

# RELICS 液氙反应堆中微子探测器原型机测试进展

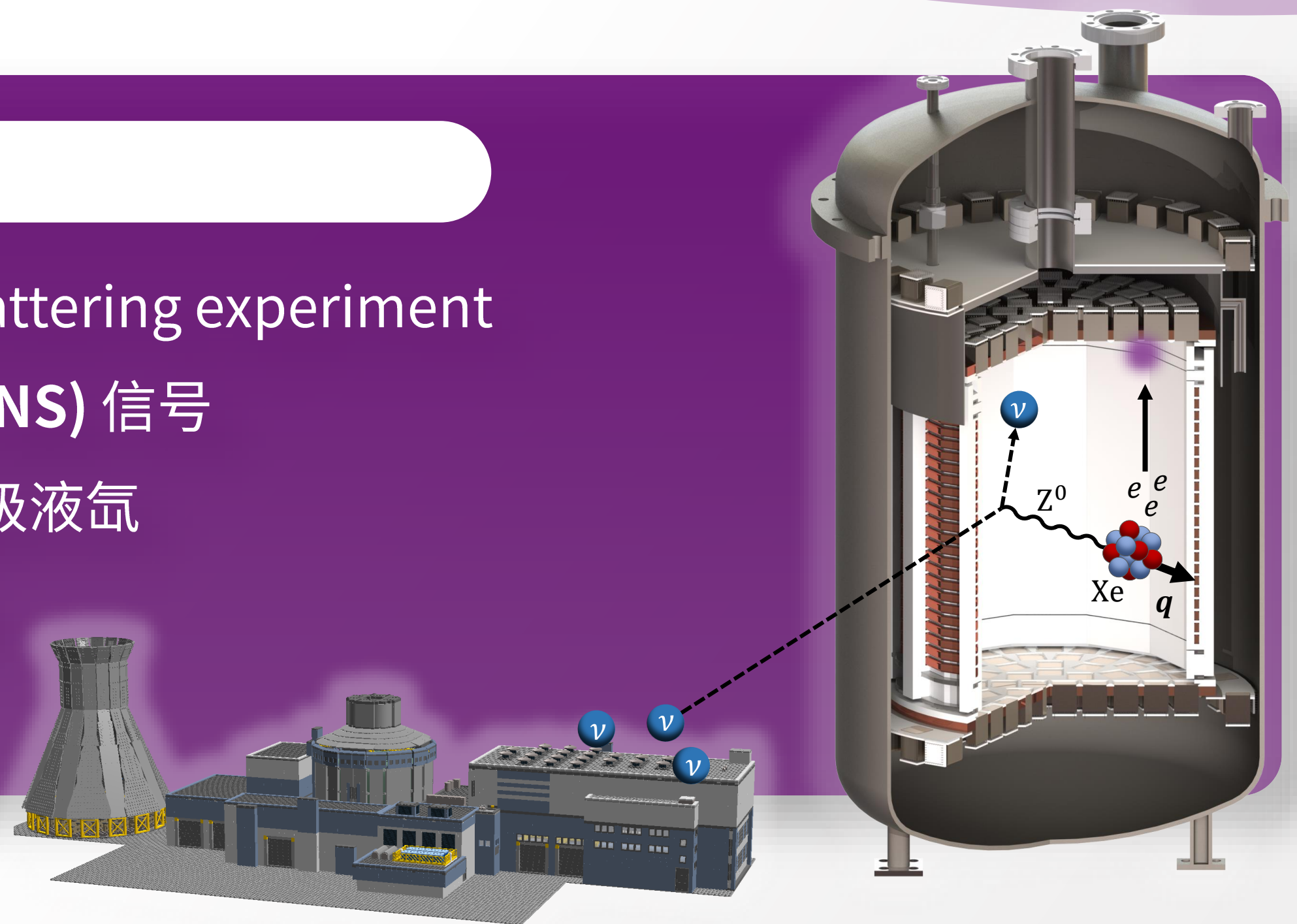
中国物理学会高能物理分会  
第十四届全国粒子物理学术会议

赵一飞 (On behalf of RELICS collaboration) · 清华大学物理系

## RELICS 实验简介

- ◇ RELICS: REactor neutrino LIquid xenon Coherent Scattering experiment
- ◇ 在地面探测反应堆中微子与原子核的相干弹性散射 (CEvNS) 信号
- ◇ 采用两相型液氙时间投影室 (LXeTPC), 包含 ~50kg 量级液氙
- ◇ 挑战: 高宇宙线本底下的极低能量阈值 (sub-keV) 探测

图1 RELICS 探测器探测来自反应堆中微子CEvNS过程示意



## 原型机 LXeTPC 设计

通过潜水钟控制液位

灵敏体积含0.56 kg 液氙

8 只 R8520-406  
1 英寸光电倍增管 (PMT)

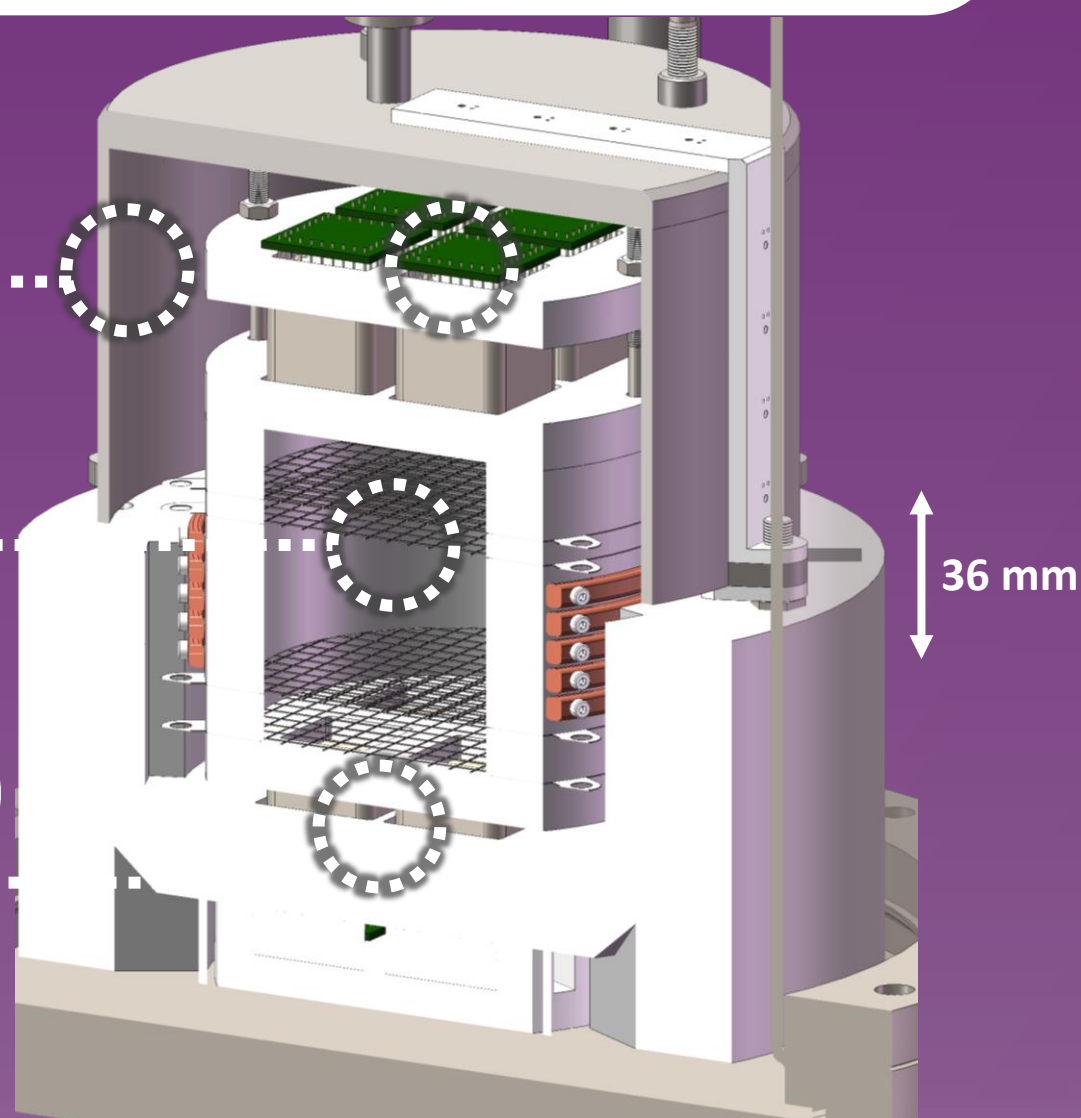


图2 RELICS 原型机结构

## 波形处理与事件重建

- ◇ 以动态基线自触发方式采集探测器波形
- ◇ 对 PMT 实现 >90% 单光电子触发效率

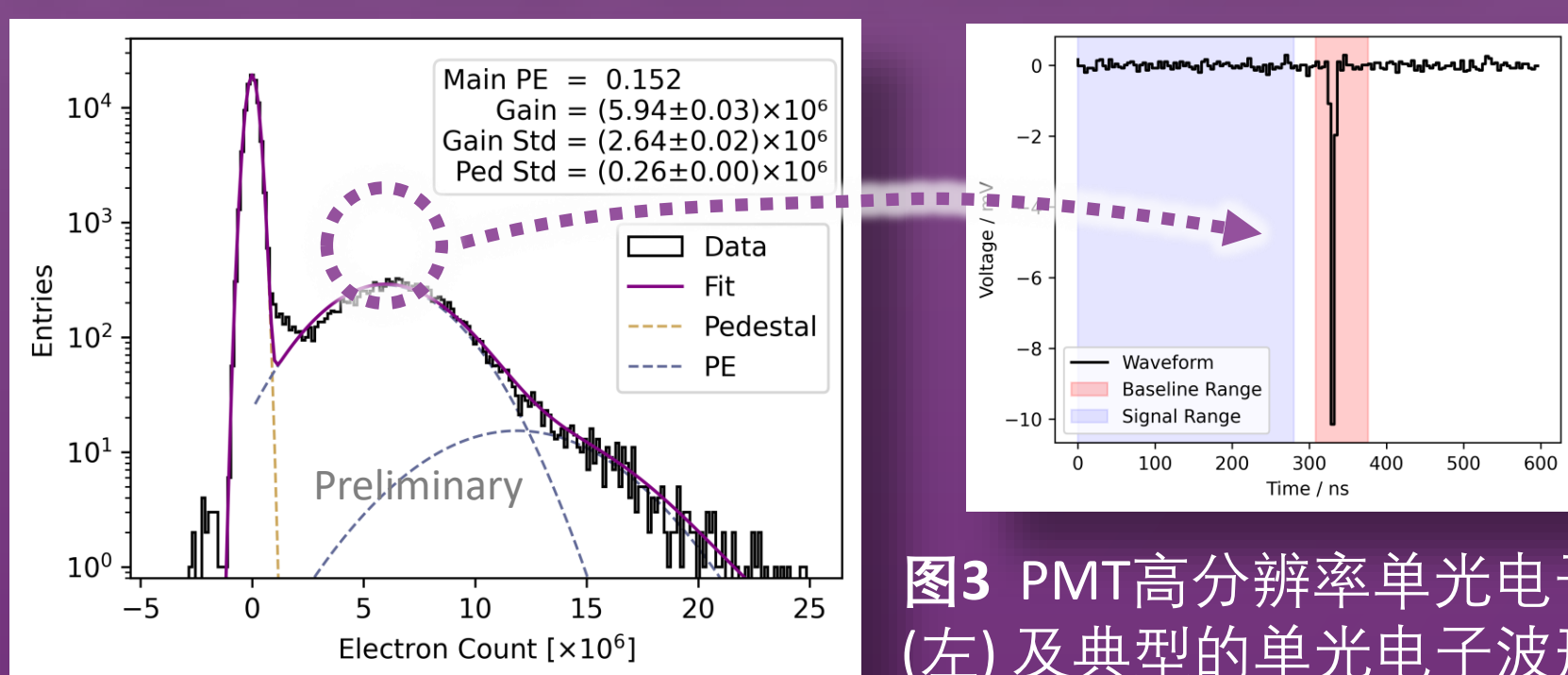


图3 PMT高分辨率单光电子谱 (左) 及典型的单光电子波形 (右)

LXeTPC中沉积的能量转化成 闪烁光信号 (S1) 和电离电子信号 (S2), 基于此重建物理事件

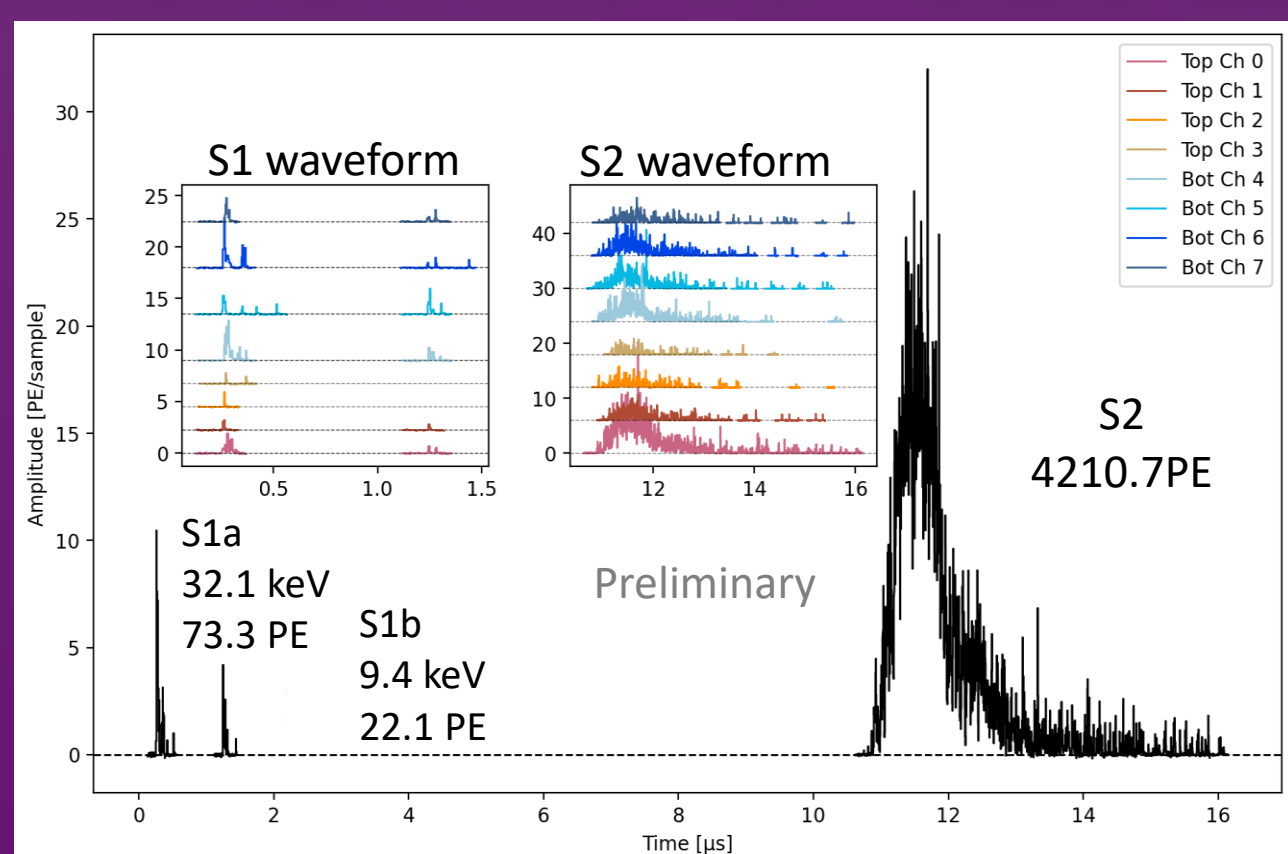


图4 由  $^{83m}\text{Kr}$  产生的典型事件波形, 以及各个PMT的响应

## 探测器性能与标定结果

- ◇ 探测到 单个电离电子 产生的 S2 信号
  - 稳定运行单电子增益最高可达 ~ 16 PE/e
  - 初步验证 RELICS 极低阈值探测原理
- ◇ 研制  $^{83}\text{Rb} - ^{83m}\text{Kr}$  标定源, 标定探测器响应

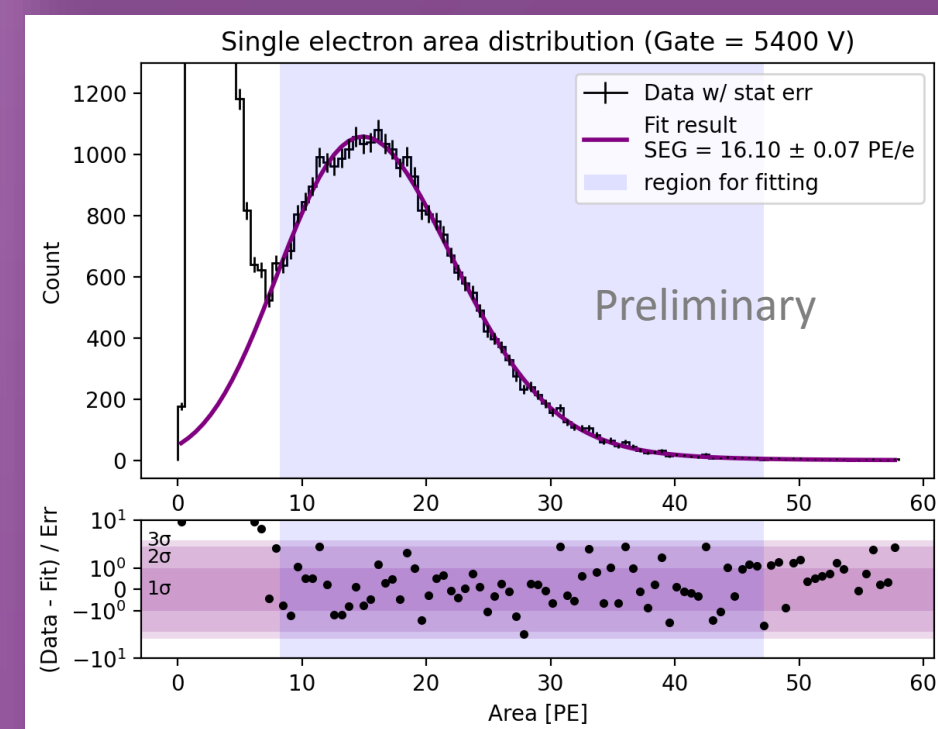


图5 单电子S2信号面积分布

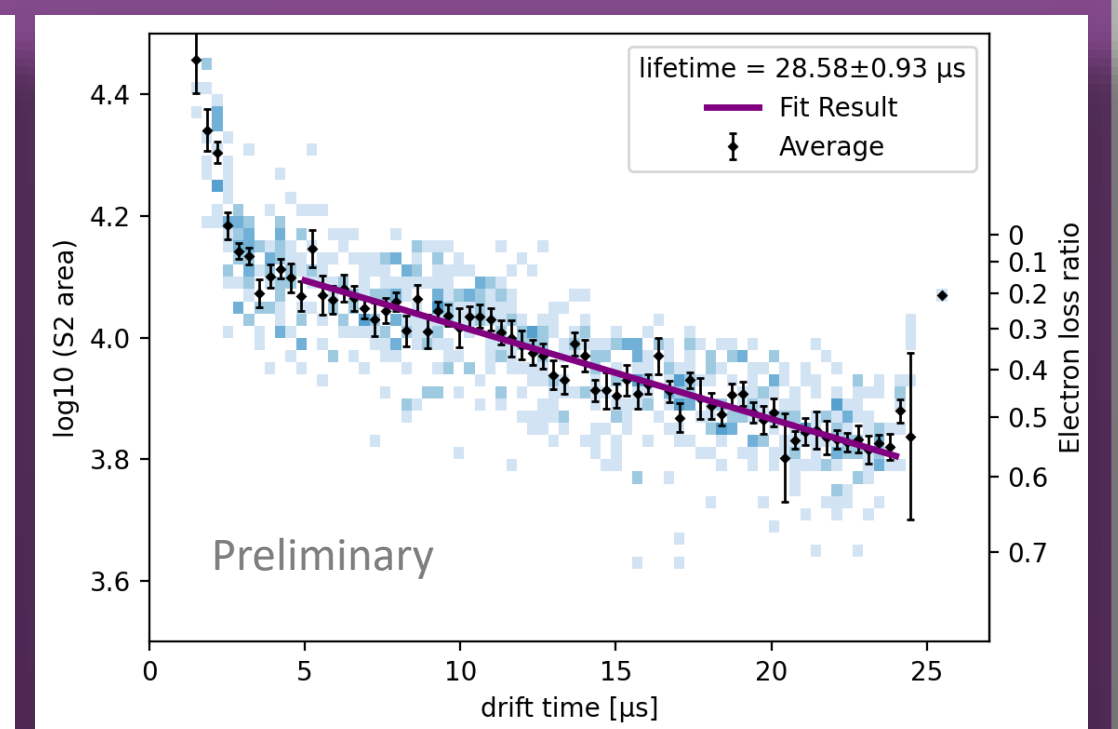


图6  $^{83m}\text{Kr}$  事件漂移时间与S2面积分布

- ✓ 电子漂移寿命  $\tau = 28.58 \mu\text{s}$
- ✓ 电子拉出效率  $\eta_{\text{extra}} = 91.6\%$
- ✓ 闪烁光探测效率  $g_1 = 3.92\%$

## 气态氙探测器 (GXeTPC) 辅助测量

GXeTPC 本底更低、分辨率高, 能以更高信噪比测定低能标定源的特性, 与 LXeTPC 的测量结果交叉验证

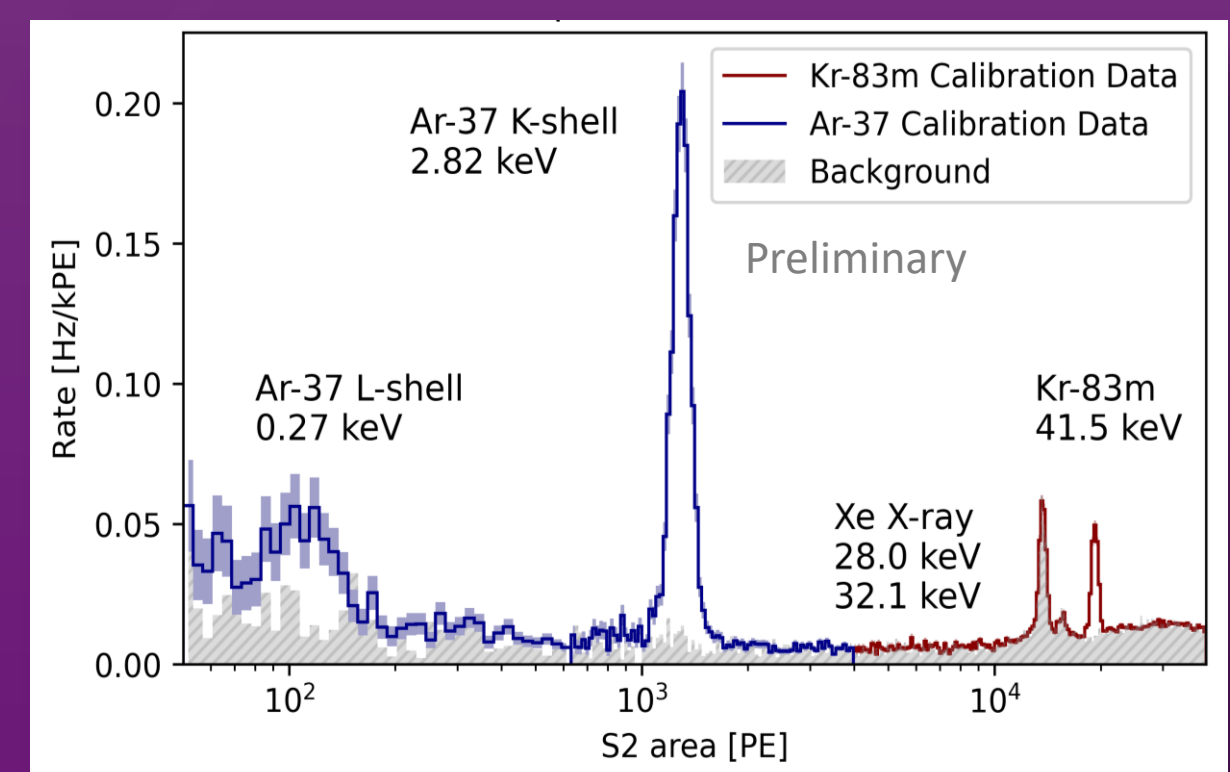


图7 利用 GXeTPC 测到的  $^{37}\text{Ar}$ 、 $^{83m}\text{Kr}$  能区的能谱



[1] C. Cai et al., RELICS: A REactor Neutrino LIquid Xenon Coherent Elastic Scattering Experiment, arXiv:2405.05554.  
[2] M. Szydagis, N. Barry, K. Kazkaz, J. Mock, D. Stolp, M. Sweany, M. Tripathi, S. Uvarov, N. Walsh, and M. Woods, NEST: A Comprehensive Model for Scintillation Yield in Liquid Xenon, J. Inst. 6, P10002 (2011).  
[3] Jelle Aalbers, Dark Matter Search with XENON1T, Universiteit van Amsterdam, 2018.  
作者邮箱: zhao-yf24@mails.tsinghua.edu.cn