



中国科学院大学

University of Chinese Academy of Sciences

# 低本底实验中氡含量测量研究

张慧斌 刘倩

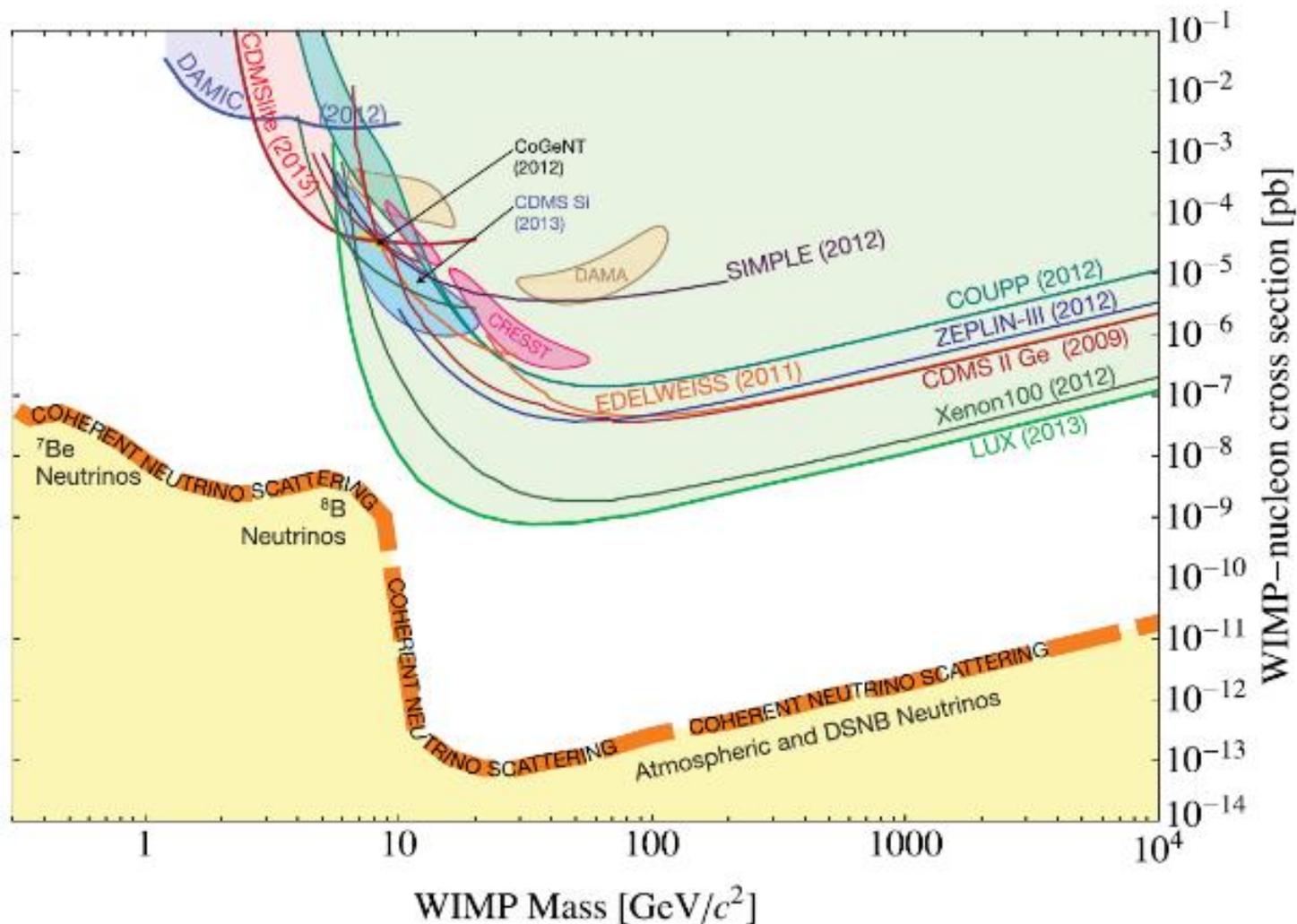
张志勇 丰建鑫 孙向明 李自立

第十届全国先进气体探测器研讨会  
2021年10月22日

# • 研究目的



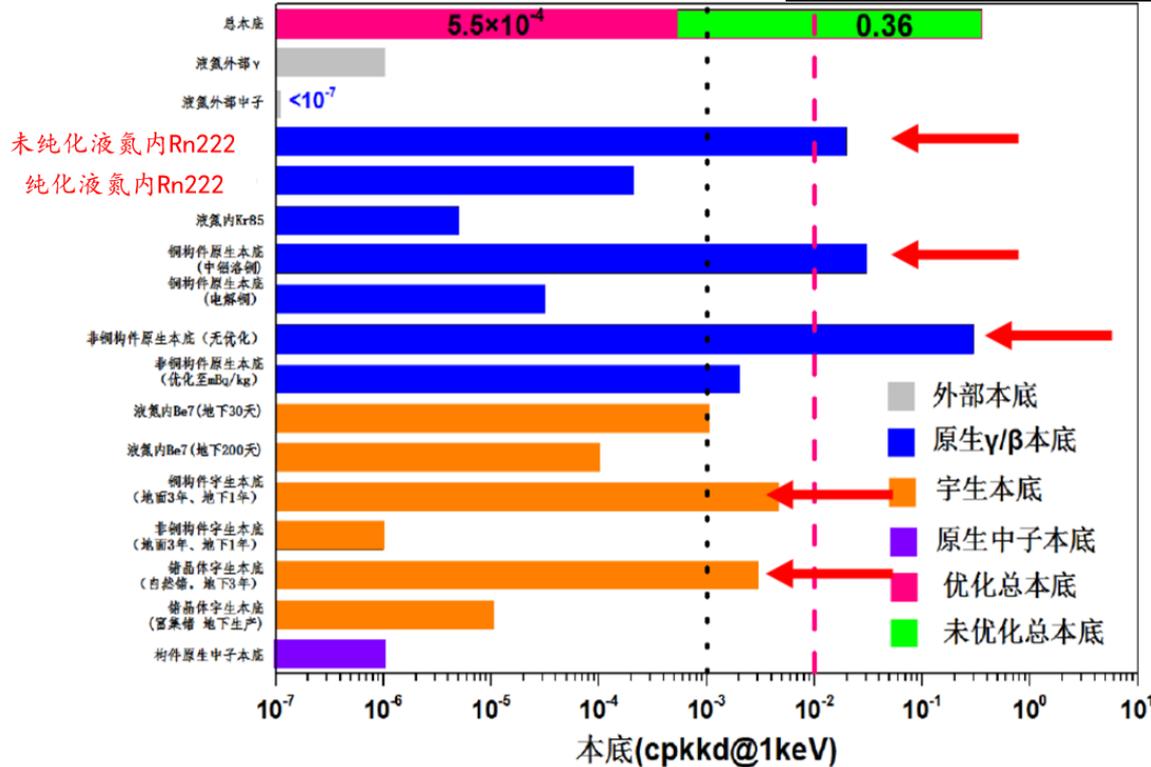
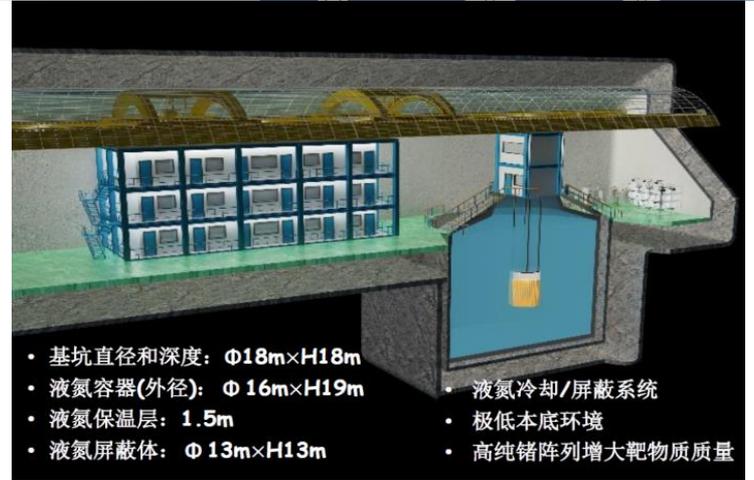
## ▶ 暗物质探测



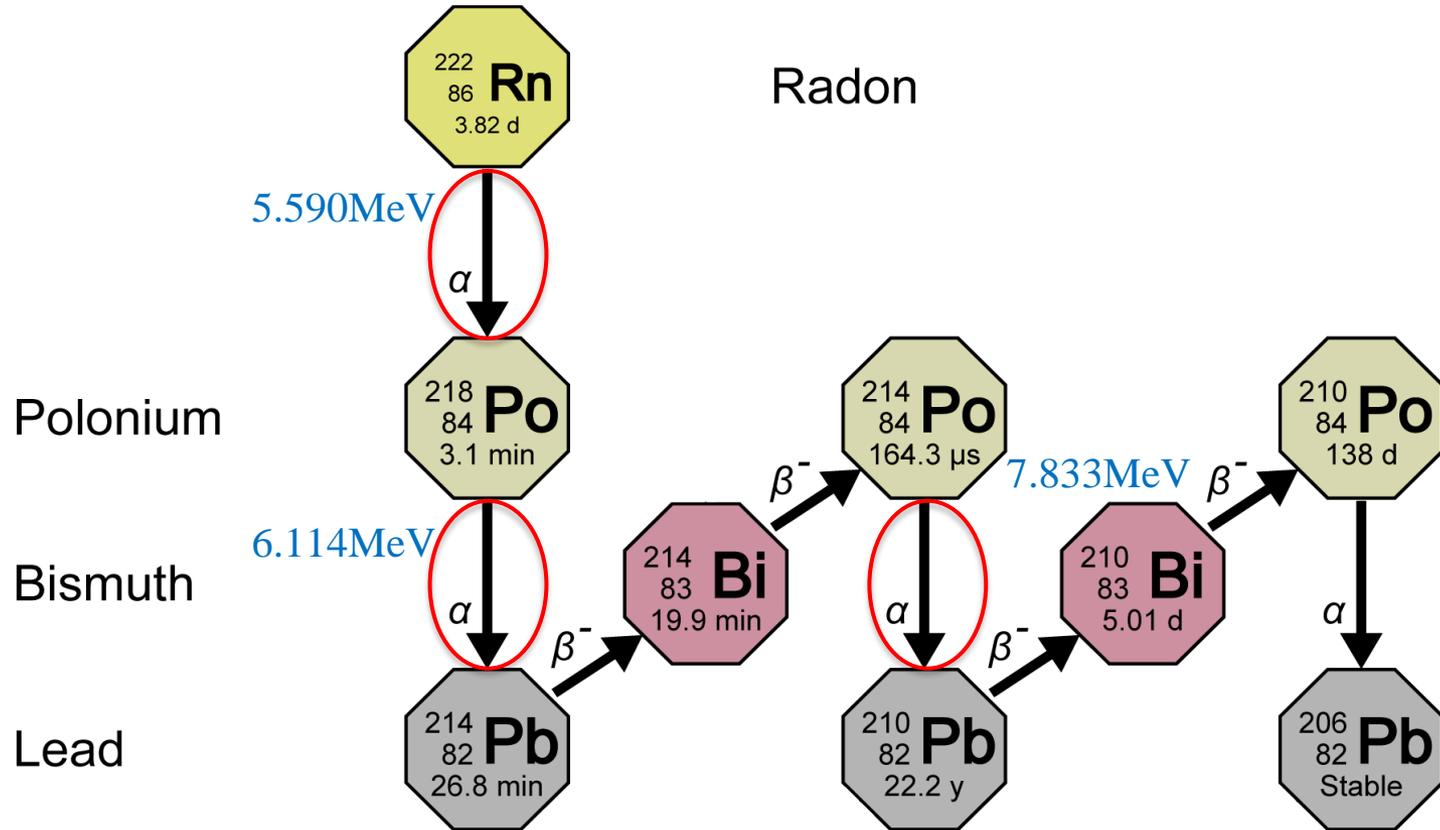
# • 研究目的



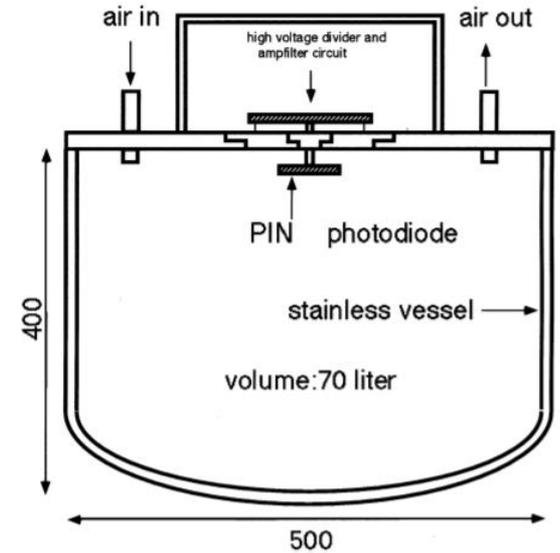
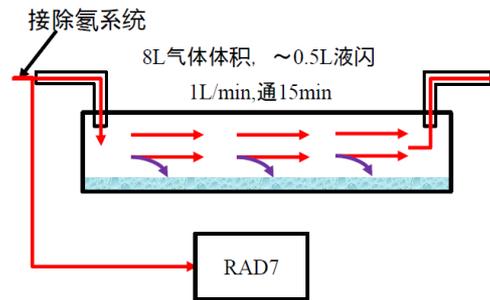
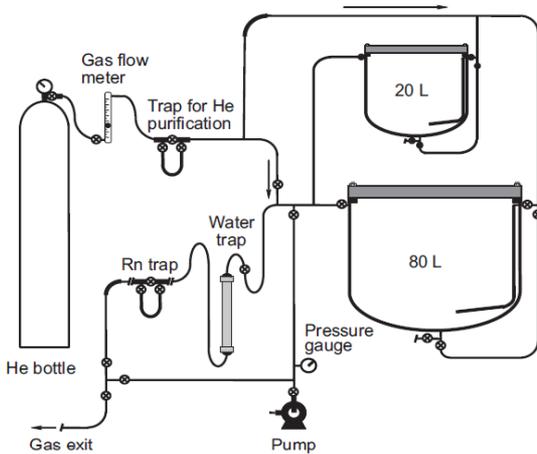
- ▶ CDEX-1T中探测器将浸泡在液氮中
- ▶ 液氮中溶解的氦为主要本底来源之一
- ▶ 需要对氮气中氦的含量进行精确监测。



•  $^{222}\text{Rn}$



# • 现有测量方法



- ▶ 使用活性炭吸附富集后测量
- ▶ 40  $\mu$  Bq

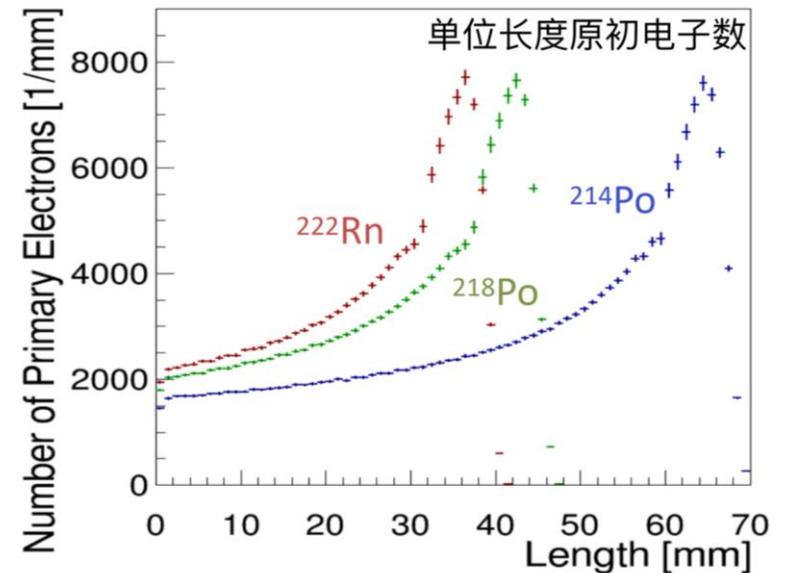
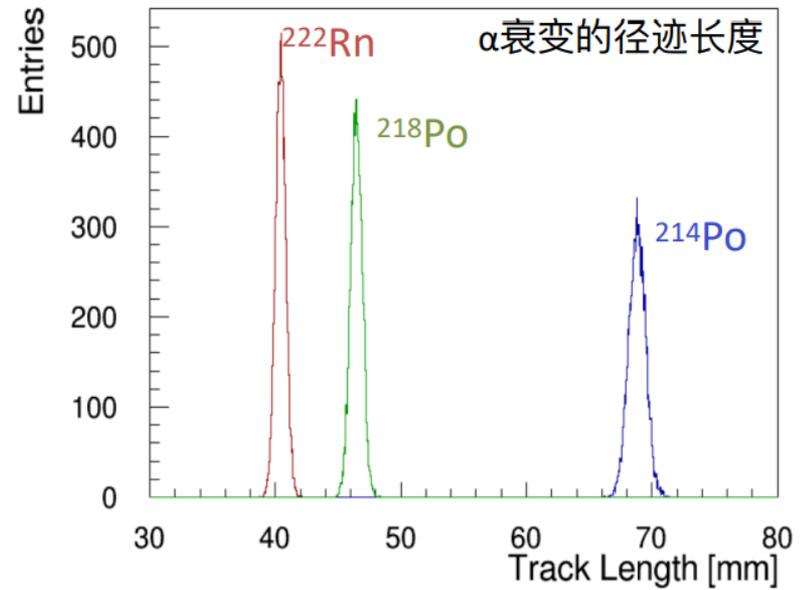
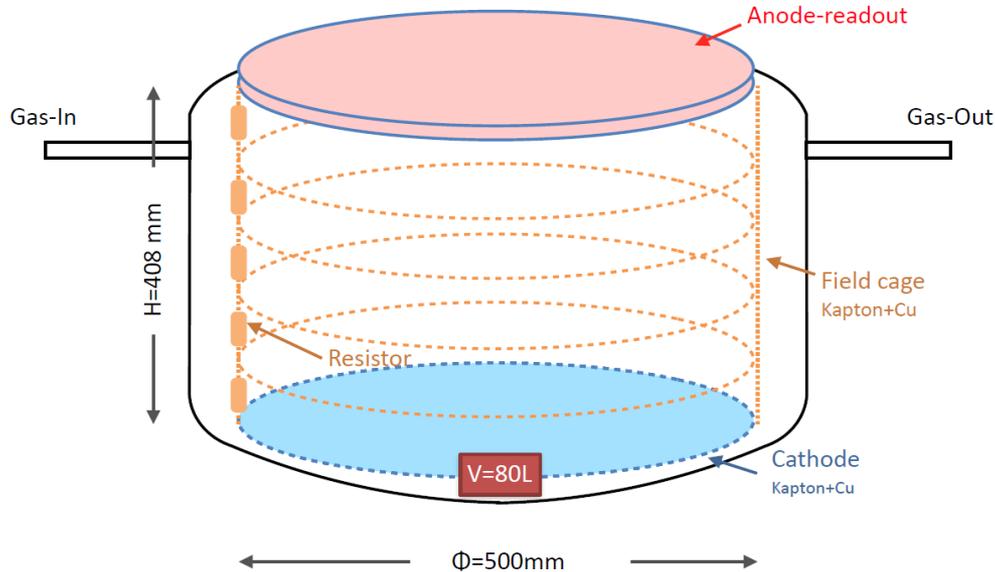
- ▶ 将液氮中的氡溶解到液闪中测量
- ▶ 氡吸收效率 ~ 5%
- ▶ 2mBq

- ▶ 通过电场使带电子体吸附到PIN探测器表面
- ▶ 探测效率 ~ 30%
- ▶ 1.7mBq/m<sup>3</sup>

# • 氮气电离室



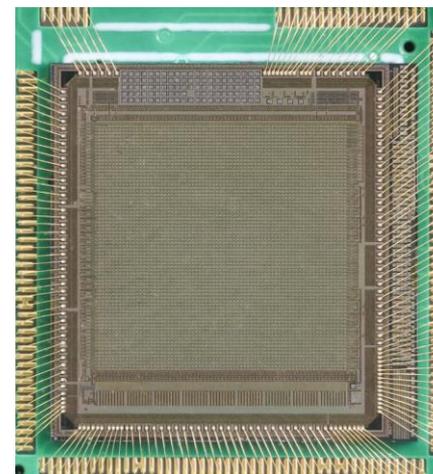
- ▶ 电离室容积80L
- ▶  $\alpha$  径迹长度:  $40.4 \pm 0.4\text{mm}$
- ▶ 氮气  $W=35\text{eV}$ ,  $\sim 2000\text{e}^-/\text{mm}$
- ▶ 收集效率高, 可实现在线监测



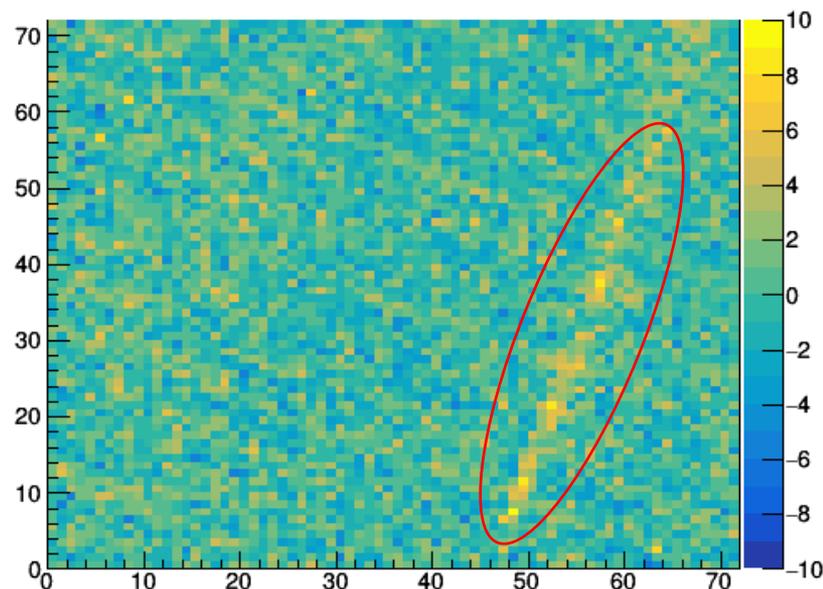
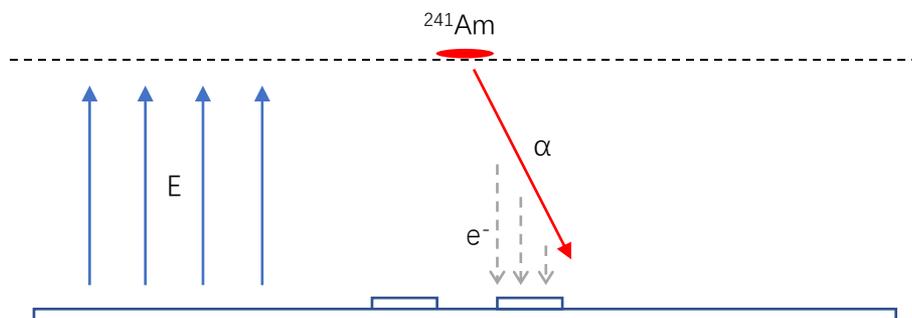
# • 电离室实验验证



- ▶ Topmetal-11芯片
  - 单像素噪声仅 $13.9e^-$
  - 72\*72路，面积6\*6mm
- ▶  $^{241}\text{Am}$ 为 $\alpha$ 源 (5.486MeV)
- ▶ 氮气中测量，电场为500V/cm
- ▶ 探测到了 $\alpha$ 的径迹
- ▶ 芯片面积过小，收集效率很低



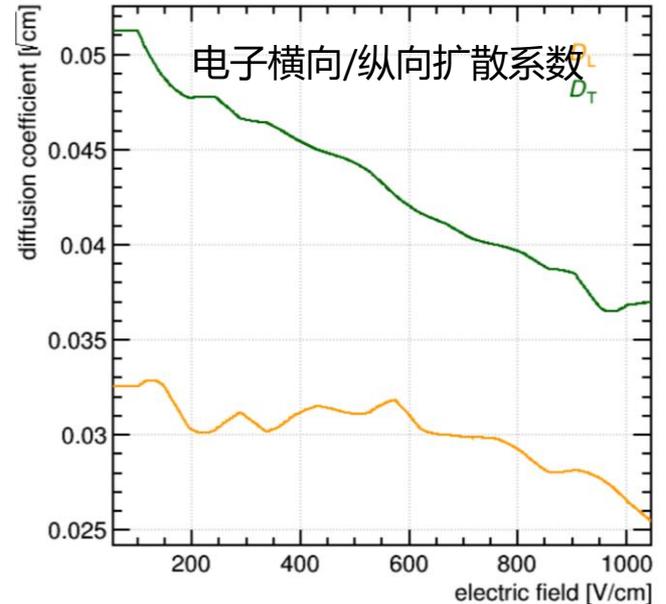
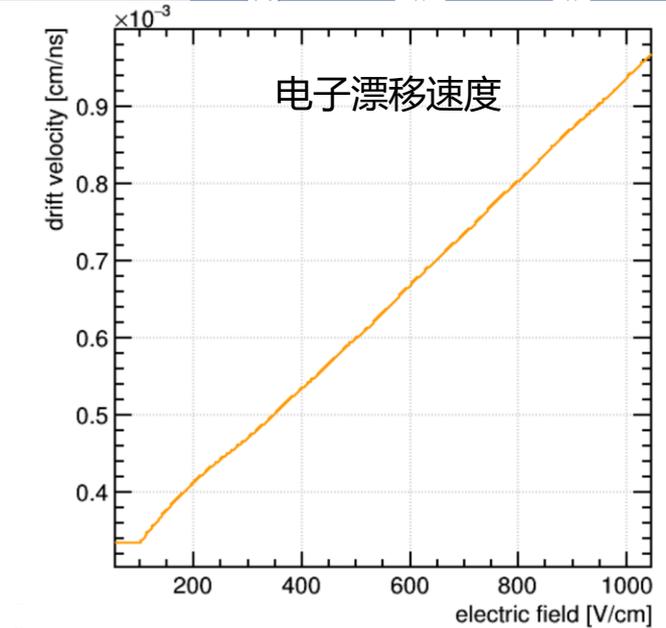
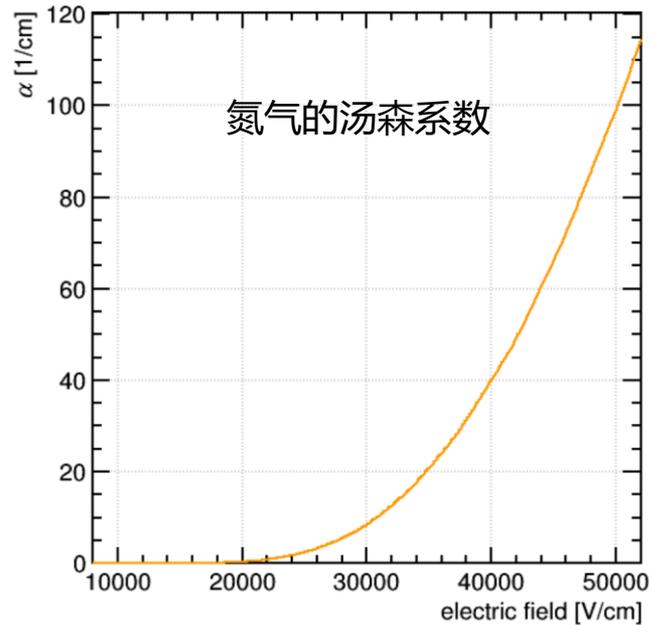
华中师范大学



# • 氮气TPC



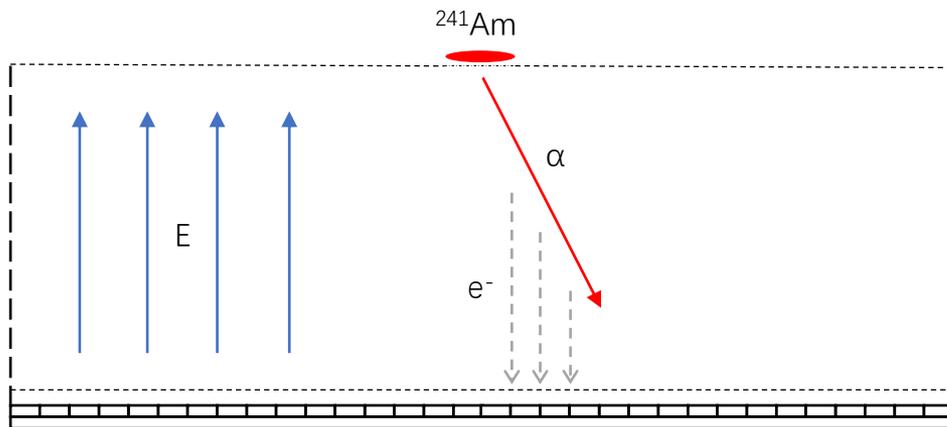
- ▶ 具有寻迹能力
- ▶ 漂移速度  $\sim 0.6\text{cm}/\mu\text{s}$  @500V/cm
- ▶ 横向扩散  $\sim 0.044\text{vcm}$  @500V/cm
- ▶ 汤森系数  $\sim 0$  @20kV/cm



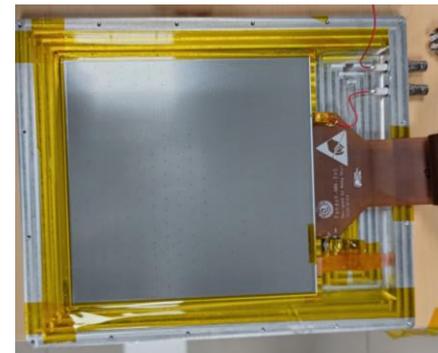
# • 氮气TPC实验验证



- ▶ 15\*15cm的TPC
- ▶ xy条读出，条宽为1.6mm
- ▶ 使用Micro-MEGAS进行倍增
- ▶ 漂移区高6.5cm，电场为477V/cm
- ▶ 倍增区高0.1mm，电场为85kV/cm
- ▶ Aget电子学系统读出，单通道噪声小于0.12fC
- ▶ 同样使用 $^{241}\text{Am}$ 为 $\alpha$ 源，氮气中测试



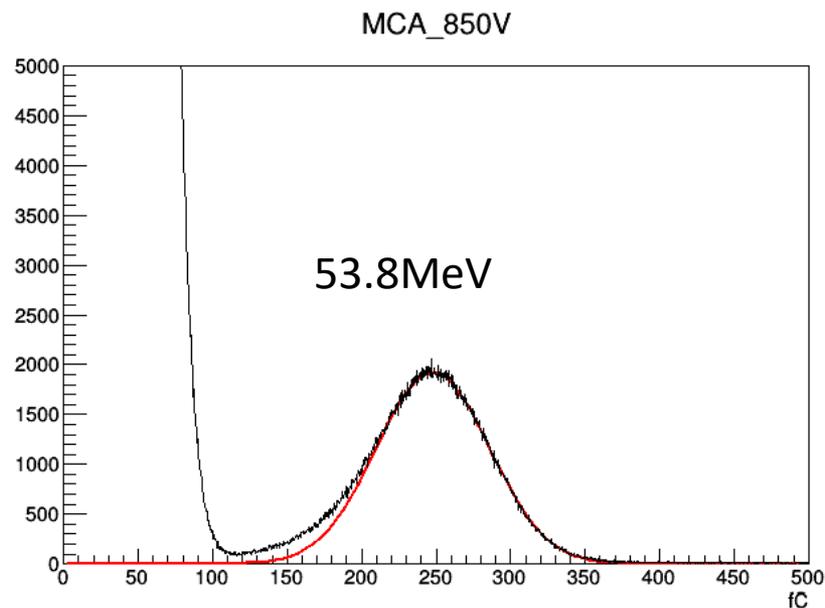
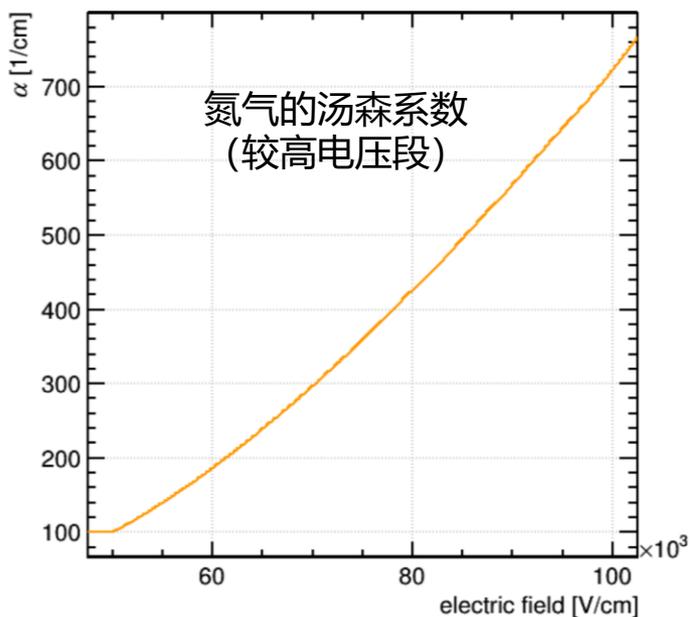
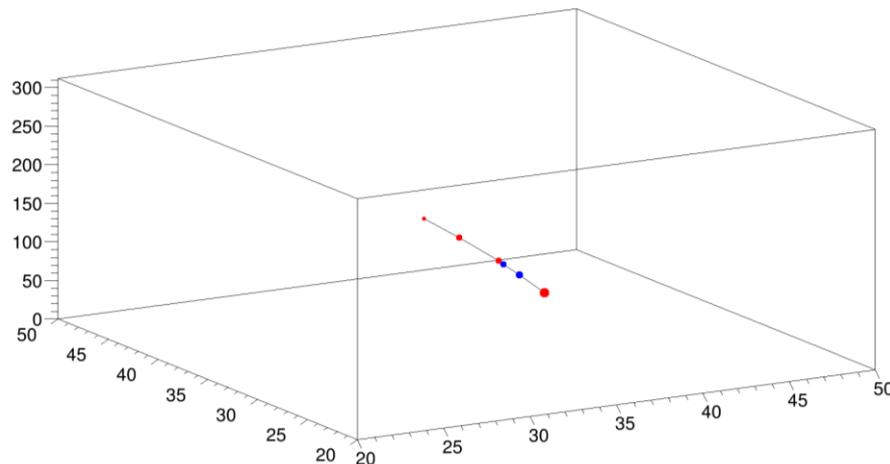
中国科学技术大学



# • 氮气TPC实验验证



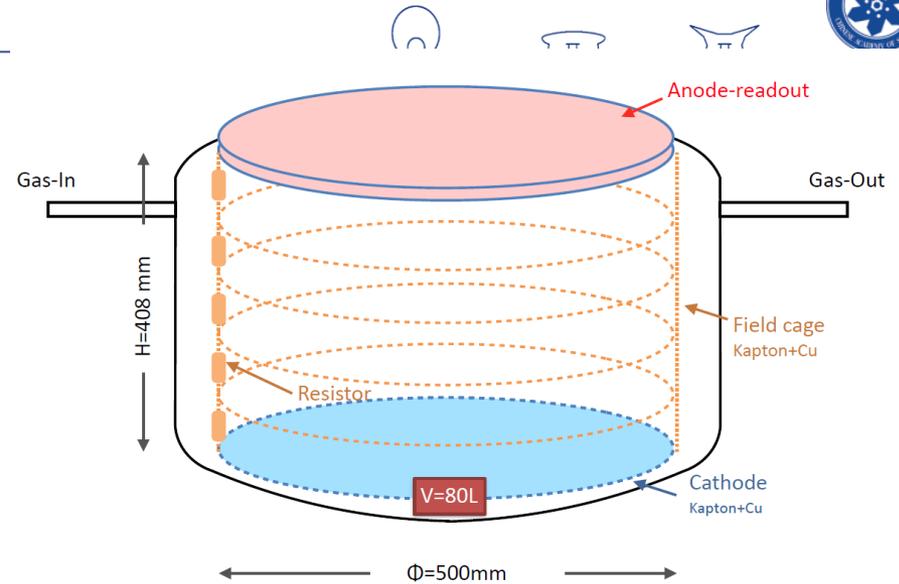
- ▶ 实际测得在电场加到 85kV/cm以后可以获得约 10倍的增益
- ▶ 并且实现了三维径迹成像



# 灵敏度估计



- 结合TPC需要使用的的各部件，得到本底估计：  
<1.7Cnt/day @80L

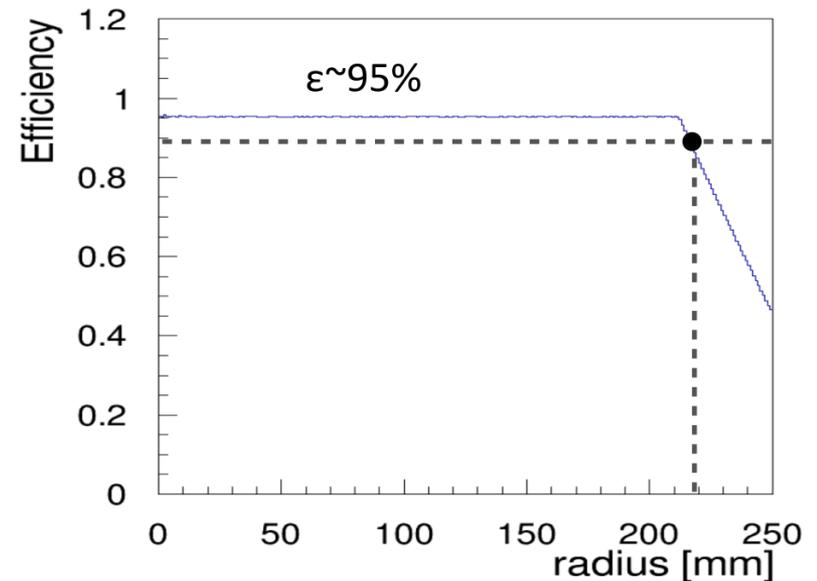
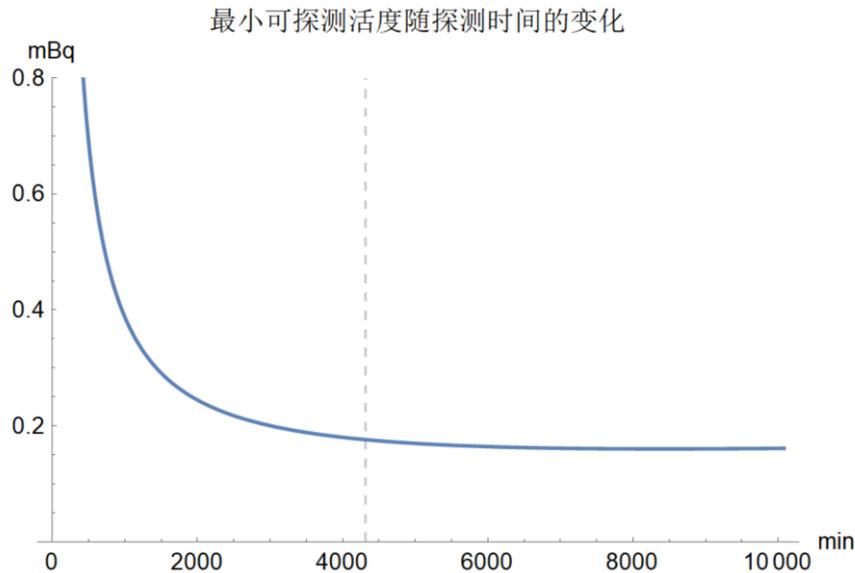


	Rn emanation	Total area	Counts/day
场笼 (Kapton+Cu)	<20 $\mu$ Bq/m <sup>2</sup> * *form XENON-1T	0.2m <sup>2</sup>	<0.35
阴极/阳极 (Kapton+Cu)	<20 $\mu$ Bq/m <sup>2</sup> * *form XENON-1T	0.2m <sup>2</sup>	<0,35
分配电阻	2.4 $\mu$ Bq/piece	1	0.21
不锈钢内衬	-	-	0.81 $\pm$ 0.08* *form SuperK
Total			<1.7Cnt/day

# 灵敏度估计



- ▶ 探测效率: **>90%**
- ▶ 根据模拟结果, 经过理论计算得到最小可探测活度为:  $\sim 0.24\text{mBq/m}^3$   
(\*假设三种 $\alpha$ 无法分辨, 经过三天的密闭探测)



# • 总结与展望



- ▶  $^{222}\text{Rn}$  衰变产生的  $\alpha$  在氮气中的电离电子数  $\sim 2000\text{e}^-/\text{mm}$ , 高灵敏电子学可将其直接读出。
- ▶ 在氮气中可以实现雪崩倍增, 但倍增增益较小。
- ▶ 使用电离室和TPC两套方案进行实验, 验证了使用气体探测器直接测量氮气中氡含量的可行性。
- ▶ 氮气TPC方案探测效率高, 具有寻迹能力, 且可实现在线监测, 其灵敏度预计可达  $0.24\text{mBq}/\text{m}^3$



中国科学院大学

University of Chinese Academy of Sciences



谢谢

