



上海交通大学

SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY

地下物理实验进展 2022

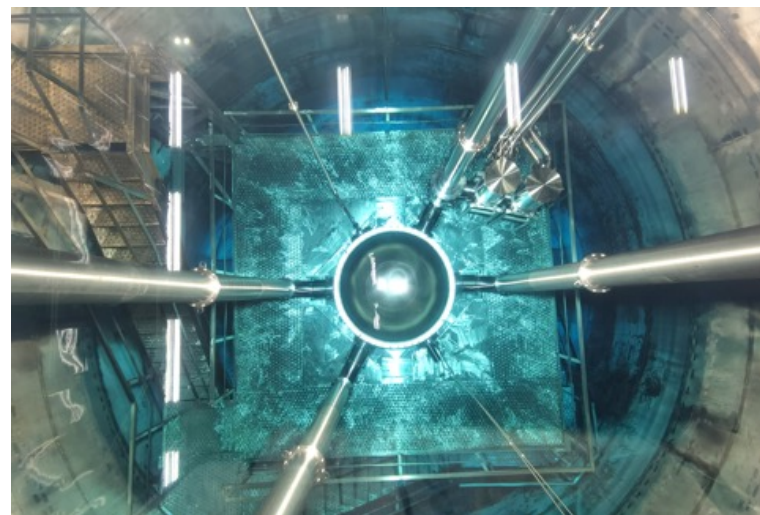
周宁（上海交通大学）

2022年度重点实验室学术委员会联席会议

2023年1月6日



研究方向



海翰计划
TRIDENT Experiment

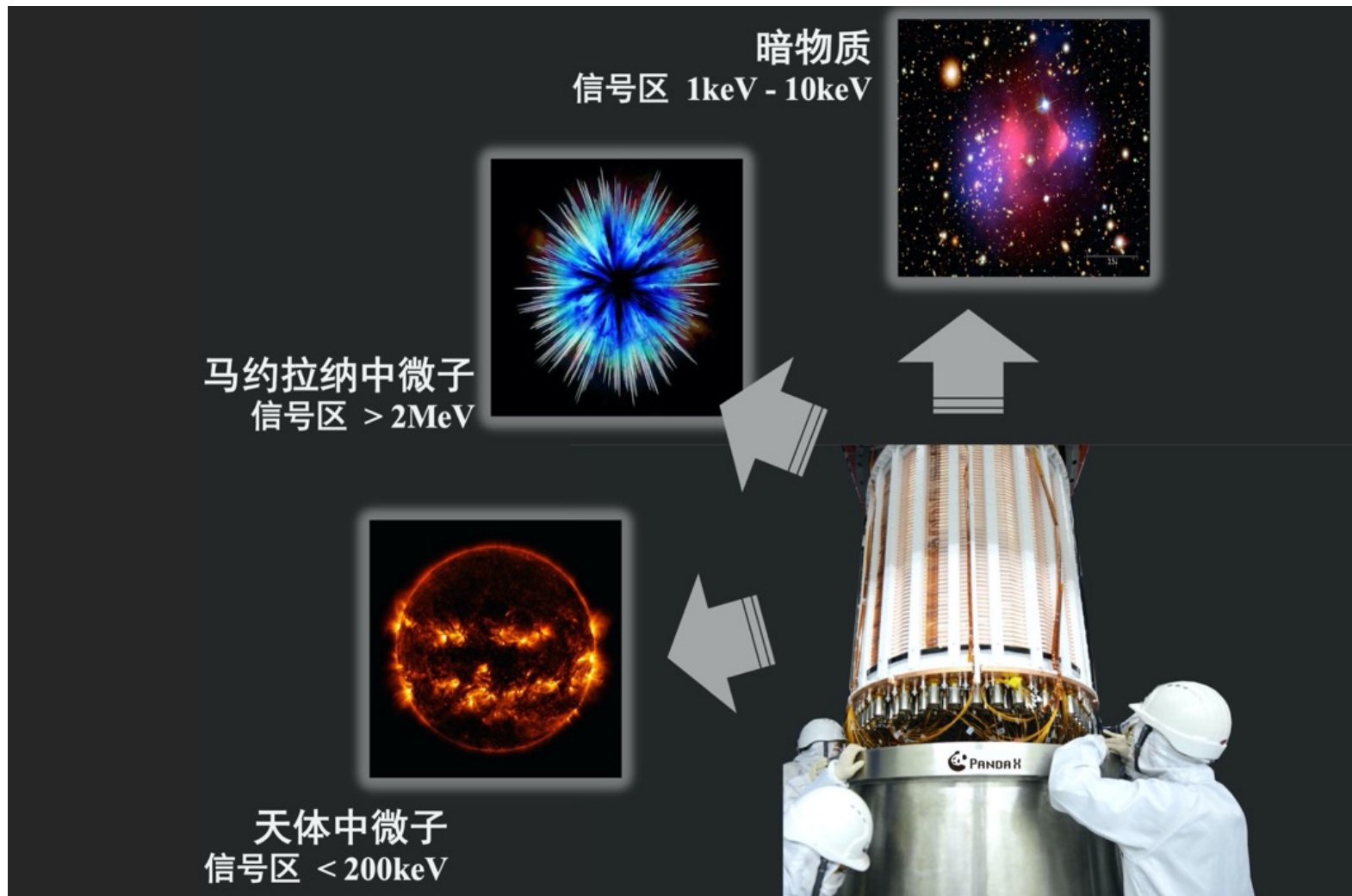


PandaX-4T 液氙探测实验



多物理目标

- 暗物质、马约拉纳中微子、天体中微子



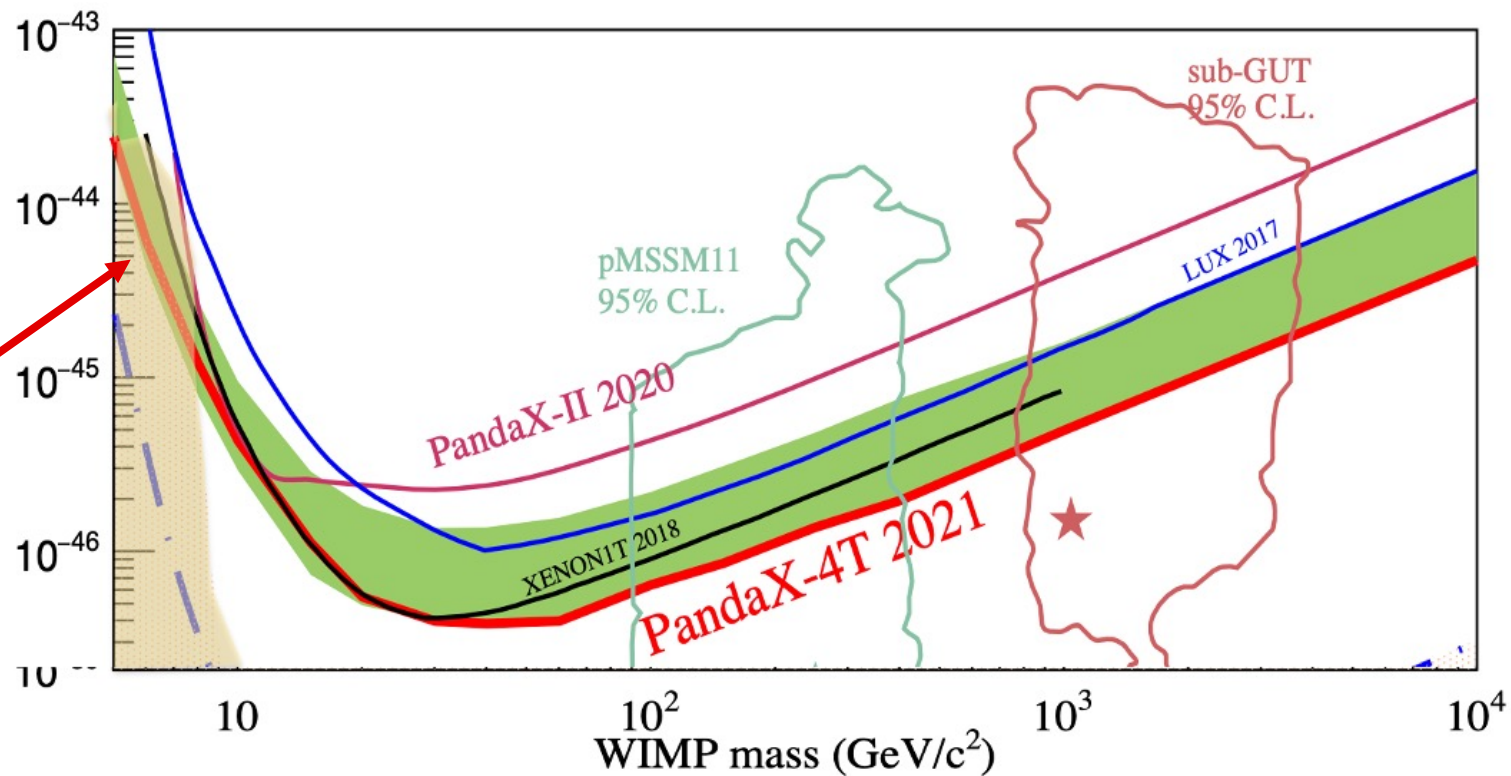
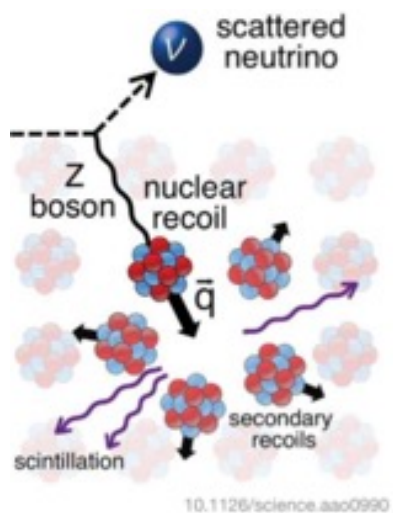


太阳中微子地板

□ PandaX-4T首批数据灵敏度触碰太阳中微子地板

□ 太阳硼8中微子和原子核相干散射过程

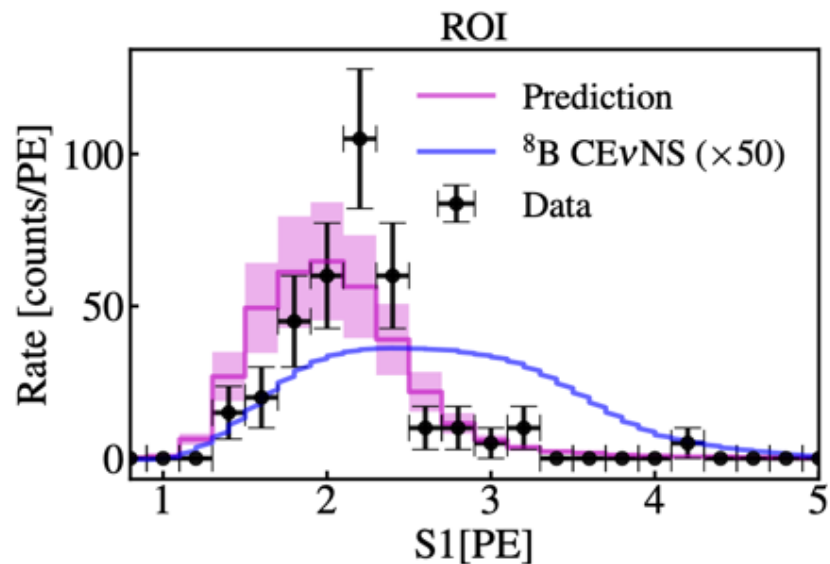
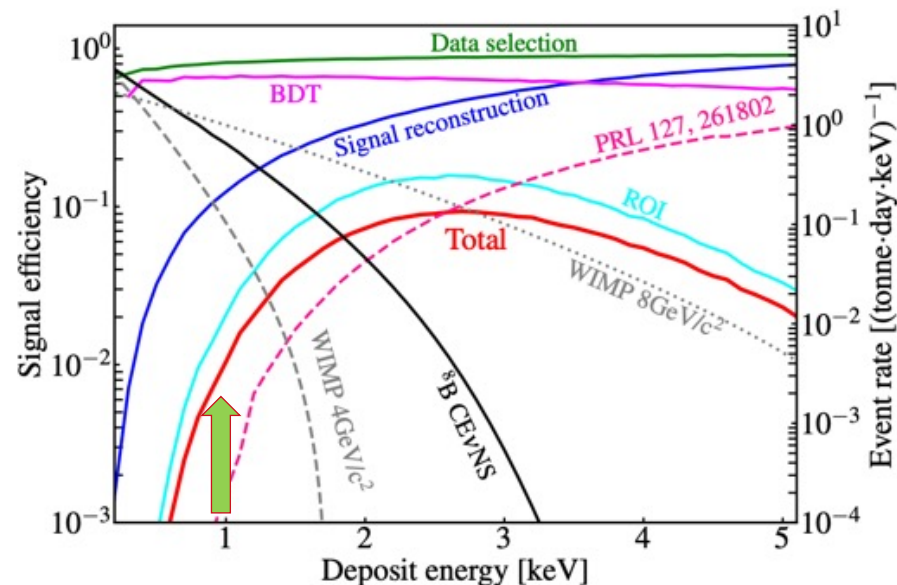
- 中微子探测新方法
- 极低反冲能量





极低能量信号探测

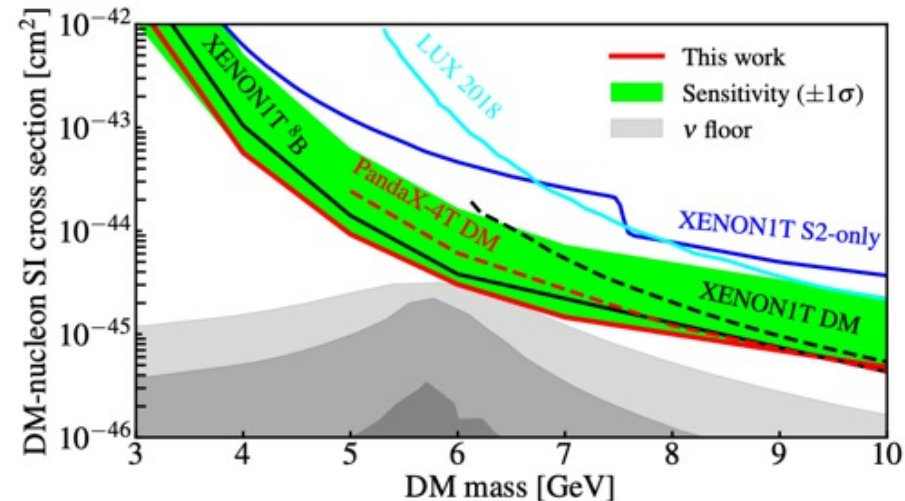
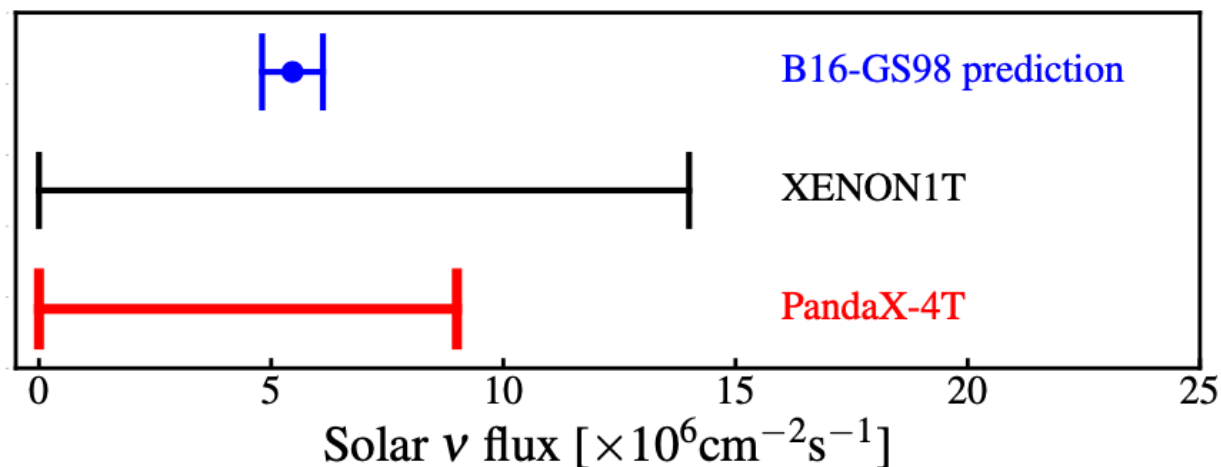
- 降低信号选择阈值
- 优化极低能信号选择条件
 - 小信号波形模拟
 - 中子刻度数据检验
- 显著增强了信号效率
 - 对于1keV核反冲，提升近10倍
- 利用BDT去除偶然符合本底
 - 降低本底40倍，保留60%信号





极低能量信号探测

- 0.48吨-年曝光量数据，给出当前最灵敏的利用相干散射探测太阳硼-8中微子流强结果
- 给出3-10 GeV质量WIMP暗物质世界最强限制



[arXiv:2207.04883](https://arxiv.org/abs/2207.04883) accepted by PRL

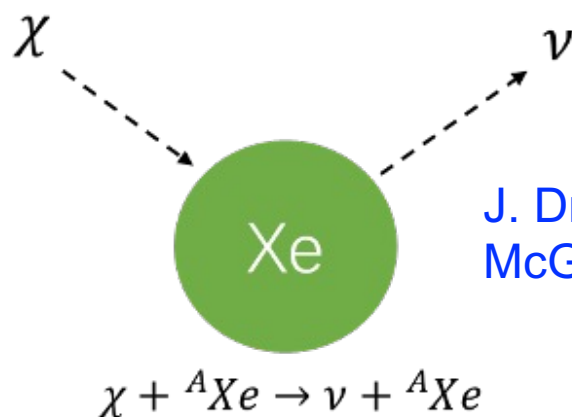


吸收型轻质量暗物质

□ 费米暗物质和右手中微子混合

□ 暗物质和原子核相互作用

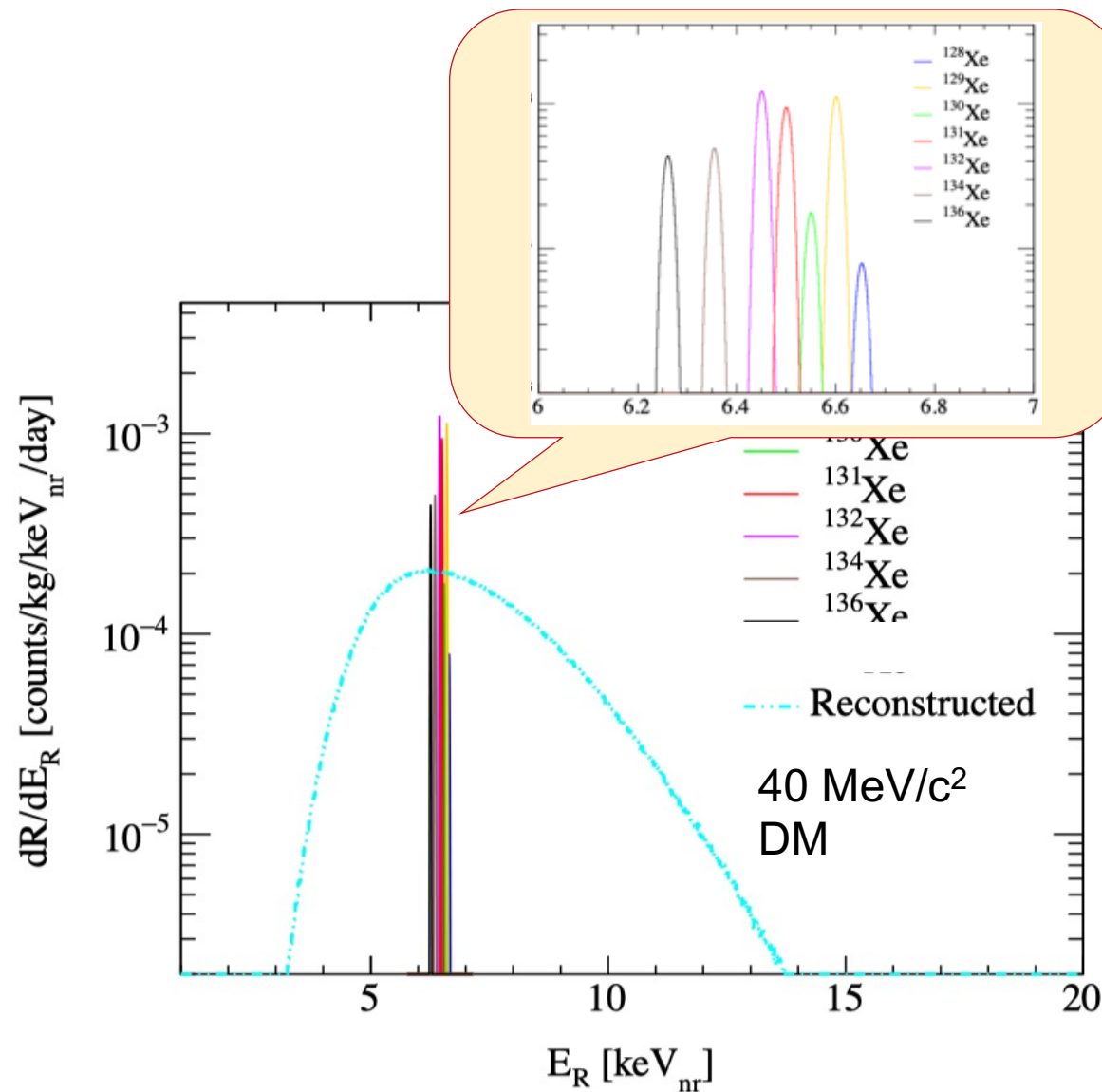
- 原子核吸收暗物质



J. Dror, G. Elor, R. McGehee, PRL 2020

□ 产生单能量核反冲信号特征

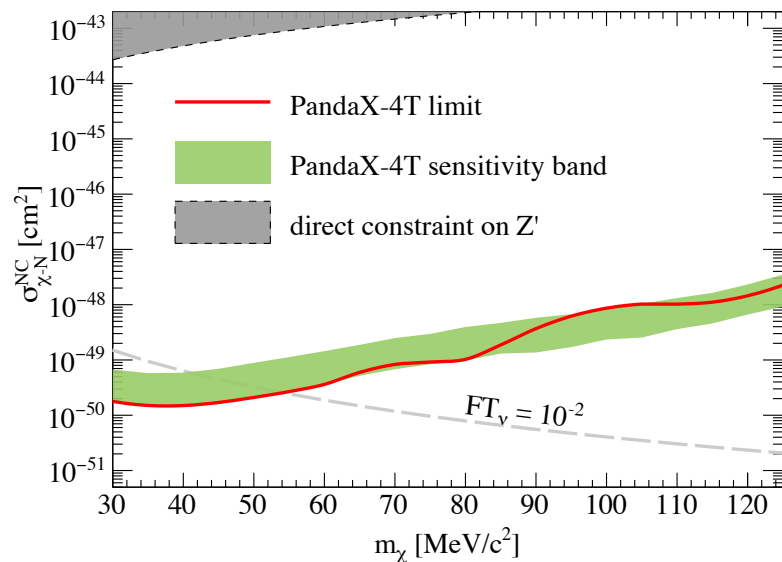
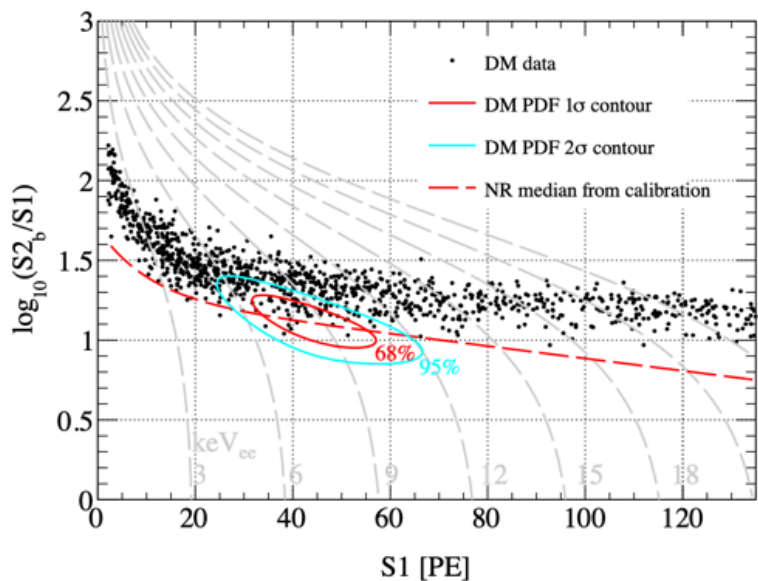
- $E_R \simeq \frac{m_\chi^2}{2M_T}$





国际首个单能量核反冲暗物质信号探测

- PandaX-4T实验给出世界最强模型无关的单能信号限制
- 对于几十MeV质量的暗物质，截面上限推进到 10^{-50}cm^2 水平



Physics NEWS AND COMMENTARY

An Absorbing Dark Matter Experiment

October 13, 2022

Researchers have analyzed the first data from a new direct-detection-by-absorption experiment for a little-studied form of dark matter known as fermionic dark matter.

Synopsis on:

Linhui Gu *et al.* (PandaX Collaboration)

[Phys. Rev. Lett. 129, 161803 \(2022\)](#)

[PRL 129, 161803 \(2022\)](#)

Editors' Suggestion, Featured in Physics



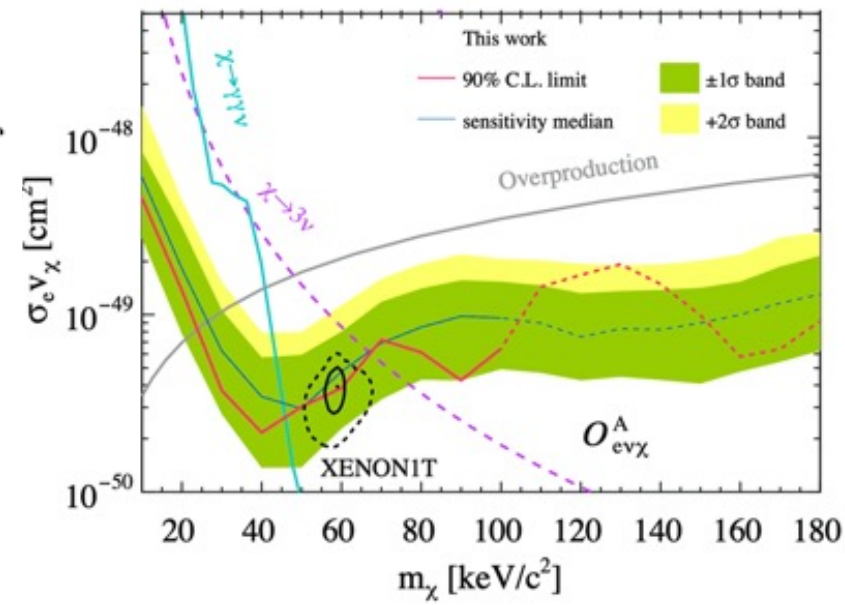
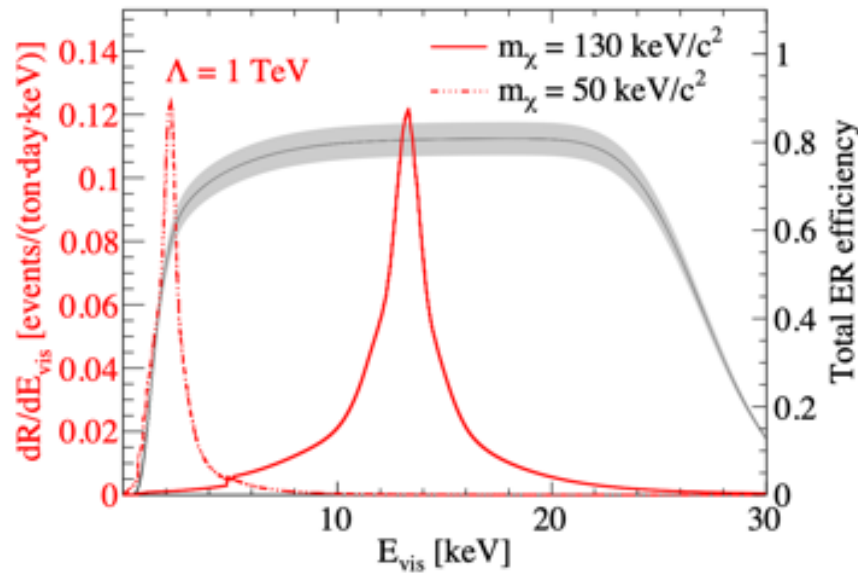
电子吸收轻质量暗物质



实验组与葛韶锋、何小刚理论团队合作

- 类比惰性中微子吸收，单能量电子反冲信号
- 几十keV质量的暗物质，挑战XENON1T低能超出

PRL 129, 161804 (2022)
Featured in Physics



PhysICS NEWS AND COMMENTARY

Potential Dark Matter Signal Gives Way to New Limits

October 13, 2022

Results from two leading dark matter experiments—XENONnT and PandaX-4T—rule out an enigmatic signal detected in 2020 and set new constraints on dark matter particle candidates consisting of light fermions, respectively.

Feature on:

E. Aprile *et al.* (XENON Collaboration)
Phys. Rev. Lett. **129**, 161805 (2022)

Dan Zhang *et al.* (PandaX Collaboration)
Phys. Rev. Lett. **129**, 161804 (2022)

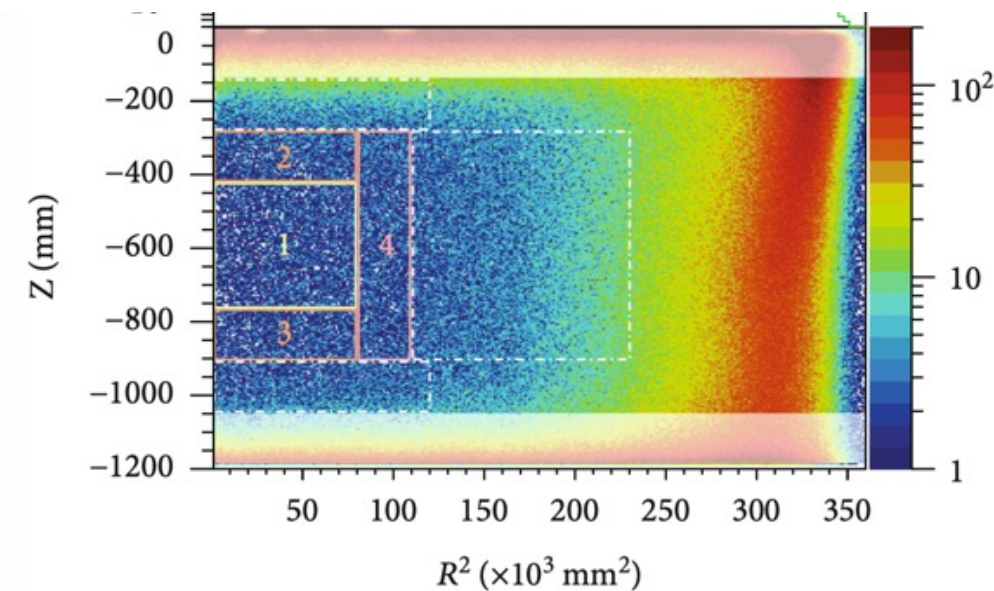
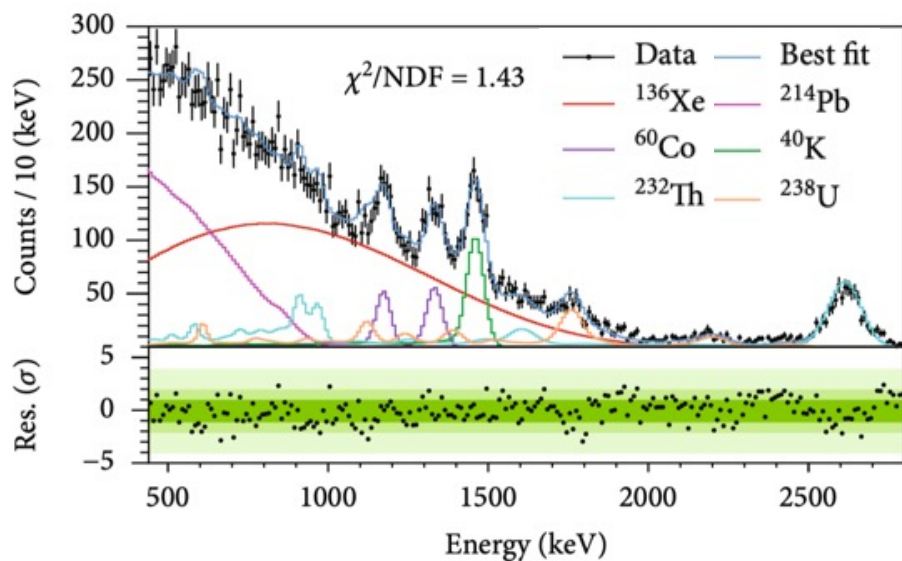
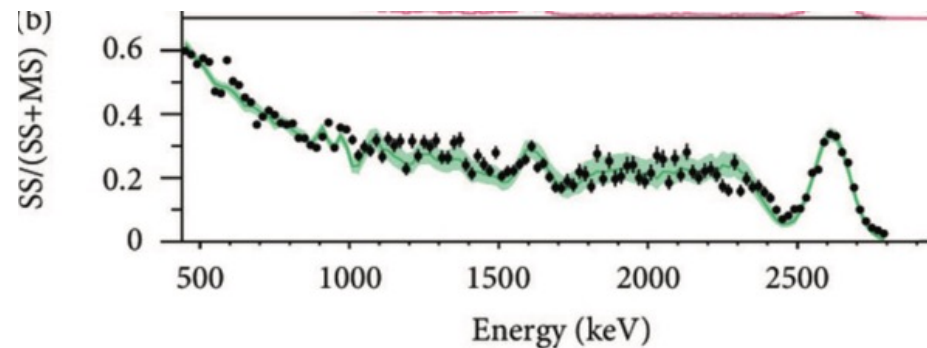
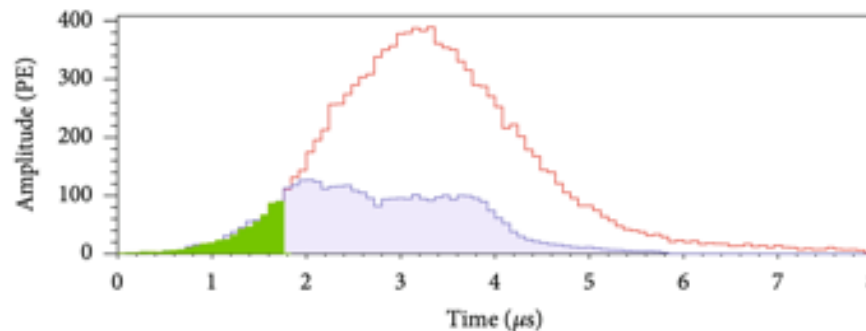


^{136}Xe 双贝塔衰变寿命测量

能量窗口 [440, 2800] keV

- PMT去饱和算法
- Multi-site vs single-site算法

多区域联合拟合估计本底构成



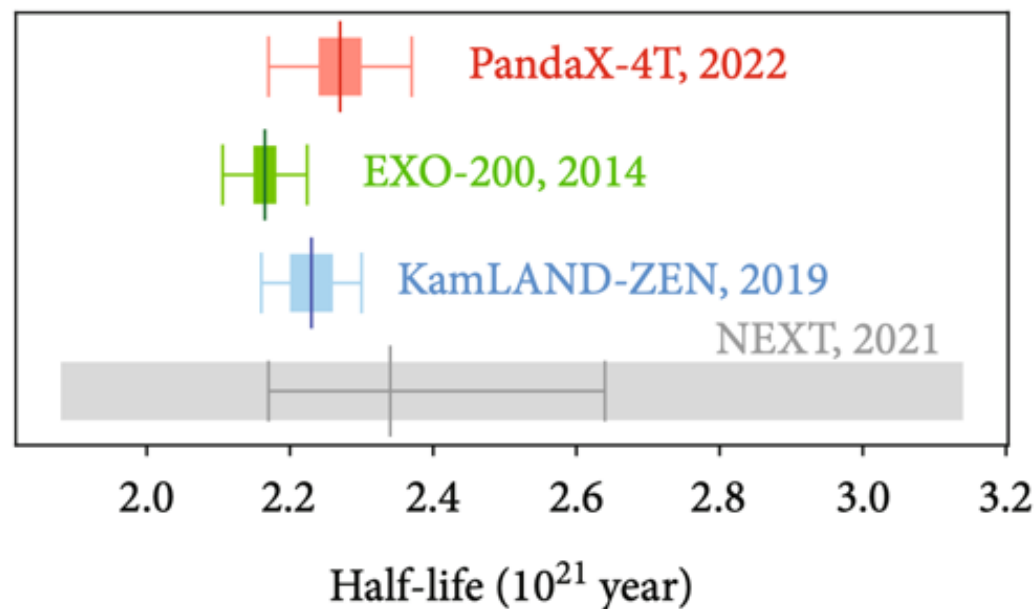
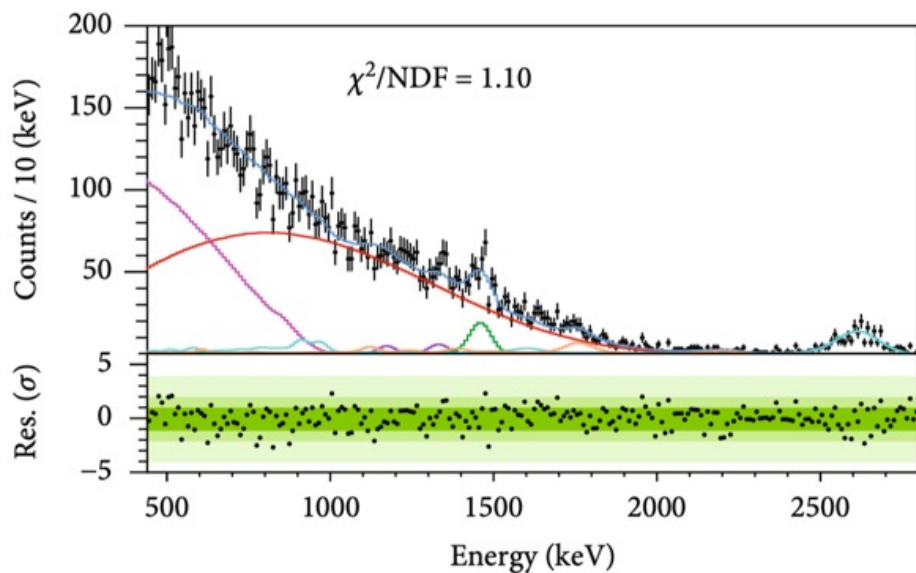


^{136}Xe 双贝塔衰变寿命测量

[arXiv:2205.12809](https://arxiv.org/abs/2205.12809)
Research Vol 2022

□ 国际首个自然氙探测器的 ^{136}Xe 测量结果

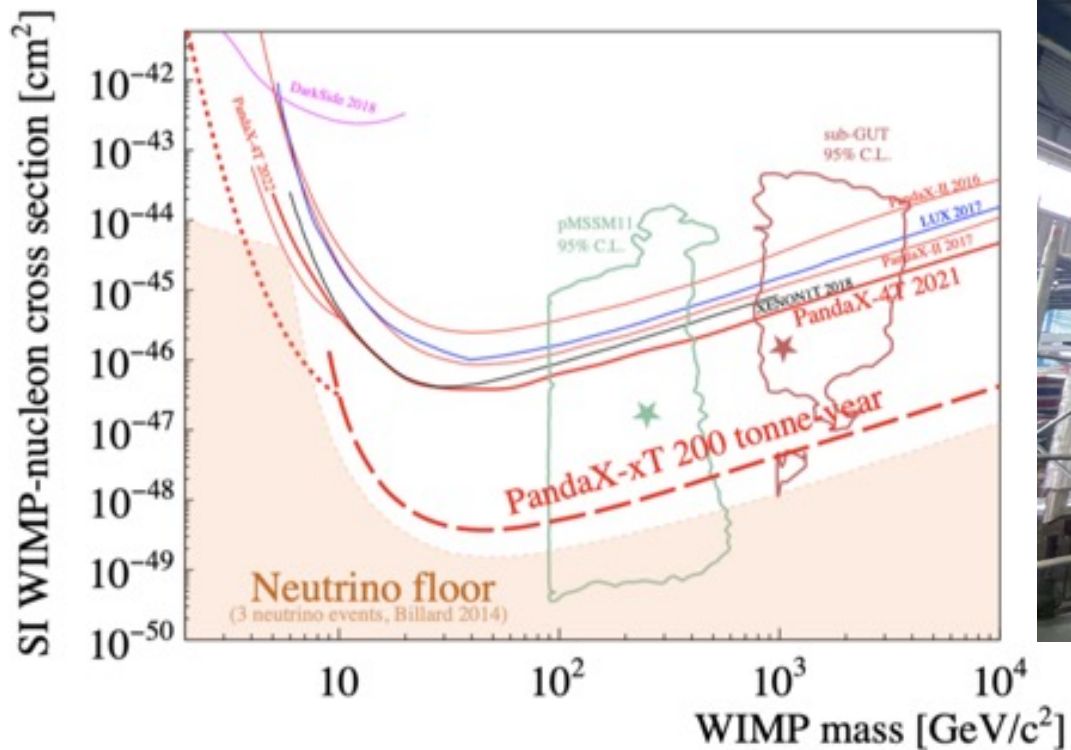
- 2.27 ± 0.03 (stat) ± 0.10 (syst) $\times 10^{21}$ years
- 测量精度可比拟EXO等富集 ^{136}Xe 实验
- 验证了自然氙探测器的物理能力，进而开展无中微子双贝塔探测





PandaX-xT

- 几十吨级终液氦探测实验
- 推进关键技术研发



JUNO江门 中微子实验



□ 交大承担任务

- 刻度系统，多信使触发系统，放射性清洁，刻度分析协调



JUNO刻度系统

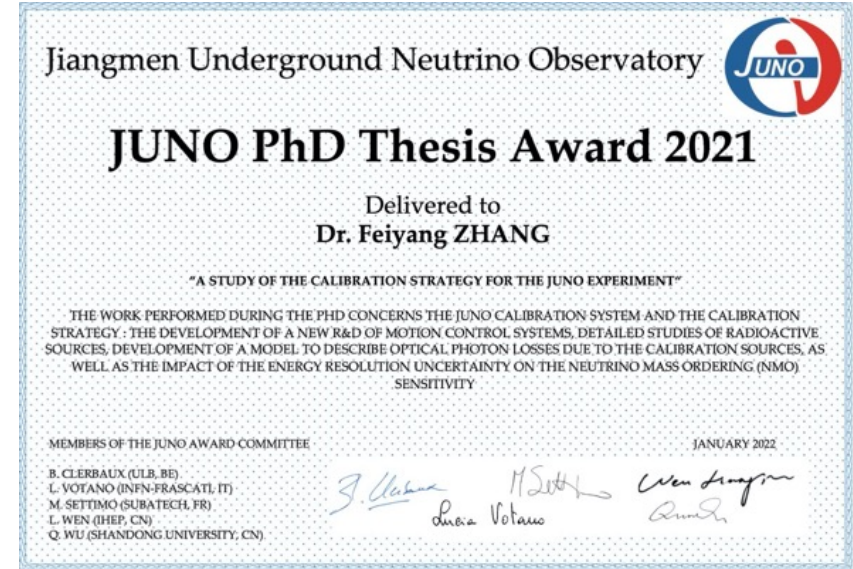
□ 利用退役的大亚湾探测器完成了系统联调、放射源验证、机械/电学测试

- 刻度系统设计

- Prog. Part. Nucl. Phys. 123, 103927 (2022)

- 刻度子系统文章

- Nucl. Sci. Tech. 33 (2022) 6, 76
- JINST 17 (2022) 10, P10024
- PoS NuFact 2021 (2022) 239



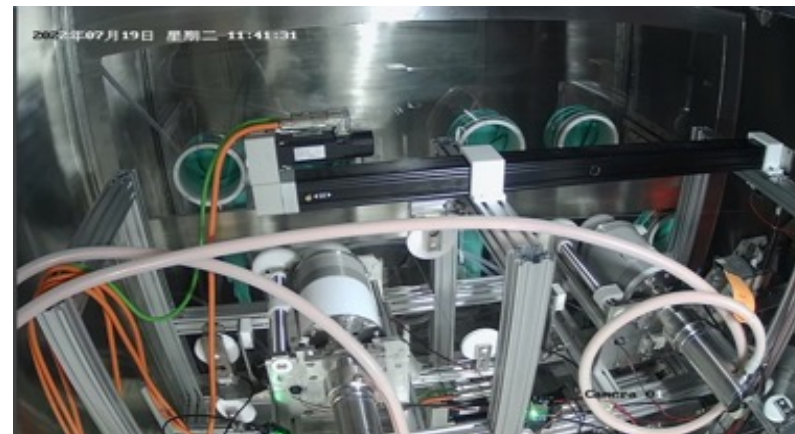
JUNO刻度系统

□ 2022年8月，刻度系统进入全面调试安装阶段

- 刻度系统和JUNO有机玻璃球同步安装



自动刻度系统远程监控运行



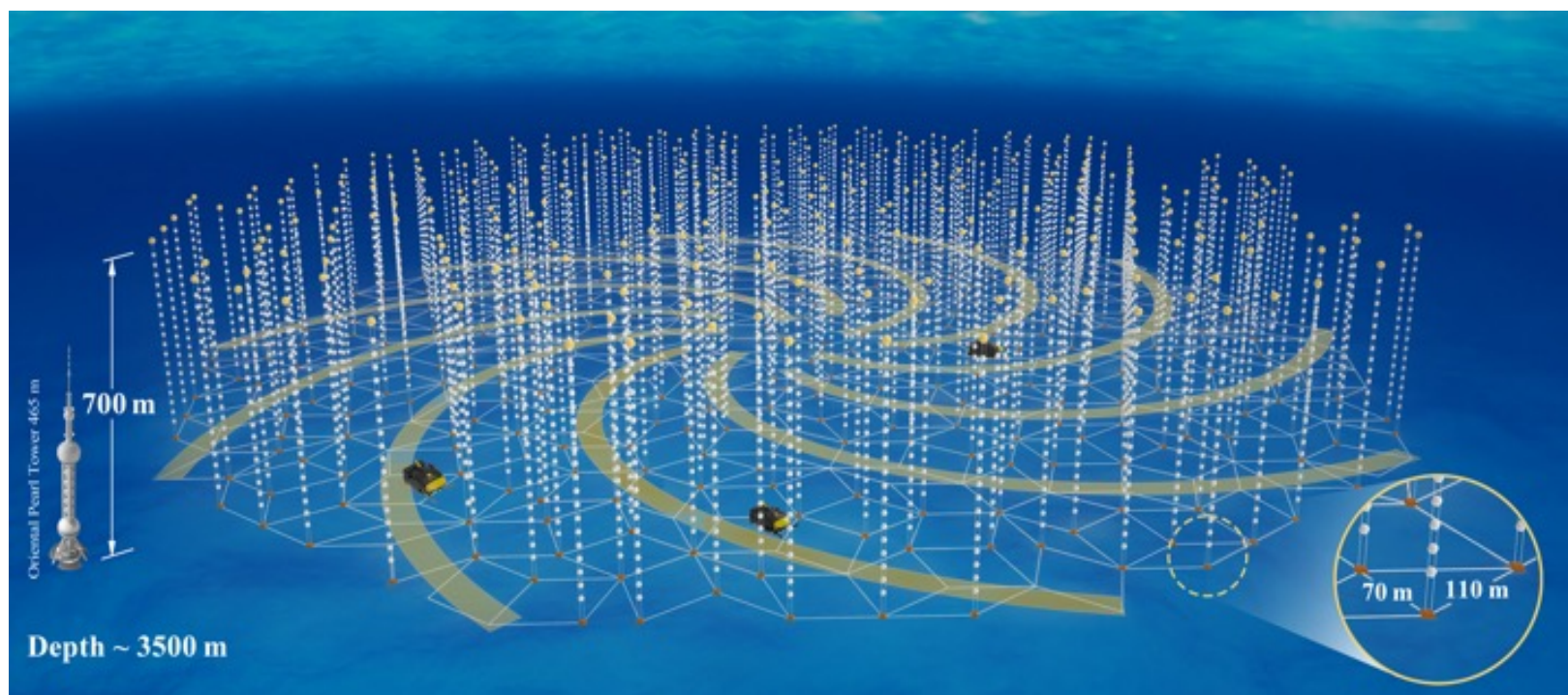
刻度房内部悬线系统安装测试

海铃计划



□ 南海中微子望远镜

- 通过探测高能天体中微子确切地解答宇宙射线起源之谜



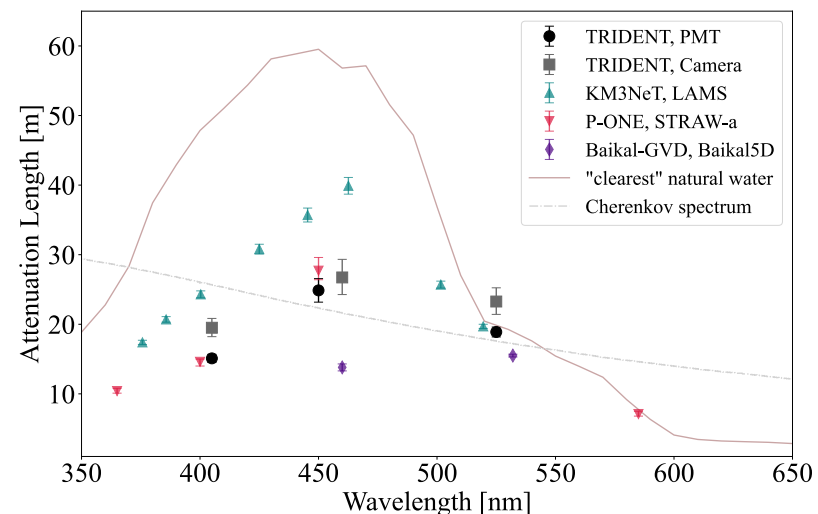
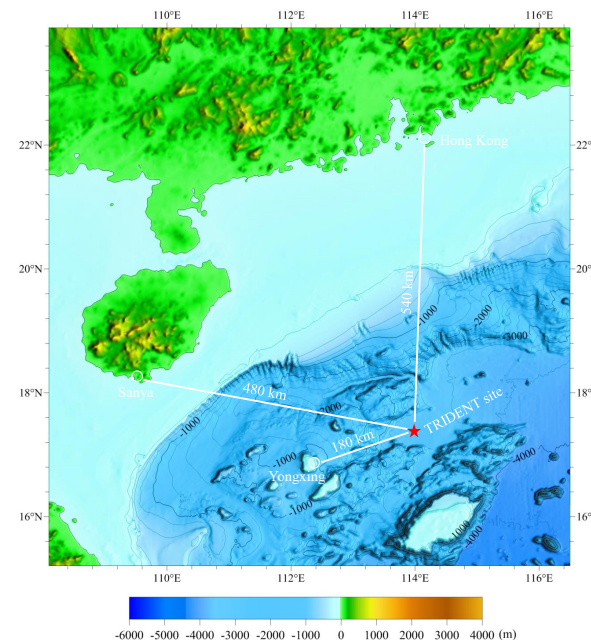
海铃探路者 (2019 – 2021)

□ 南海探路选址：西沙东北大平原

- 原位采集到 3.5km 海深超过 1TB 的数据，并针对全水深海水相关性质进行扫描、检测

□ 经深入分析，验证了预选海域是良好的望远镜台址

- 部分验证了玻璃舱体、电子学、光电传感器、数据分析与模拟等核心技术



海铃望远镜阵列

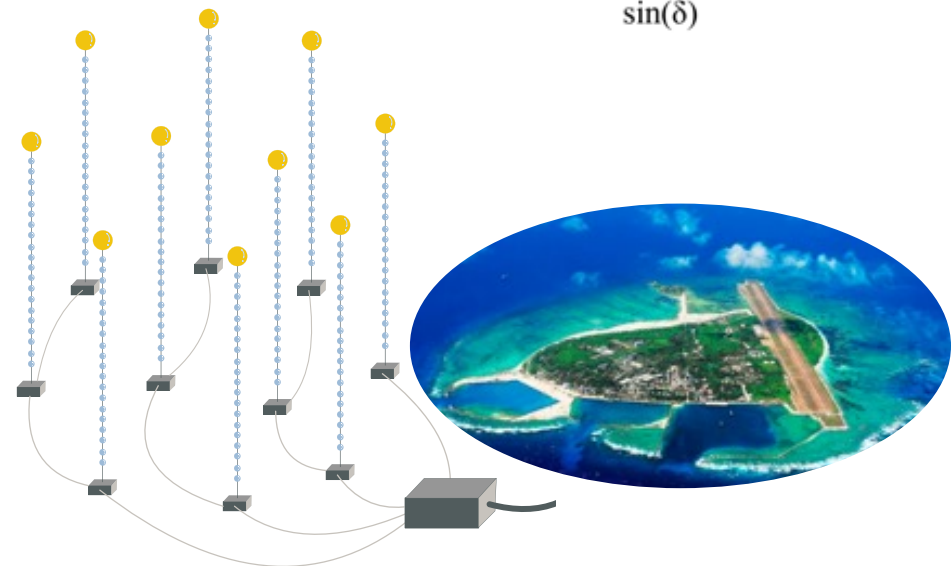
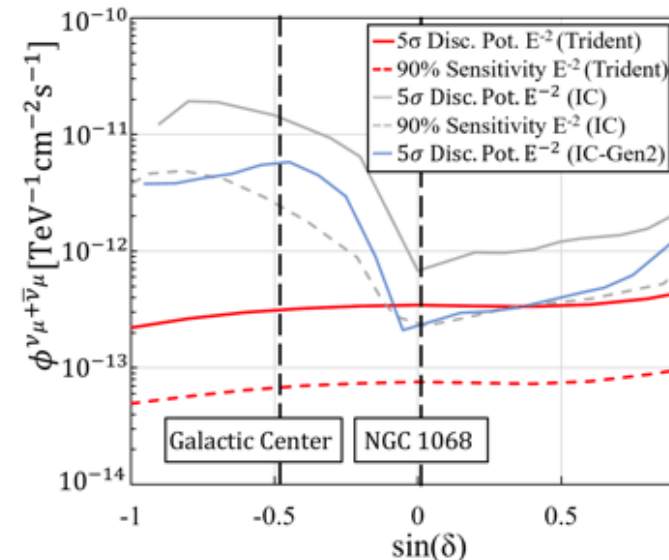
arXiv: 2207.04519

□ 由~1200 串列组成，占地面积 12km²，
监控水体~10km³

- 大幅提升中微子望远镜角度分辨能力，引领全天中微子源搜寻前沿

□ 海铃一期建设（2023–2027）

- 11 根望远镜串列 + 200km 光电混合缆，登陆永兴岛
- 资助机构：科技部，教育部，上海科委



总结



- 地下物理实验团队：15名教师，4名博士后，30余名研究生
- 2022年PandaX-4T利用首批数据开展了多物理目标研究，推进PandaX-xT的技术研发
- JUNO刻度系统和实验整体同步安装
- 海铃实验获得初步资助开展一期建设

谢谢各位专家

