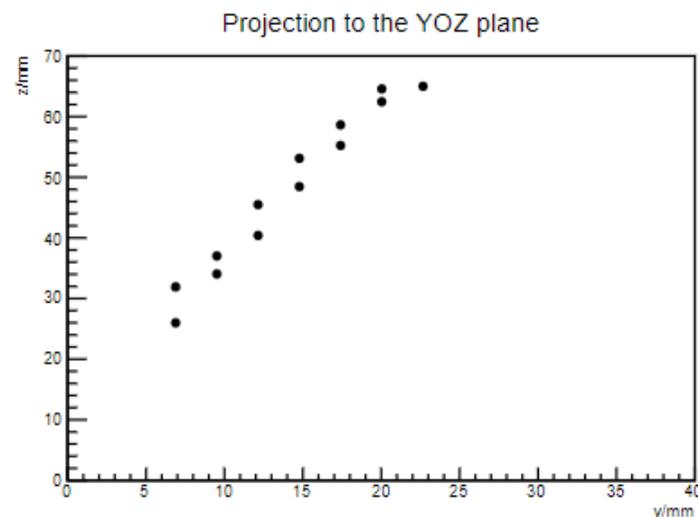
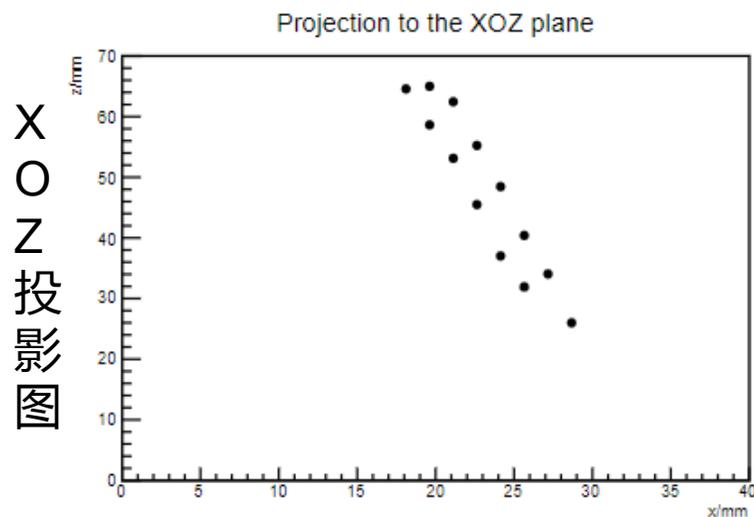
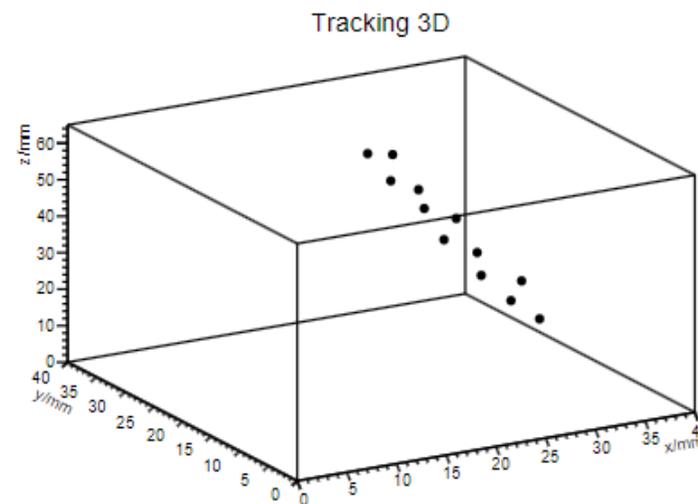
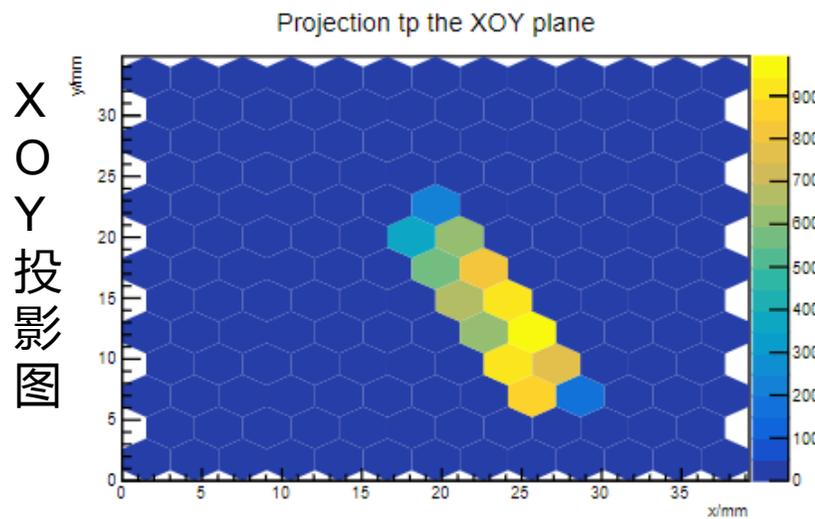
$\theta$

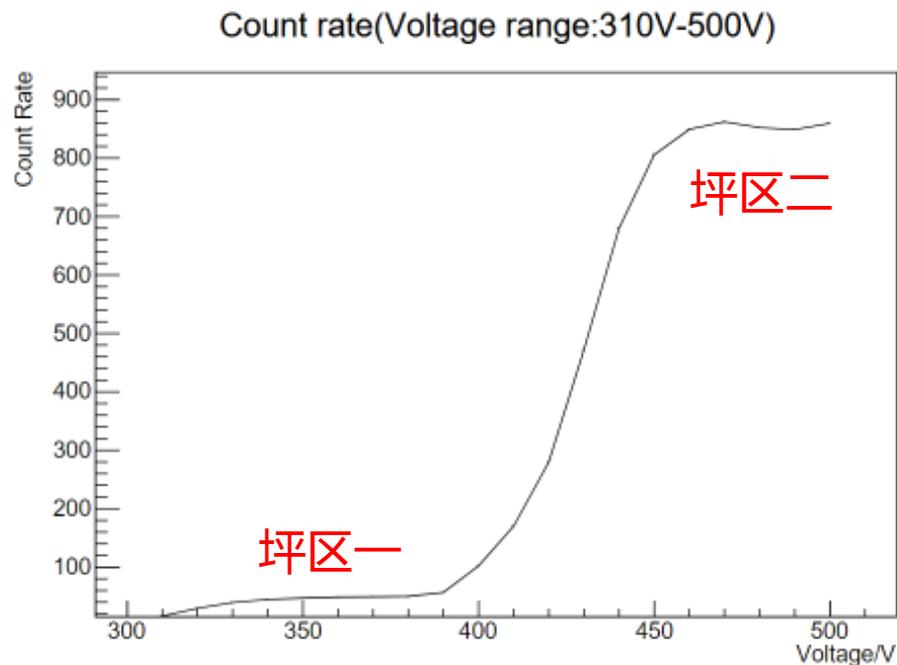
利用Hough变换进行径迹查找



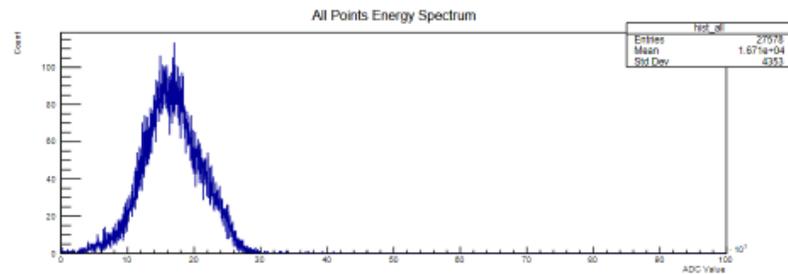
利用K-means聚类算法进行粒子鉴别

- A. X\Y\Z长度单位：  
mm
- B. XOY投影使用  
TH2Poly绘制，  
分bin与实际尺  
寸相等，色块  
颜色代表沉积  
能量，以ADC  
值表示
- C. 可以较为清晰  
的观察出出射  
粒子径迹

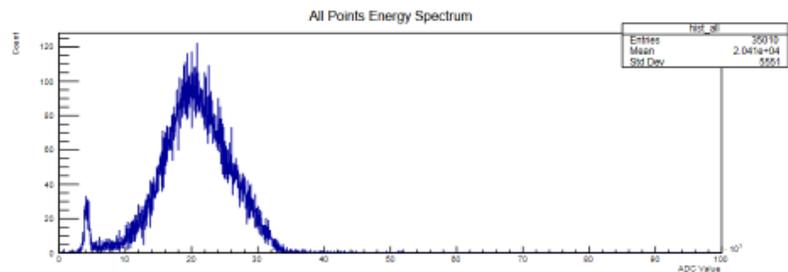




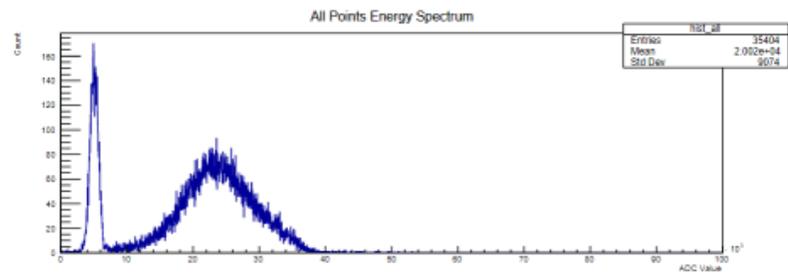
370V



380V



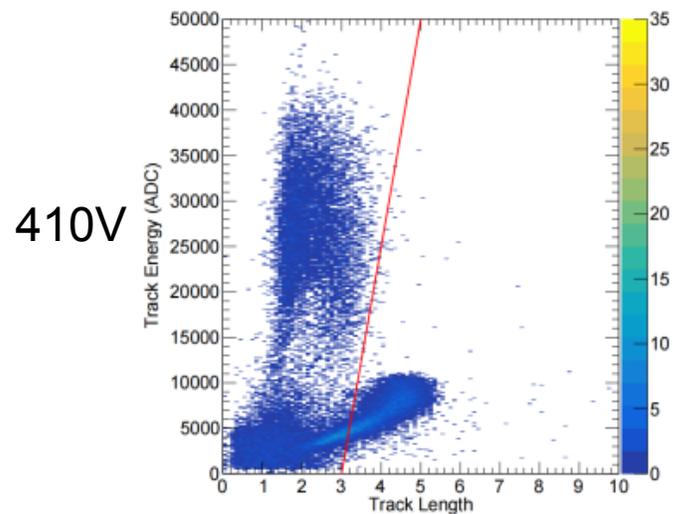
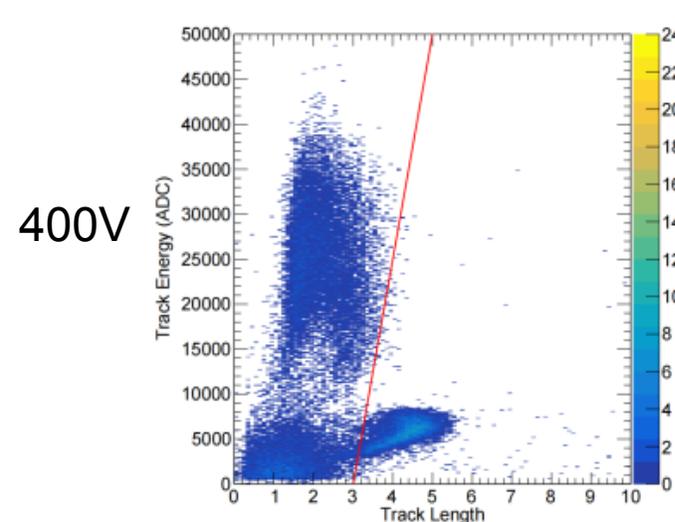
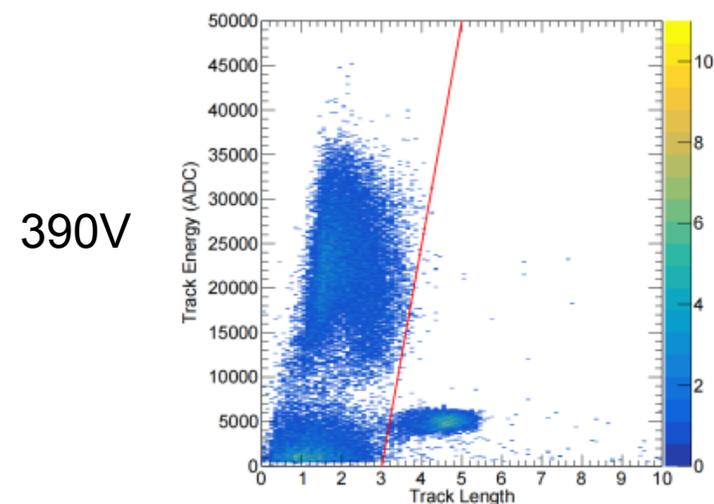
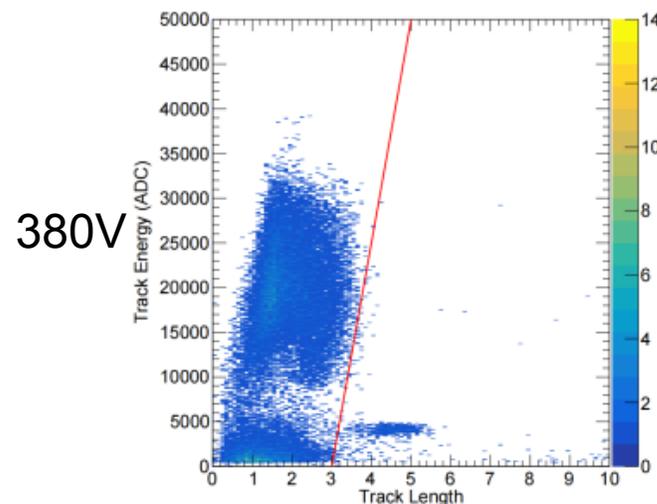
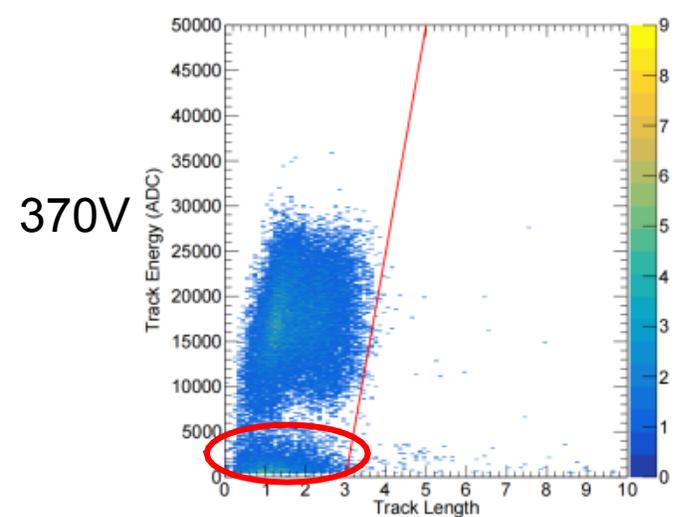
390V



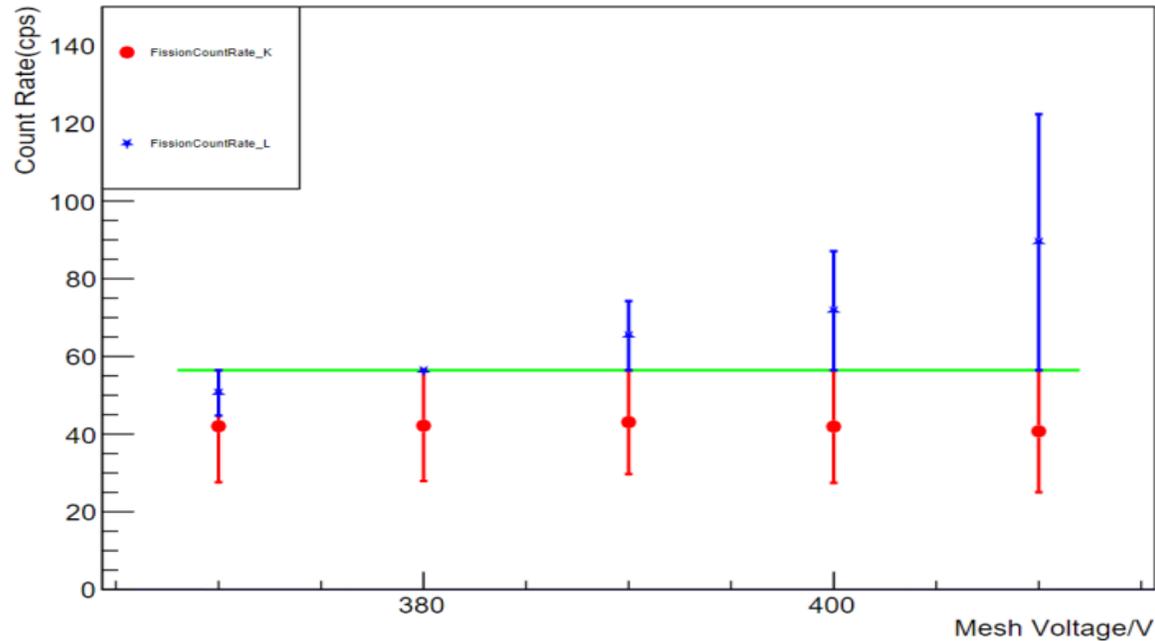
计数率随Mesh电压的变化曲线  
(7%CO<sub>2</sub>+93%Ar工作气体下)

- A. 坪区一：350-370V，对**裂变碎片**探测效率**接近**上限
- B. 坪区二：450-500V，对**α粒子**探测效率**达到**上限

选取第一个坪区尾部的几个电压点，查看能谱图



- A. 电压范围370V-410V
- B. 横轴：径迹长度，单位cm
- C. 纵轴：能量，以ADC值表示
- D. 红线：线性鉴别的直线
- E. 低电压下，在低能短径迹区域数量较多，与能谱不符



**A. 线性鉴别方法在低电压时偏差较小**

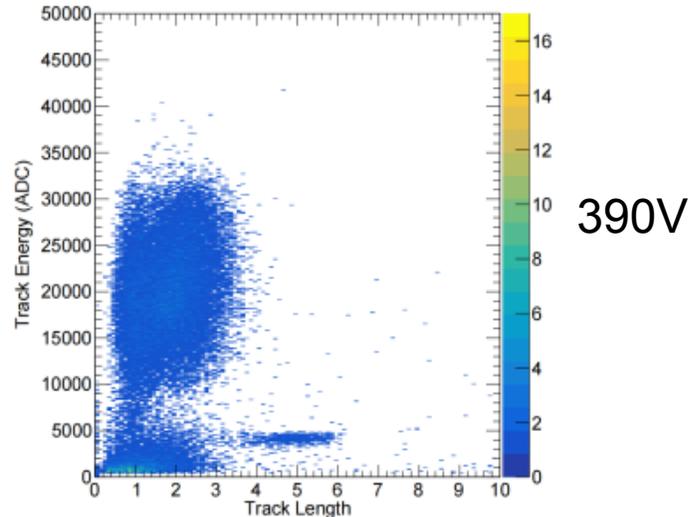
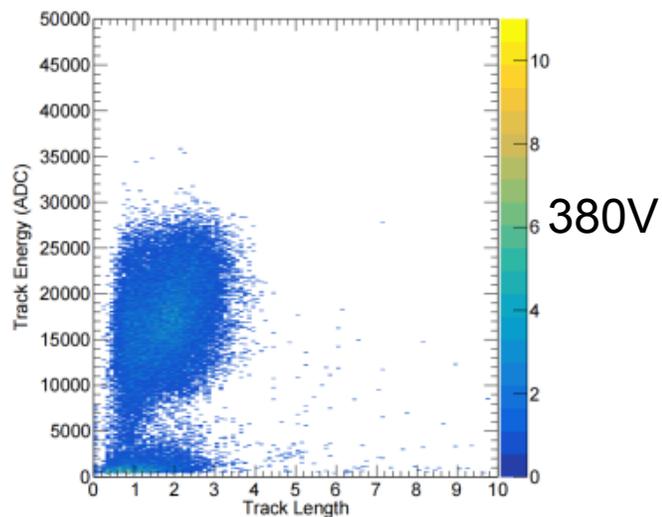
**B. 线性鉴别在高电压时，偏差变大，是由于未进行动态调整**

**C. 聚类算法鉴别整体偏差相对均匀，但偏差较大**

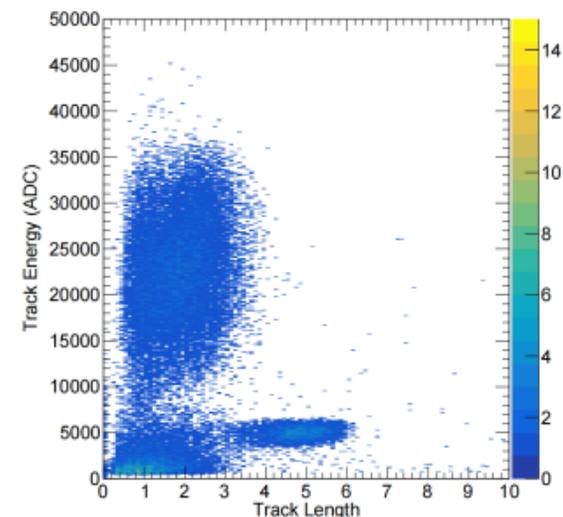
活度计算公式  $A = A_0 \times e^{-\lambda t}$

计算获得的裂变碎片发射率为：56.44cps

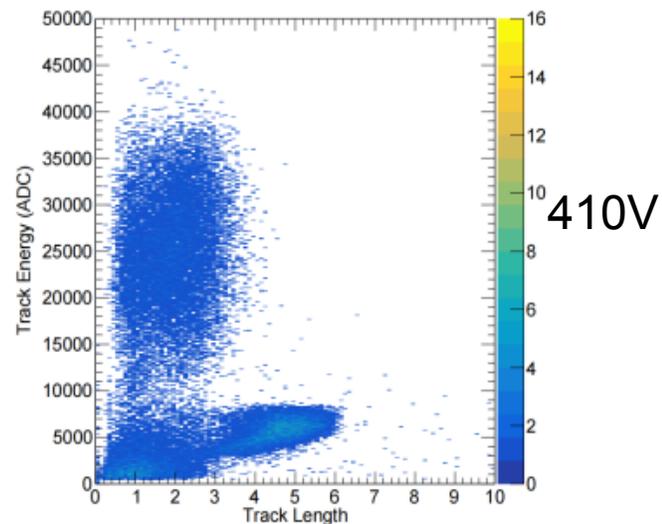
370V



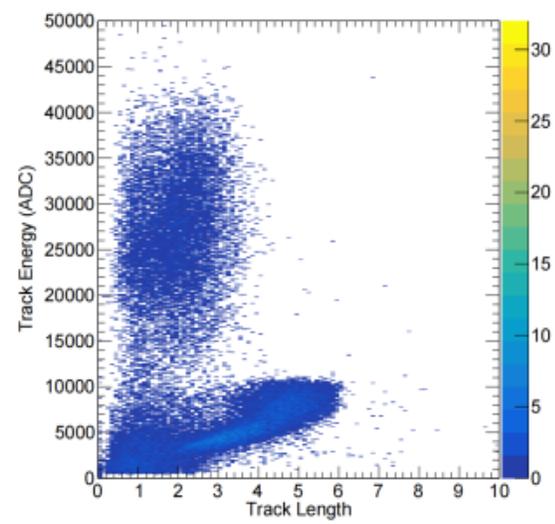
390V



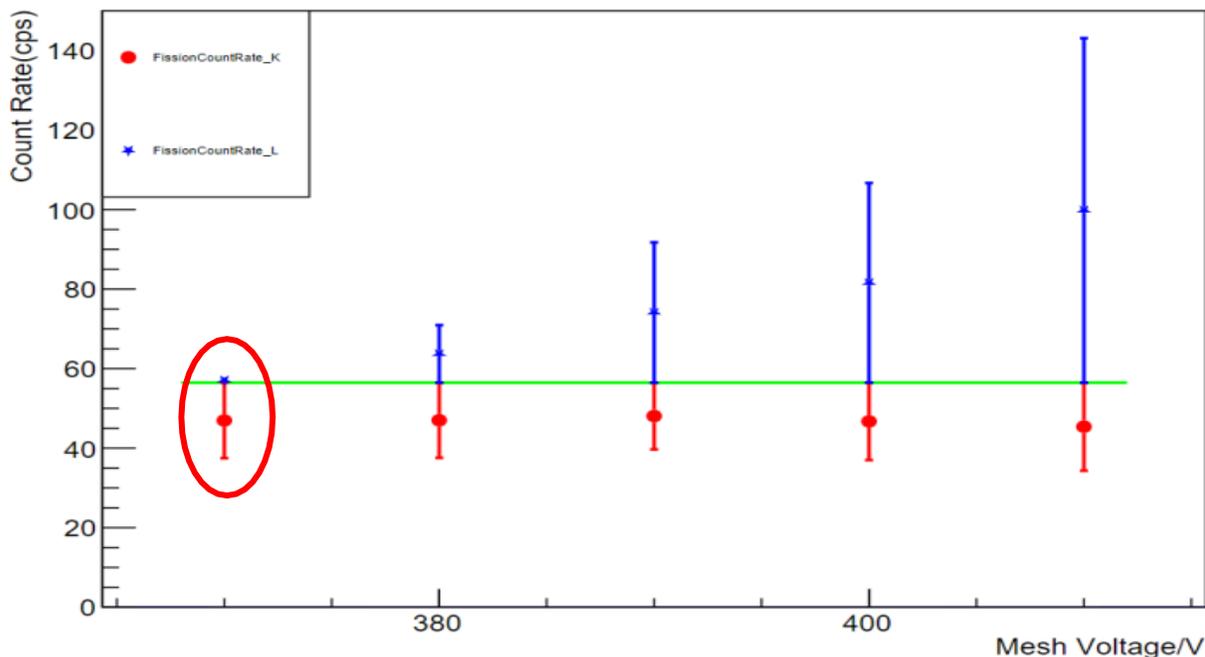
400V



410V



- A. 使用波形中第一个过阈值的采样点的时刻作为该波形的到达时刻
- B. 裂变碎片相对峰值定时更加集中
- C. 低能短径迹区域径迹数量较多的问题没有得到有效的解决



- A. 聚类算法的相对偏差降低约10%
- B. 370V时，线性鉴别得到的裂变计数率高于其事件率

计算获得的裂变碎片发射率为：56.44cps

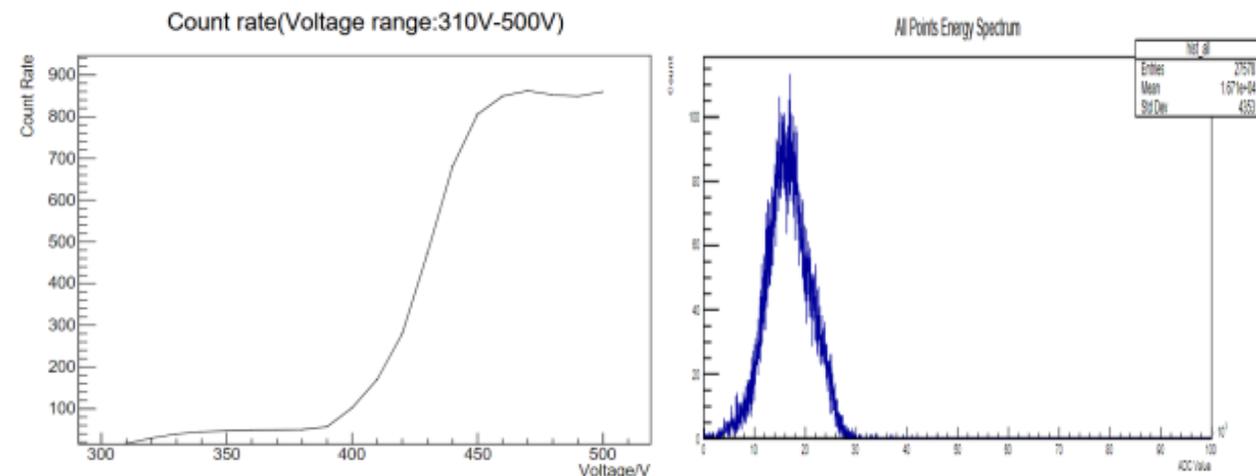
Mesh电压/V

线性鉴别得到的裂变碎片发射率/cps

370

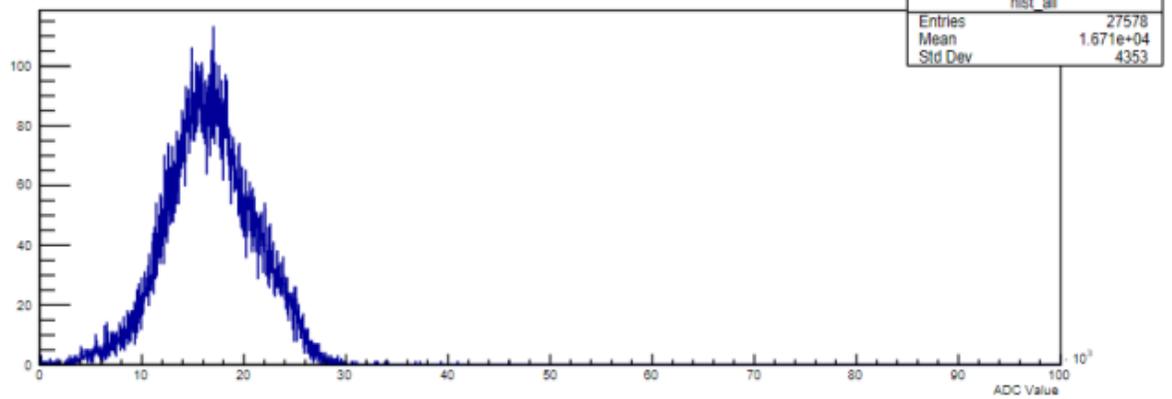
57.041

370V电压下的事件率为50.111cps



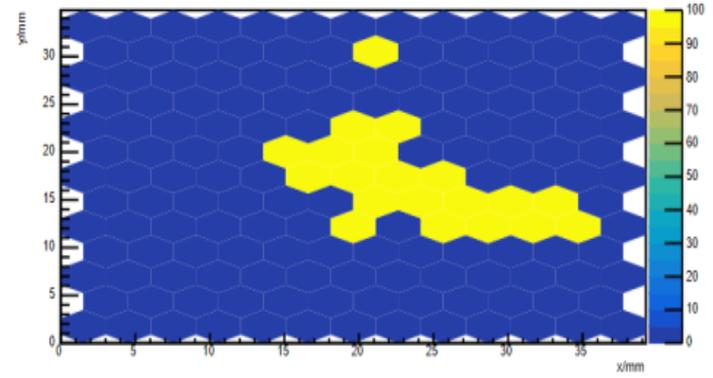
事件能谱

All Points Energy Spectrum



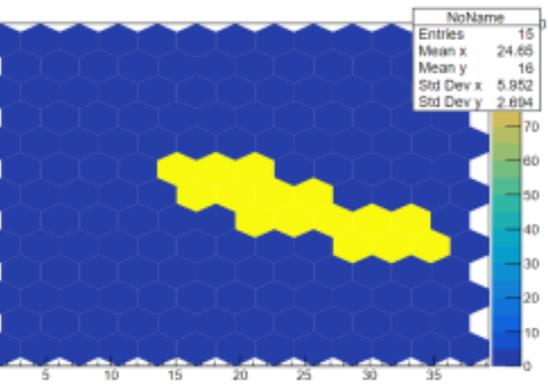
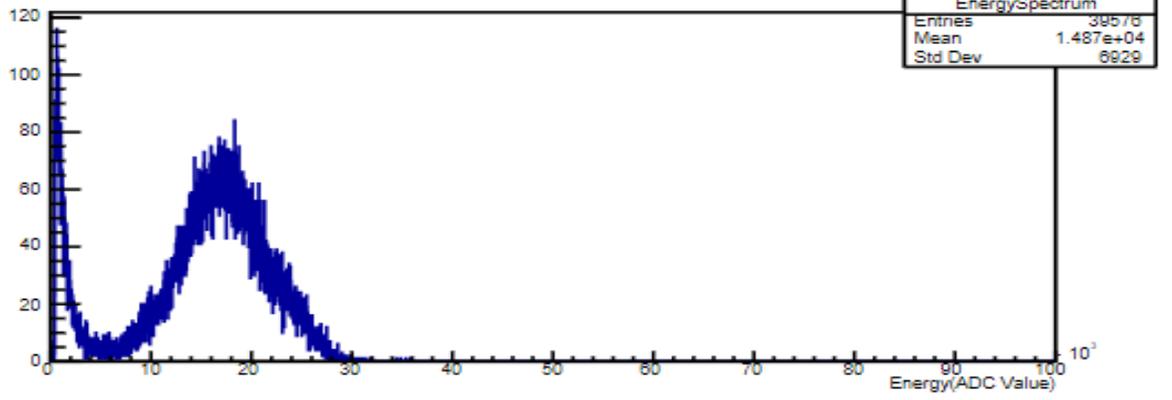
事件击中单元

Projection tp the XOY plane

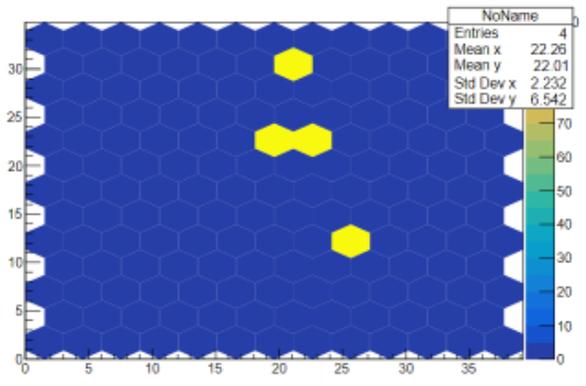


径迹能谱

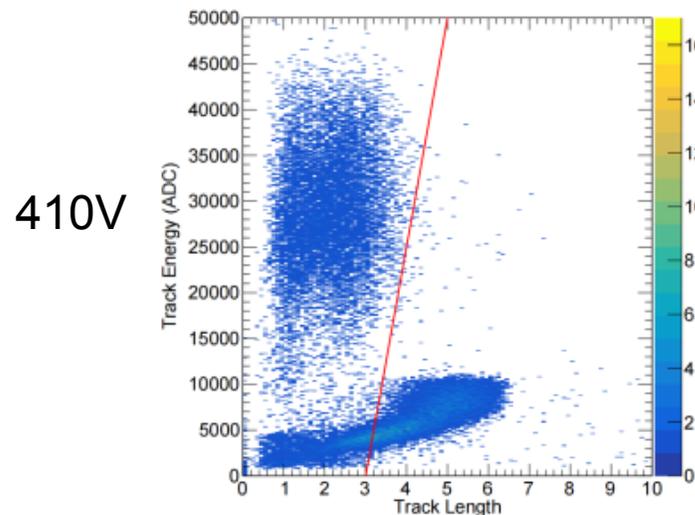
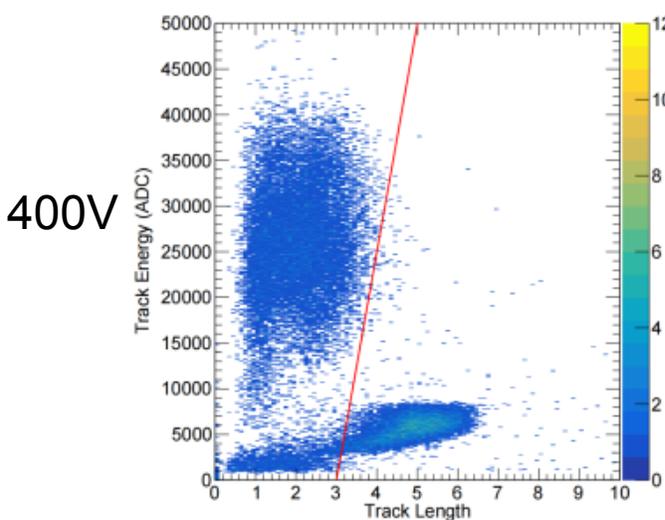
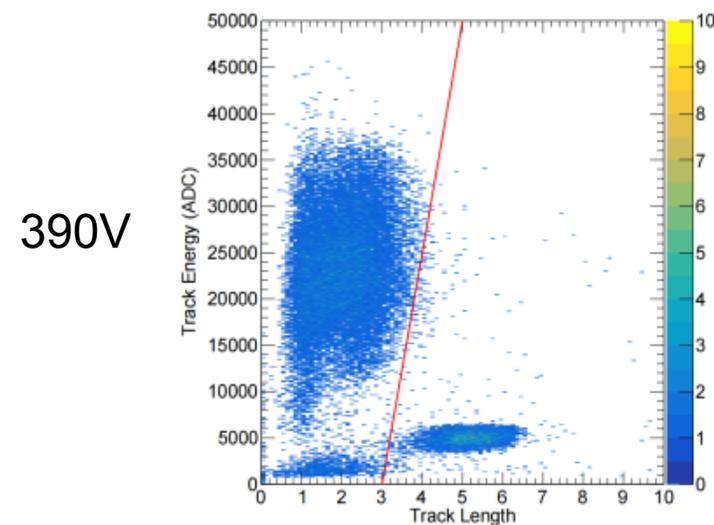
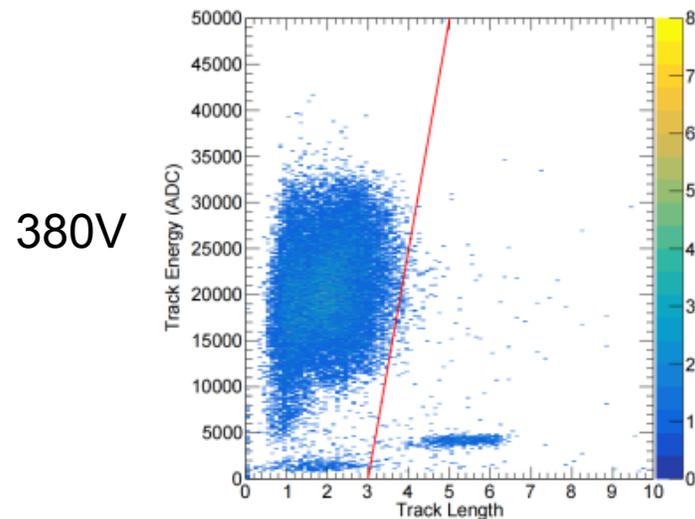
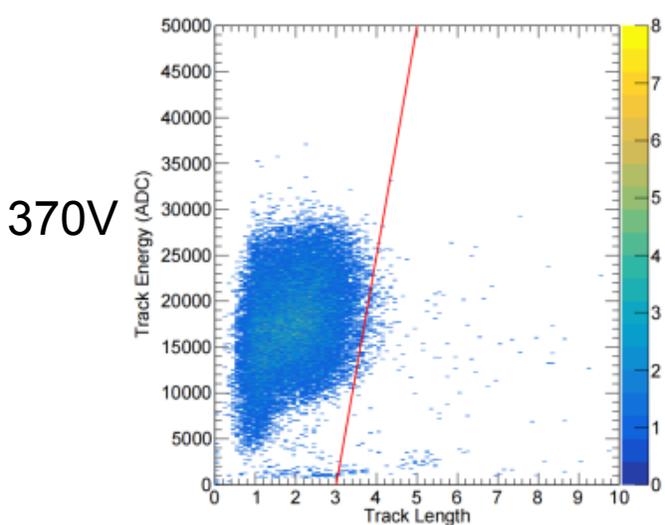
EnergySpectrum



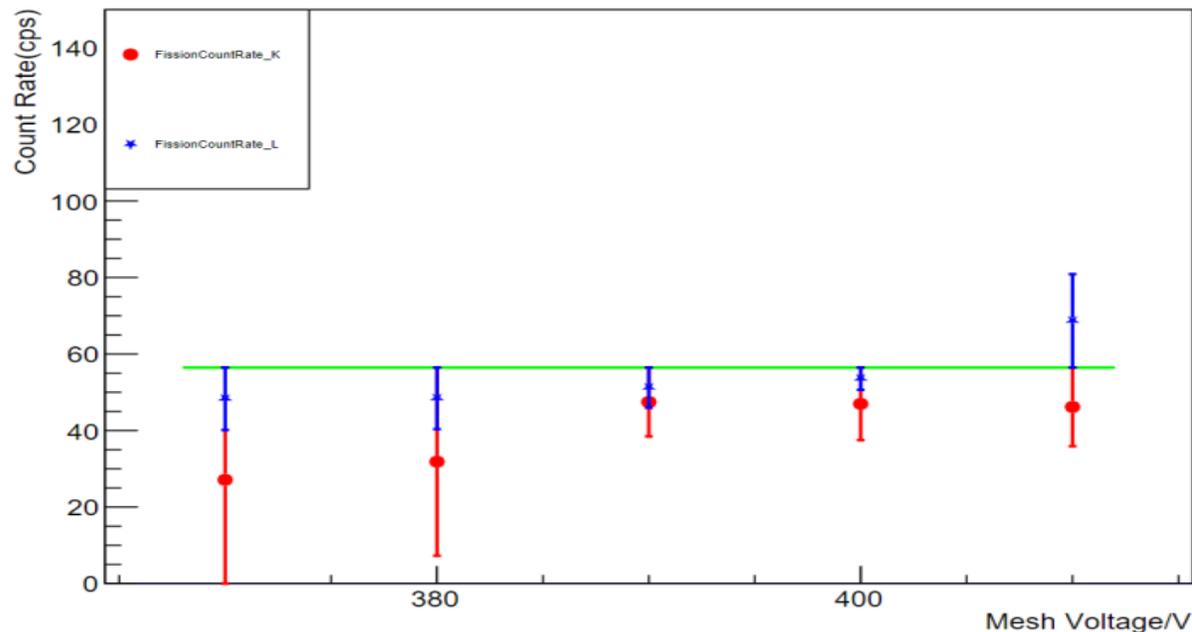
hough查得的径迹一



hough查得的径迹二



- A. 参数修正后，低能短径迹区域径迹数量较多的问题得到有效解决
- B. 裂变碎片与 $\alpha$ 区分度更高



A. 调整参数后，线性鉴别方法的相对偏差明显降低，在400V时候接近参考值

B. 低电压下对低能裂变碎片探测效率不足

C. 400V以后继续升高电压，低能裂变碎片与 $\alpha$ 重合较多，线性鉴别难以区分

使用聚类方法在低电压下相对偏差远高于未调整径迹查找算法参数前

Mesh电压/V	线性鉴别/cps	相对偏差	聚类算法鉴别/cps	相对偏差
400	53.538	5.142%	46.961	16.795%

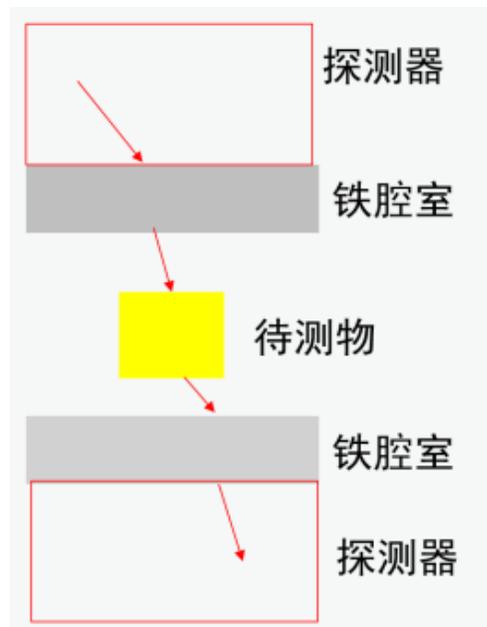
# 目录

## CONTENT

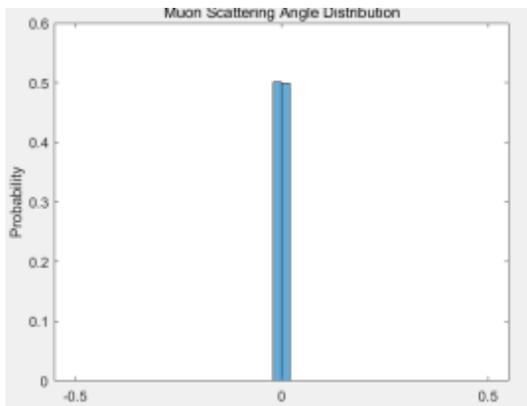
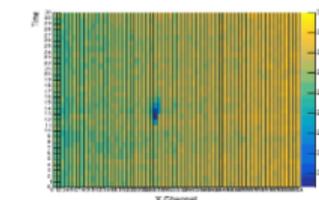
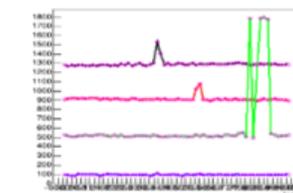
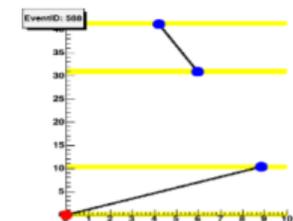
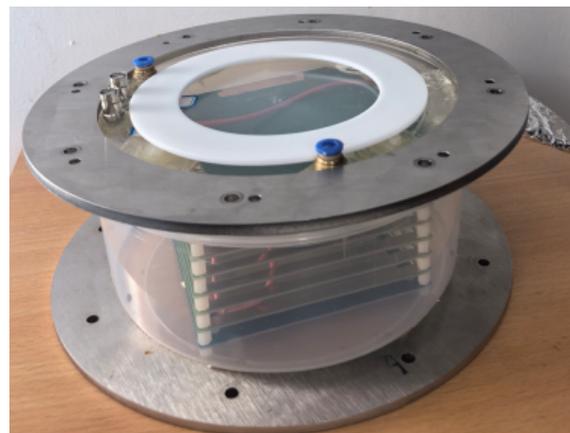
- 基于悬浮工艺微网探测器的时间投影室
  - 时间投影室整体结构
  - 电子学和数据采集系统
  - Cf-252测试实验的实验条件
  - 数据处理
  - 实验结果
- 紧凑型轻量化时间投影室
- 总结与展望

## 探测器参数：

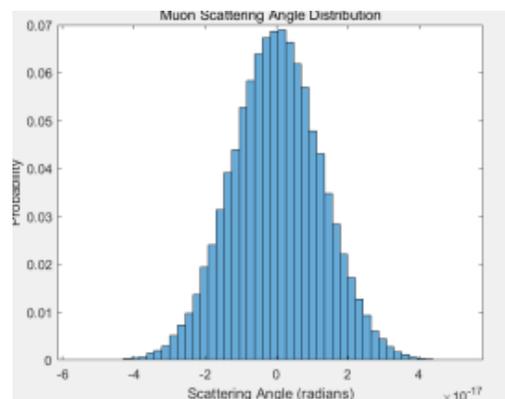
- 重量：2kg
- 读出条宽度：1.5mm
- 体积：5800cm<sup>3</sup>
- 读出电子学：AGET
- 读出路数：128\*2
- 耗气量：40ml/min



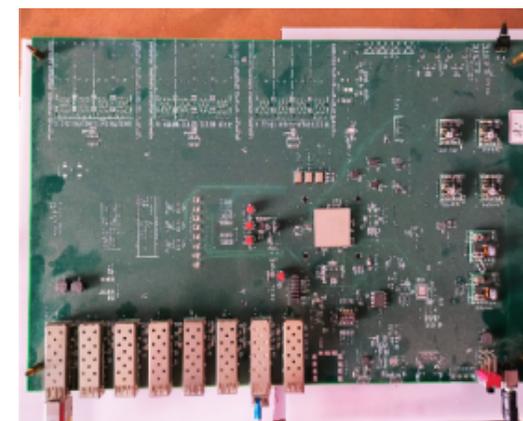
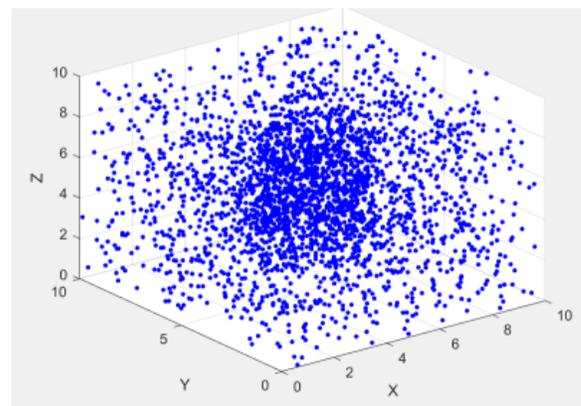
$$L_{rad} = \frac{716.4A}{Z\rho(Z+1)\ln(287/\sqrt{Z})}$$



聚丙烯  
 $\lambda < 5$



铁  
 $\lambda = 14.97$



# 目录

## CONTENT

- 基于悬浮工艺微网探测器的时间投影室
  - 时间投影室整体结构
  - 电子学和数据采集系统
  - Cf-252测试实验的实验条件
  - 数据处理
  - 实验结果
- 紧凑型轻量化时间投影室
- 总结与展望

## 总结：

- 新型基于悬浮工艺微网探测器的时间投影室原型机研制完成。
- 为其配套开发了数据采集软件。
- 使用原型机开展了 $^{252}\text{Cf}$ 自发裂变源出射粒子径迹探测实验，获得了裂变碎片和 $\alpha$ 粒子的二维、三维径迹，使用算法对粒子径迹进行鉴别。实验结果表明，原型机能够很好的获得裂变碎片的出射径迹，对裂变碎片和 $\alpha$ 粒子具有一定的区分能力。
- 还利用了光刻一体化工艺的微网探测器研制了紧凑型轻量化时间投影室。

## 展望：

- 更大面积、更小pad尺寸的探测器
- 更精细的调整电压
- 优化粒子鉴别算法

# 感谢聆听!

