



基于GTAF装置的 (n, γ) 反应截面在线测量研究进展

GTAF项目组成员：张奇玮 栾广源 吴鸿毅 罗湔天 陈玄博 王雨晴 季玉桐

报告人：罗湔天

中国原子能科学研究院 核数据全国重点实验室

2026.07.15

Contents 目录

01

(n, γ) 反应的测量意义

02

γ 全吸收型BaF₂探测装置 (GTAF)

03

基于Back-n的 (n, γ) 截面测量实验

04

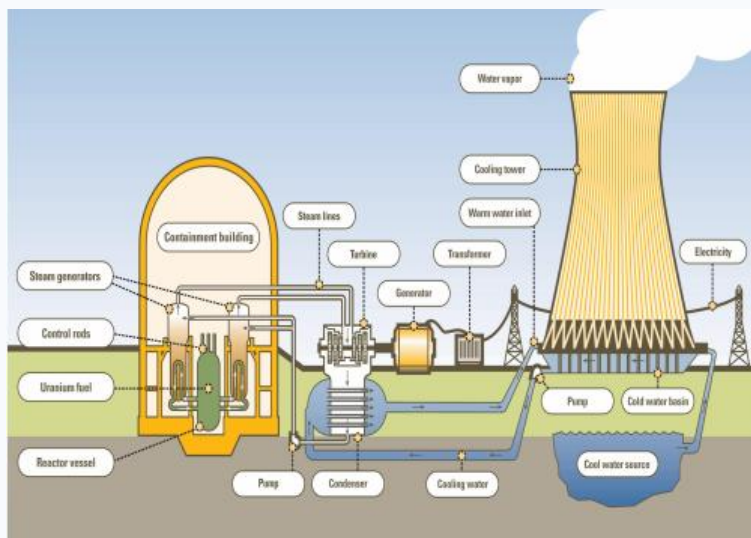
2025~2026年GTAF在线测量实验进展

05

总结与展望

(n, γ) 反应的测量意义

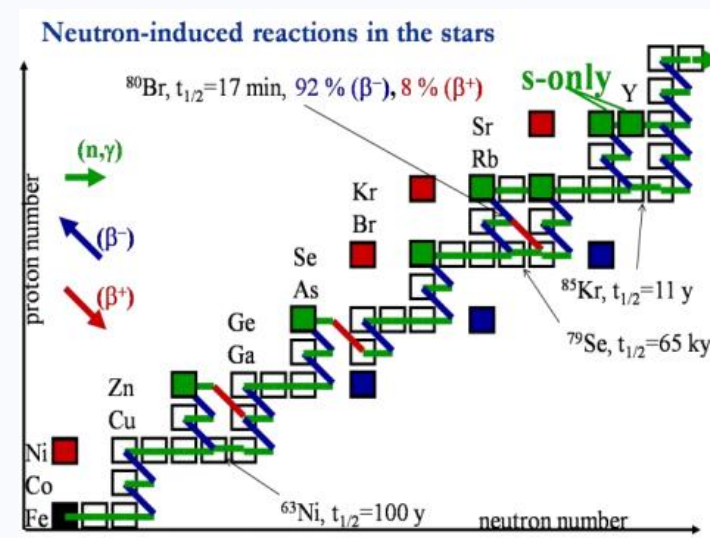
- 中子辐射俘获反应，即 (n, γ) 反应，在和核能利用、核装置设计以及核物理研究中均有重要的应用价值。
- 对于不稳定核素、小截面核素、低样品量核素的共振区的 (n, γ) 反应截面测量存在难度。



先进核能研究



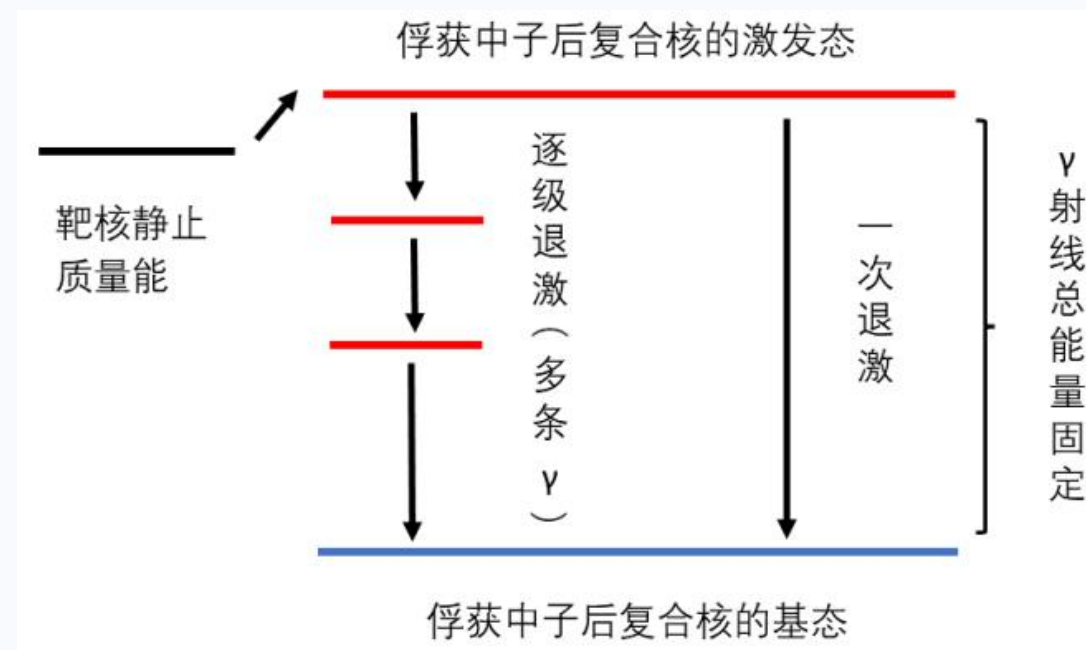
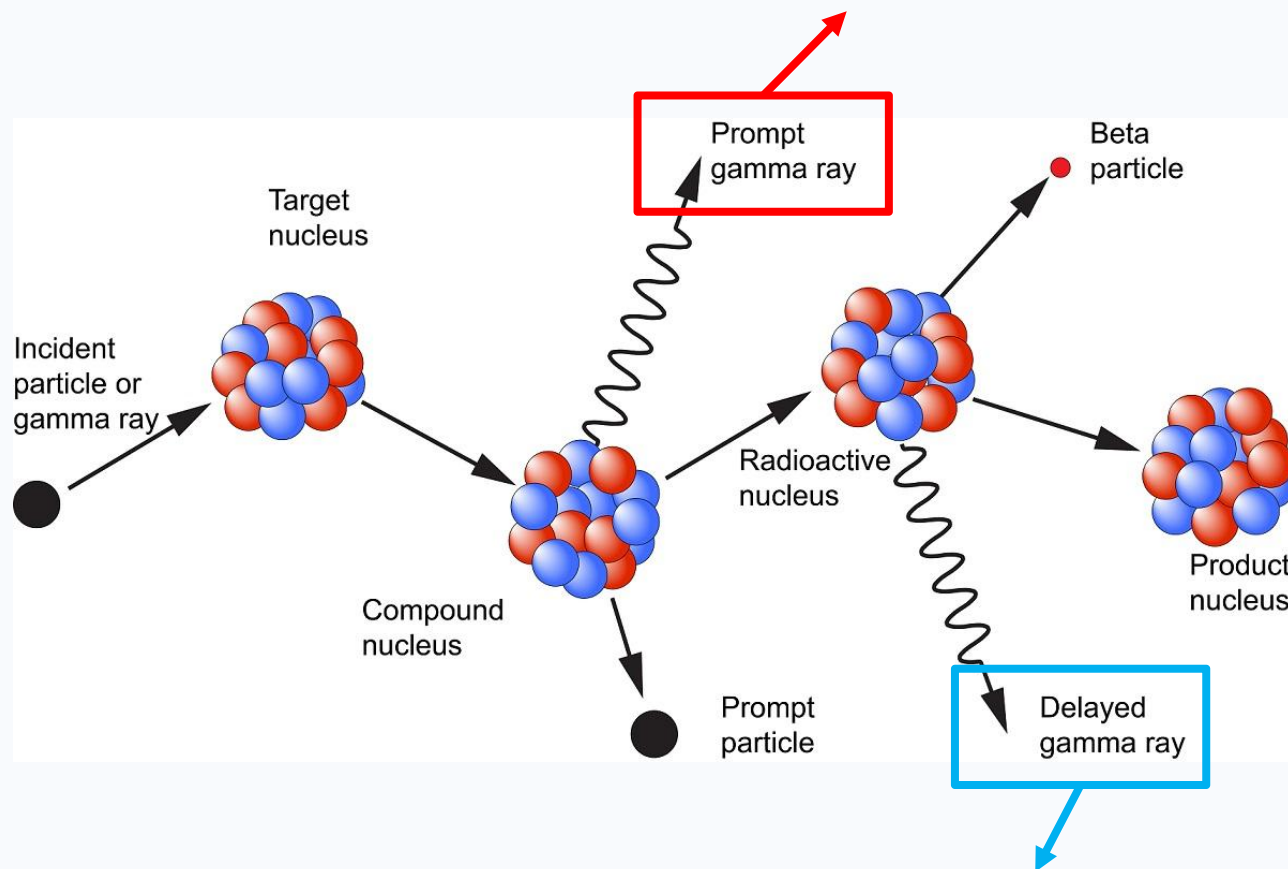
反应堆和核装置设计



核天体物理s过程

瞬发 γ 射线测量法：测量复合核发射的级联射线

优点：普适性 微分截面



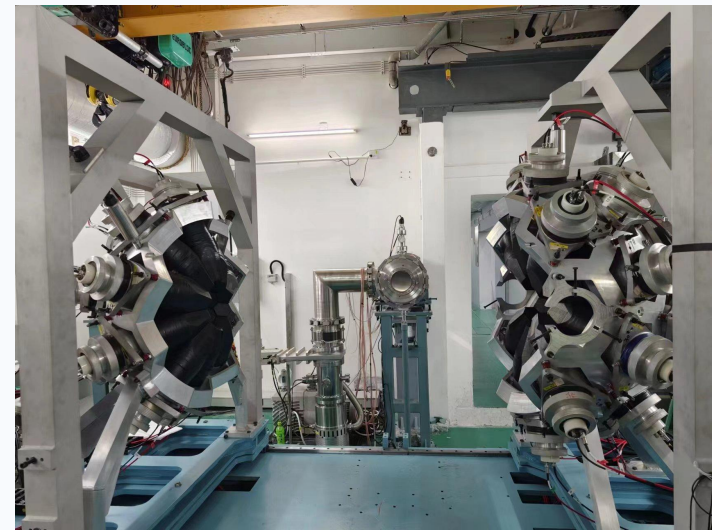
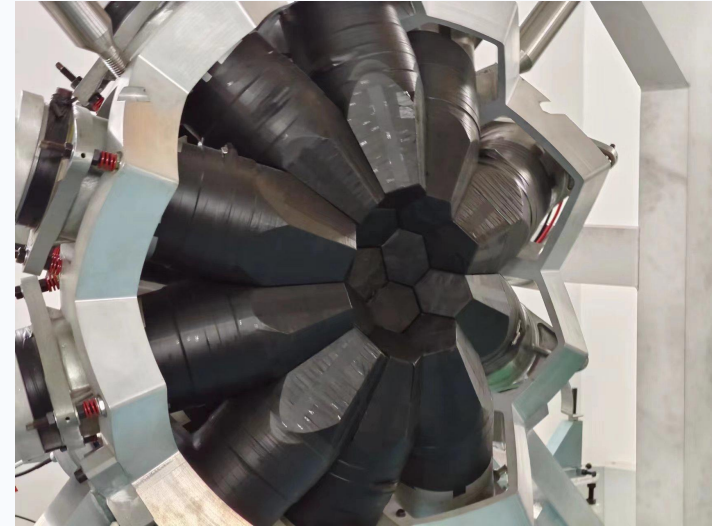
缓发 γ 射线测量法：测量剩余核发射的特征射线

局限性：剩余核半衰期限制 无法区分反应道

γ 全吸收型BaF₂探测装置 (GTAF)

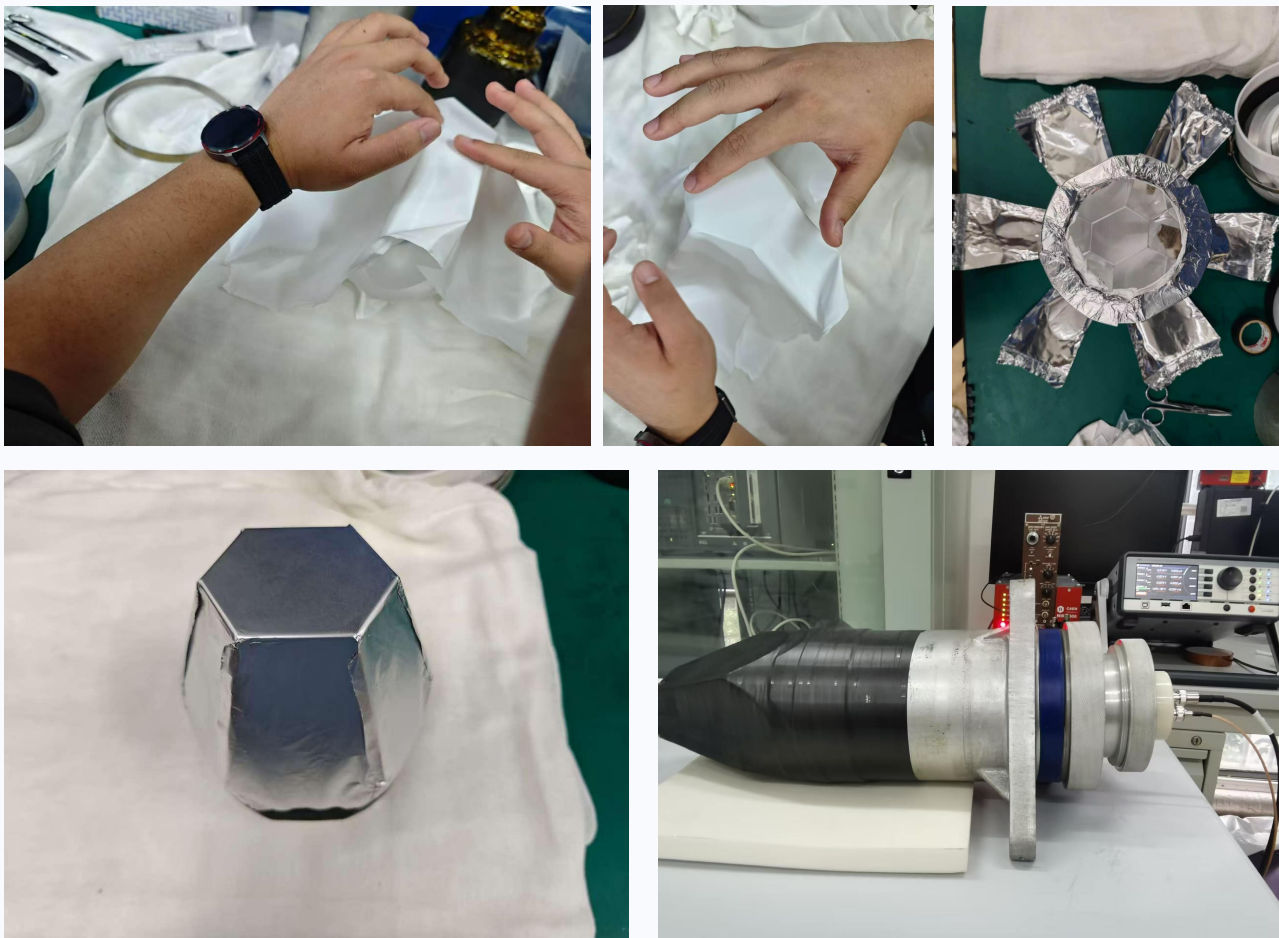
·BaF₂晶体具有**低中子灵敏度**，包含两种发光成分，其中**快成分发光衰减时间为0.6 ns**，慢成分为620 ns。化学性质稳定。这使得其**适合开展基于飞行时间 (TOF) 方法的中子辐射俘获反应截面测量**。

·GTAF装置由40个探测单元组成，其中包含12块五棱锥台形晶体和28块六棱锥台形晶体。该探测器能够**覆盖95.2%的立体角**。对50 keV到9 MeV的**探测效率可以达到85%以上**。

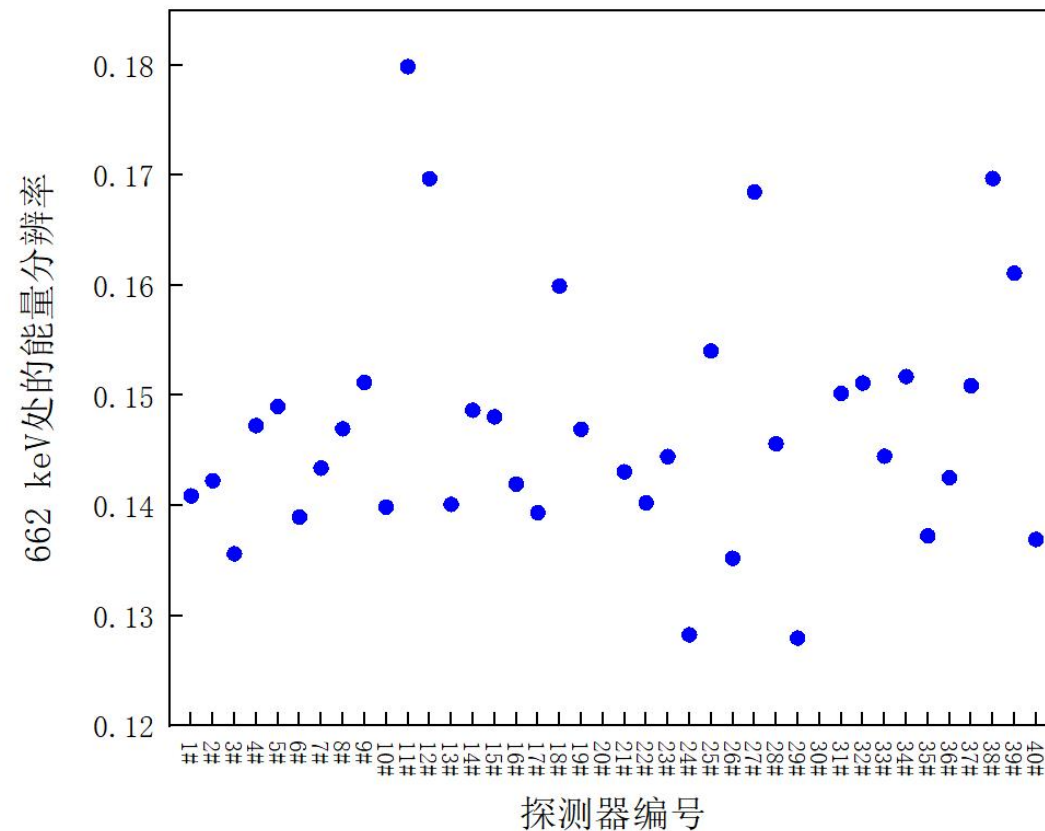


GTAF装置照片

γ 全吸收型BaF₂探测装置 (GTAF)



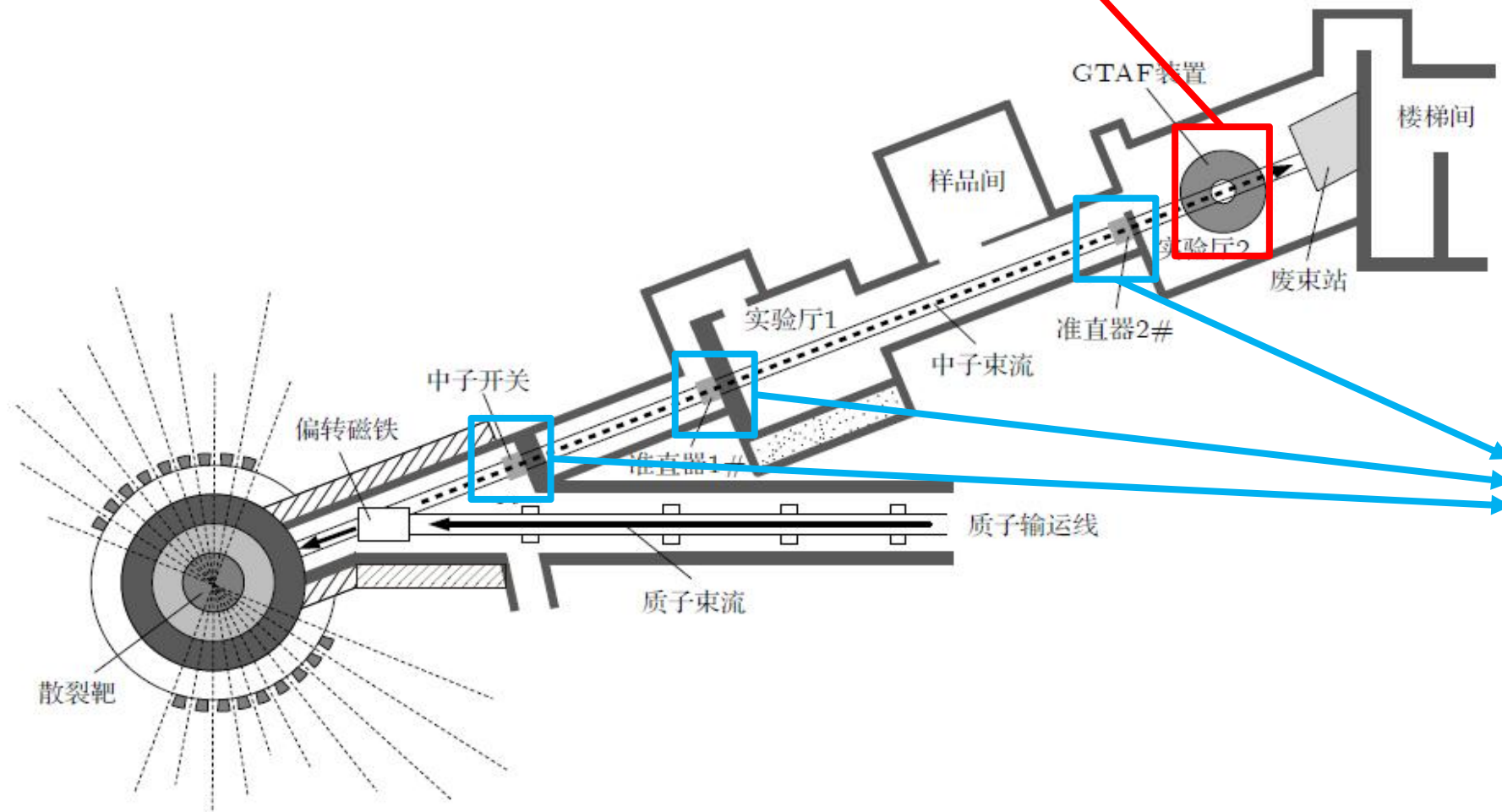
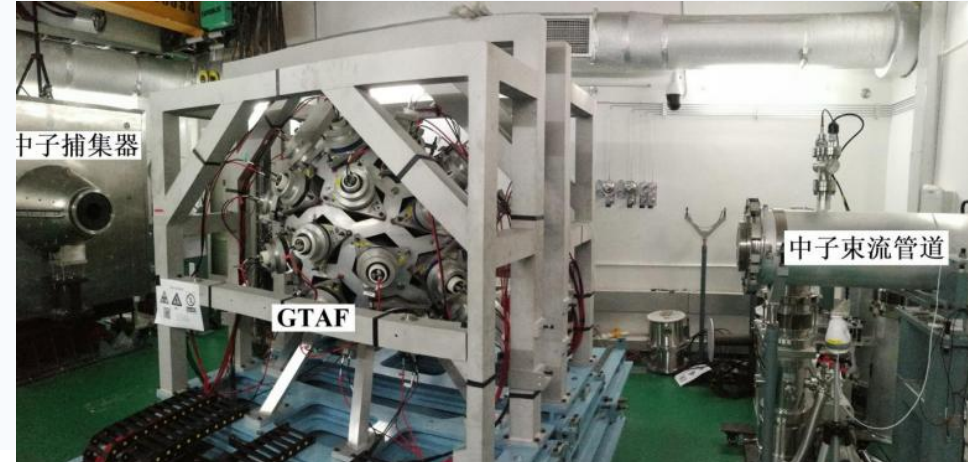
对GTAF探测器进行维护和测试的现场照片



经过维护后，GTAF各探测器的能量分辨率(¹³⁷Cs)
维护后的探测器性能达到国际同类型装置领先水平

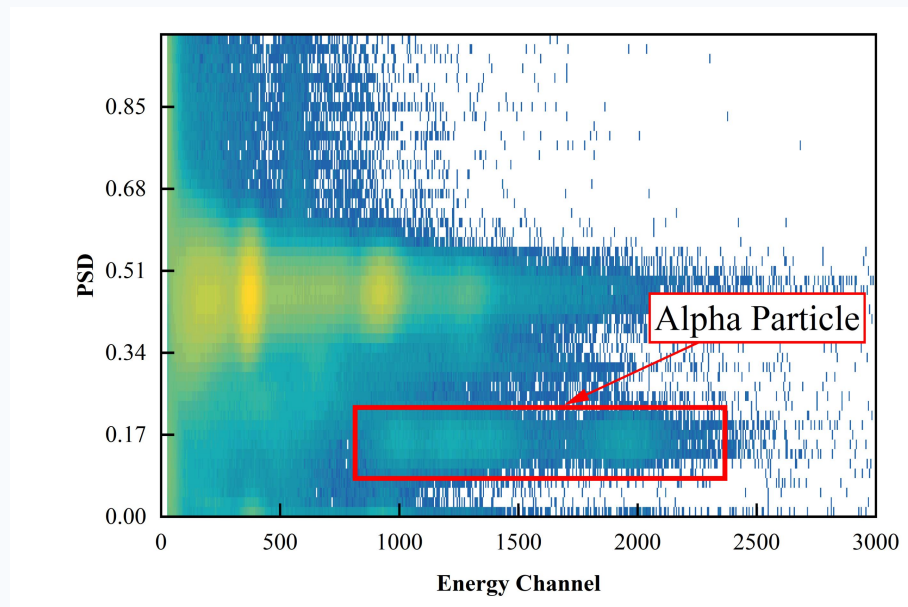
基于Back-n的(n, γ) 截面测量实验

GTAF装置位于实验厅2，飞行距离约为76.09 m。



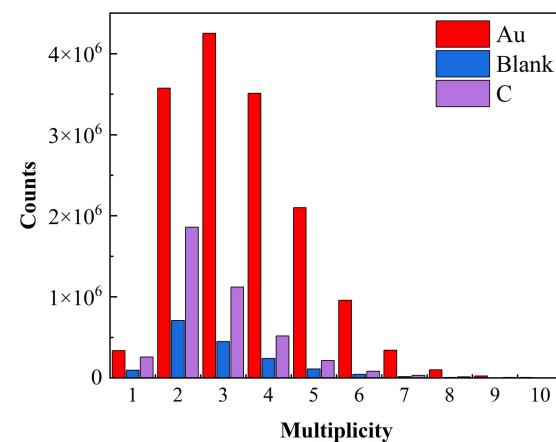
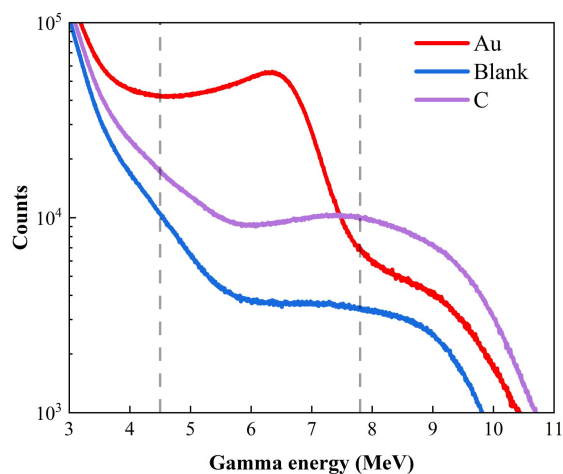
GTAF常用的孔径组合为 $\Phi 12\text{ mm} + \Phi 15\text{ mm} + \Phi 40\text{ mm}$ ，约为 $\Phi 30\text{ mm}$ 束斑。

GTAF处理方法简介



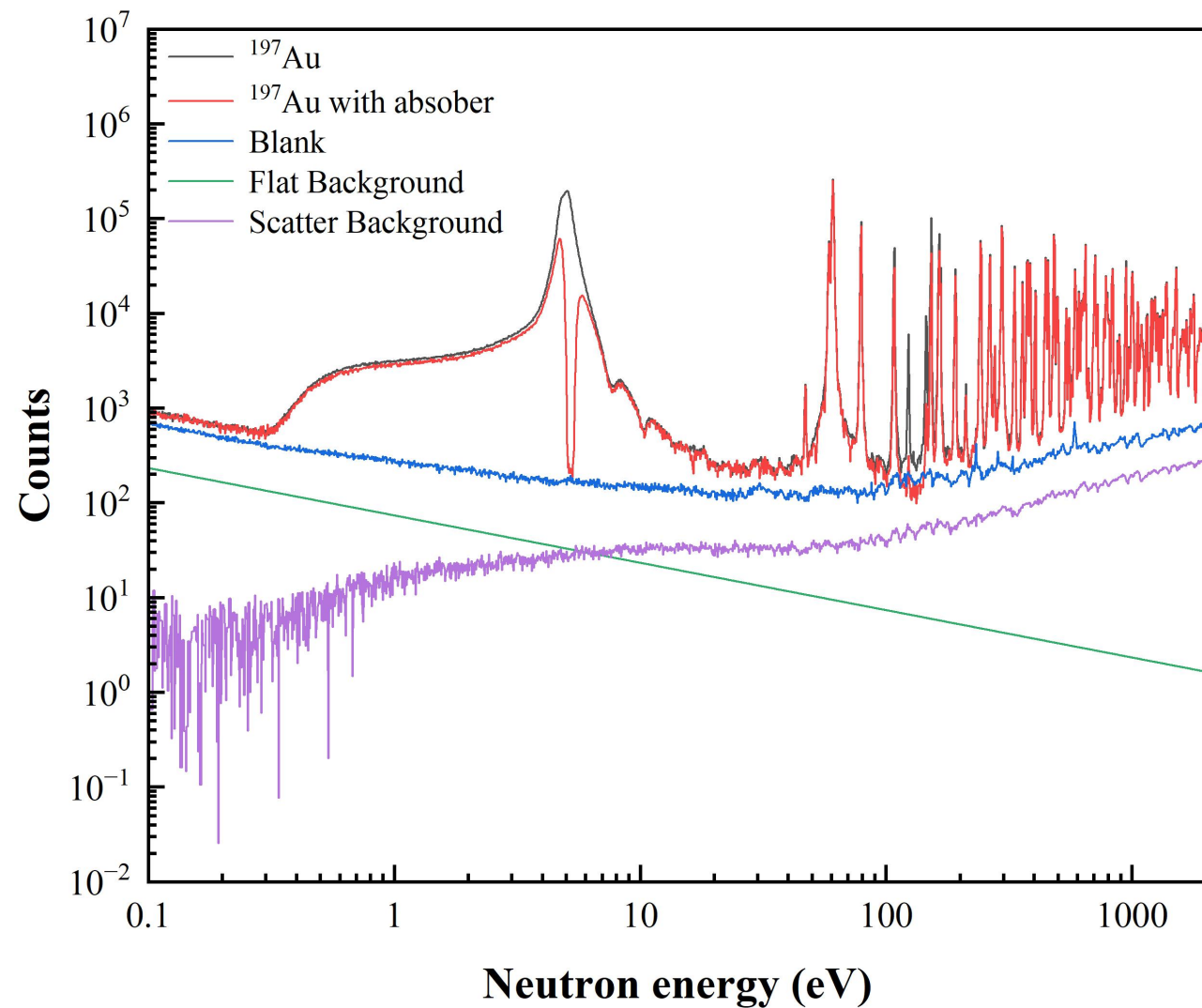
·BaF₂晶体存在天然 α 本底，可以使用PSD方法进行鉴别。

·通过对 γ 加和能进行限定，可以排除低能和高能的本底。



·通过对多重性进行筛选，可以排除偶然符合的本底。

GTAF处理方法简介

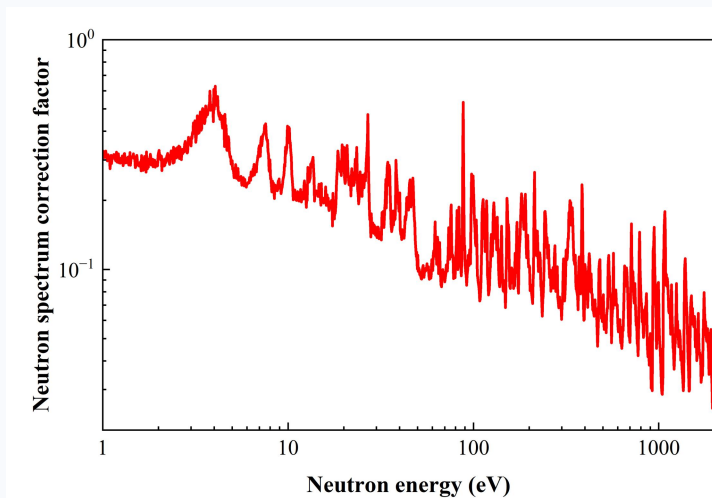


·通过使用Cd吸收片，评估环境中长寿命核素引起的坪本底。

·通过测量空靶架，评价与样品无关的本底。

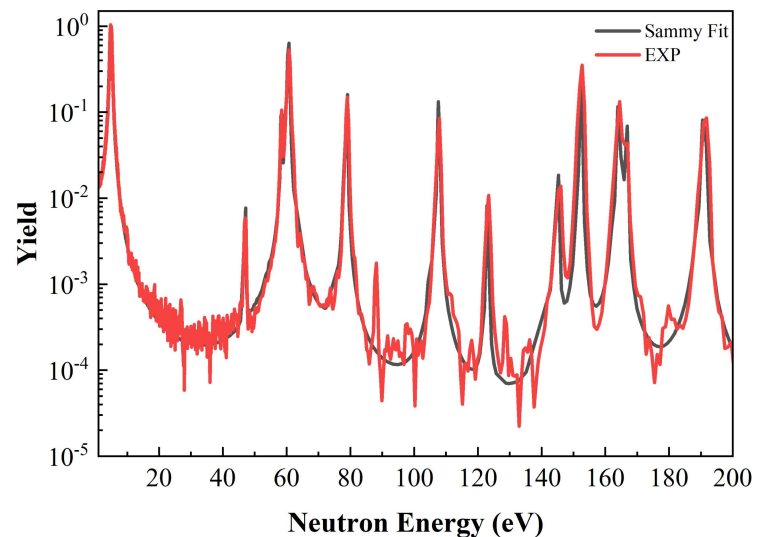
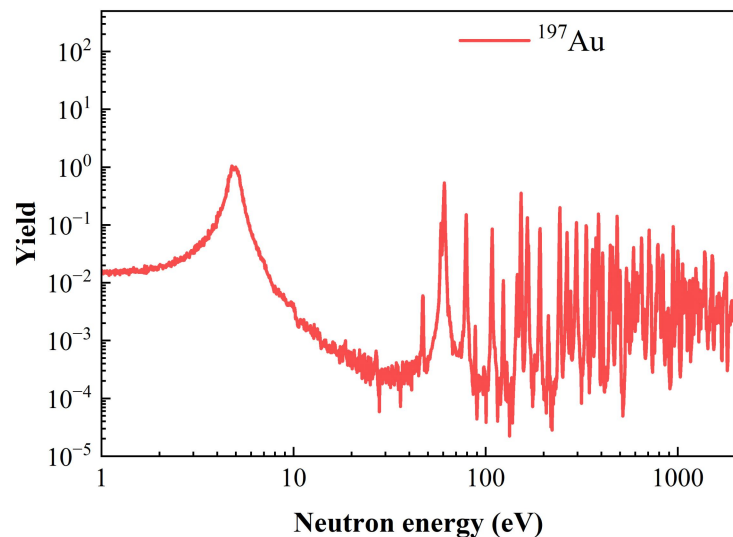
·通过测量C样品，对样品引起的散射中子本底进行评估。

GTAF处理方法简介



·通过测量得到的中子能谱确定修正因子，消除由中子能谱形状带来的影响。

·通过 ^{197}Au 的饱和共振峰进行归一，获得实验产额，随后使用SAMMY进行共振分析。



2025~2026年GTAF在线测量实验进展

时间	名称	实验类别	实验负责人	实验支持人	备注
2025.1	北航孙保华老师 La (n, γ)反应截面测量	合作实验	孙保华	栾广源	已安排重新实验
2025.3-2025.4	Xe系列同位素 (n, γ) 反应截面试测量	公开实验	栾广源	栾广源	已完成
	GTAF同位素样品实验 (^{93}Nb , ^{124}Xe)	公开实验	张奇玮		
2025.4、2025.11	公用电子学联调	内部合作实验	蒋伟	蒋伟	已完成
2025.11	极化中子NOPTREX测试实验	合作实验	张墨凡	蒋伟	已完成
2026.05	北航孙保华老师 La (n, γ)反应截面测量	合作实验	孙保华	栾广源	已完成
2026.05	Ce反应截面试测量	公开实验	张奇玮	栾广源	已完成
2026.06	极化中子NOPTREX实验	合作实验	张墨凡	蒋伟	已完成

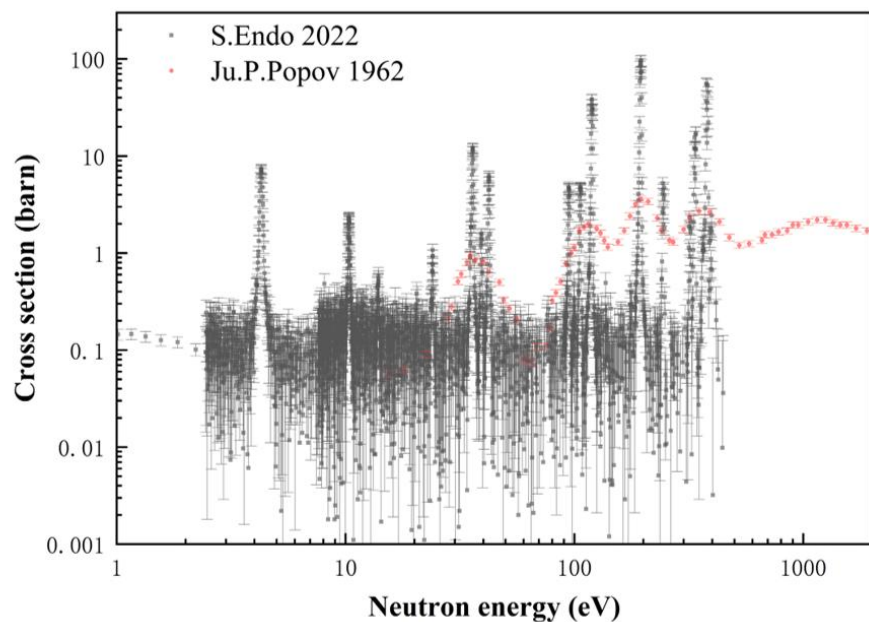
^{93}Nb 的 (n, γ) 反应截面测量 (NST)



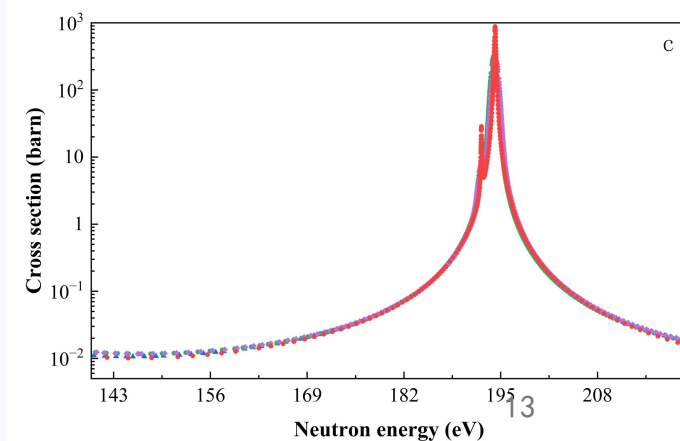
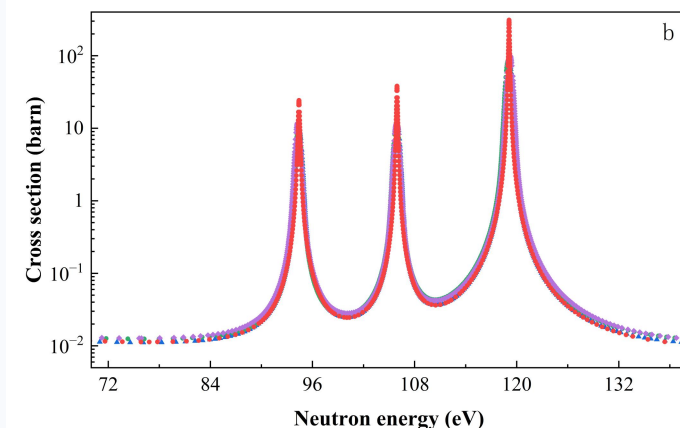
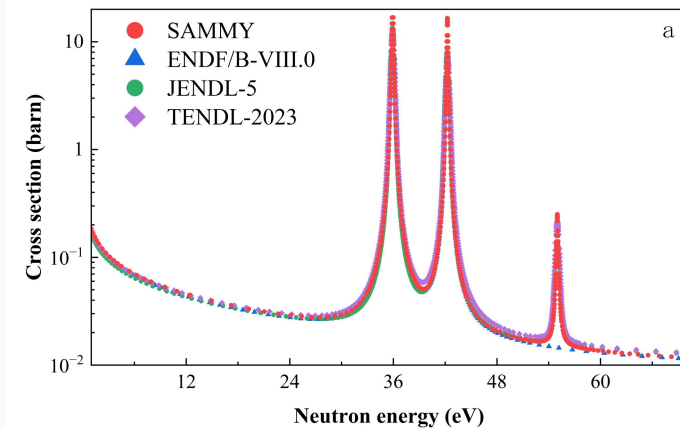
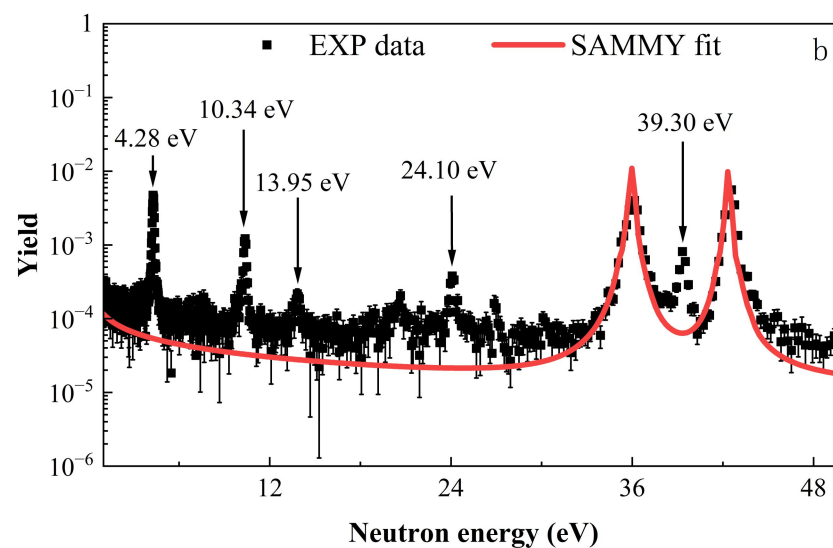
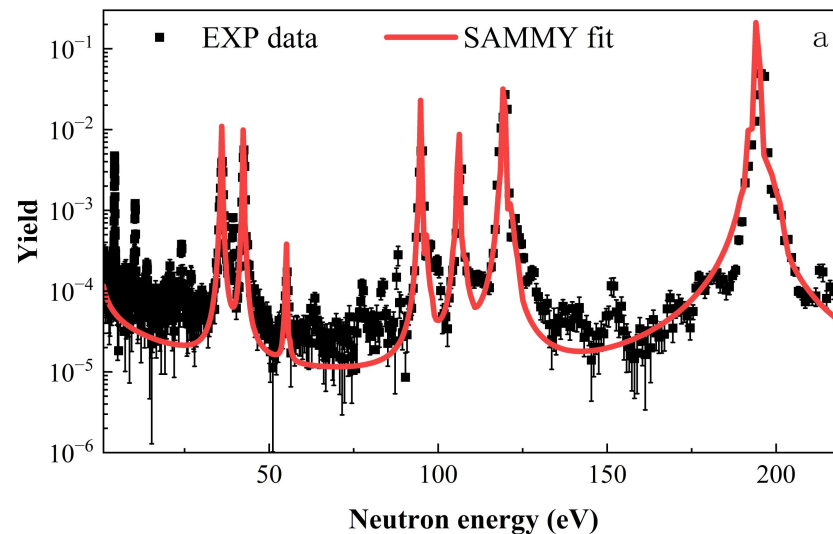
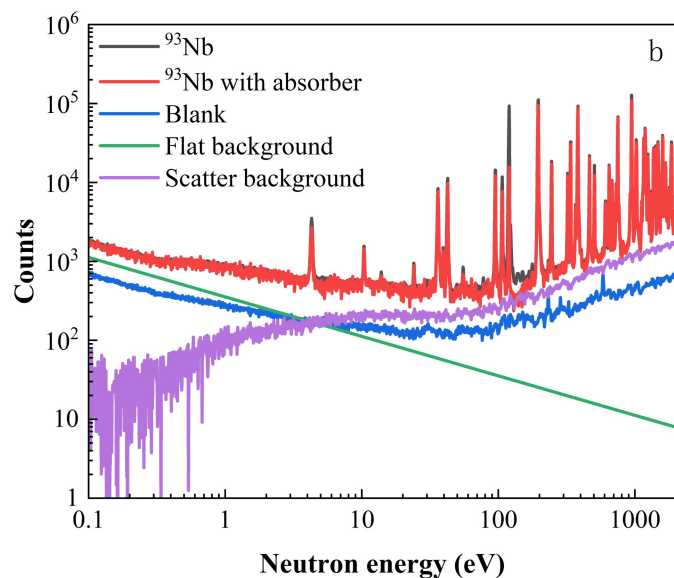
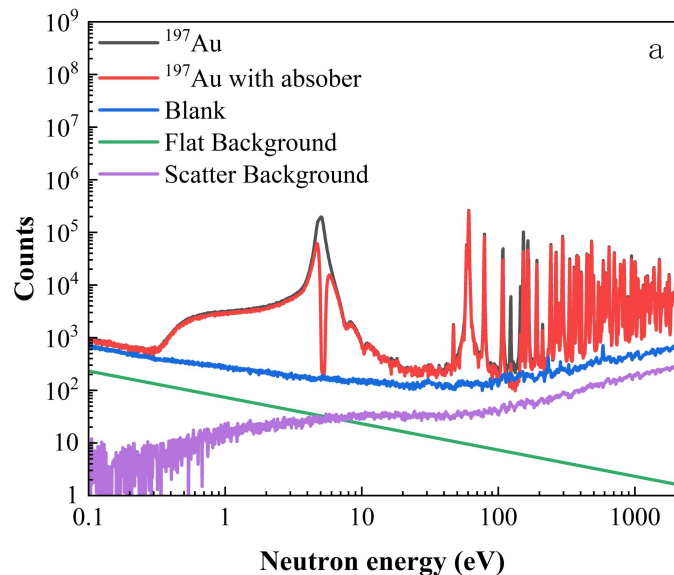
· 铌 (Nb) 是一种耐高温、耐腐蚀的稳定材料，是反应堆的壳材料之一。

· Nb_3Sn 和 NbTi 合金是功率加速器使用的超导磁线圈的重要材料。

共振能区现有实验数据：测量数据少，不确定性高。



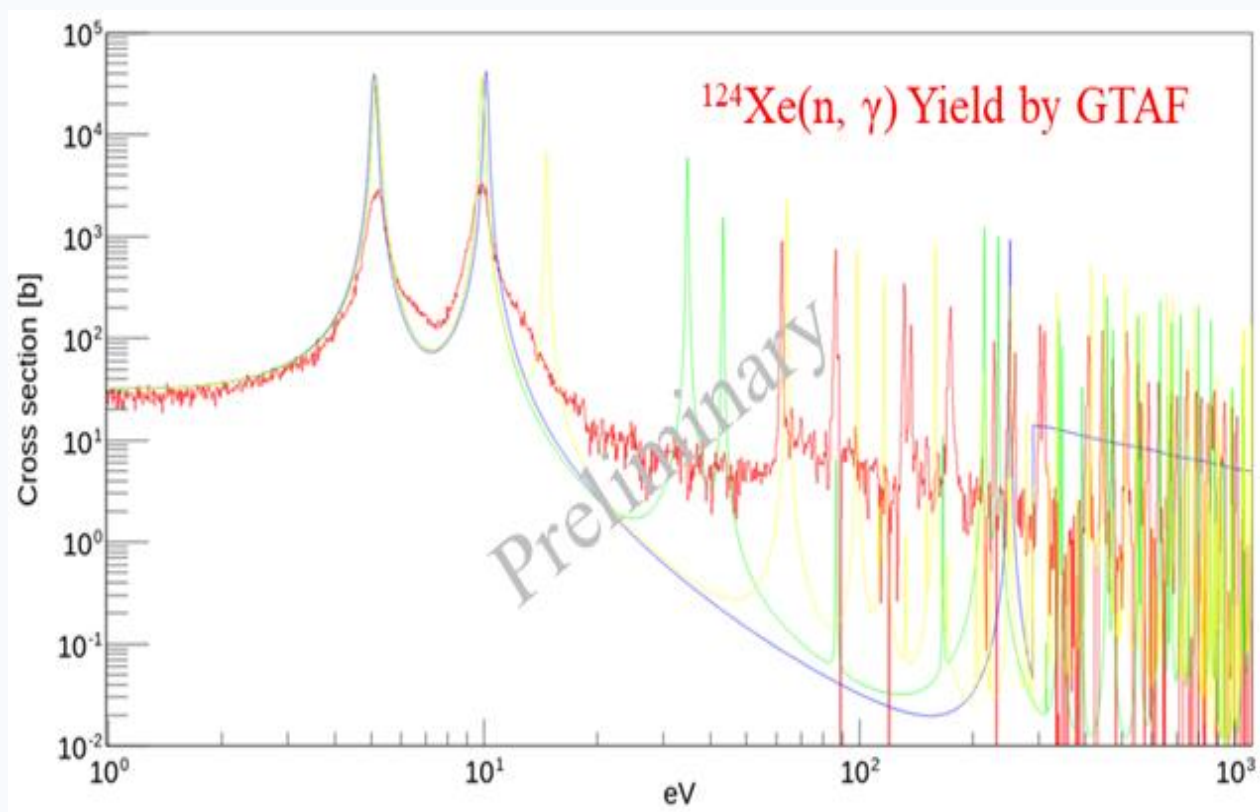
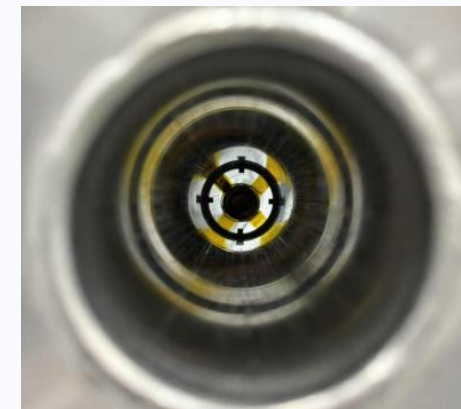
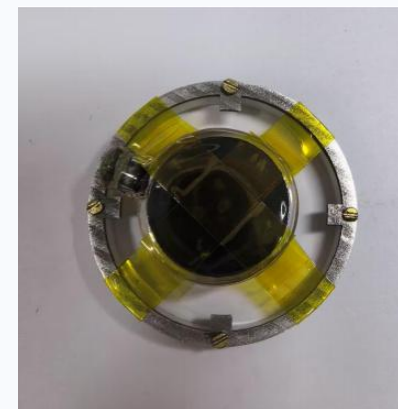
^{93}Nb 的(n, γ)反应截面测量 (NST)



Xe稳定同位素的 (n, γ) 反应截面测量

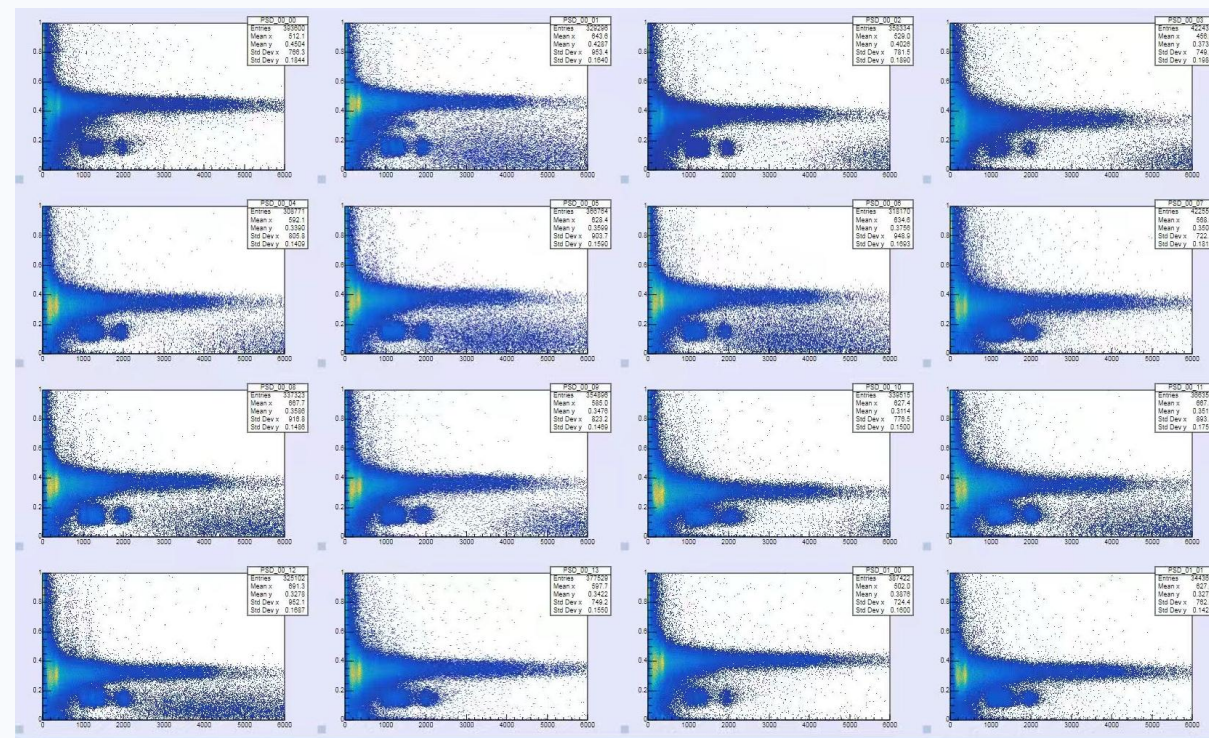
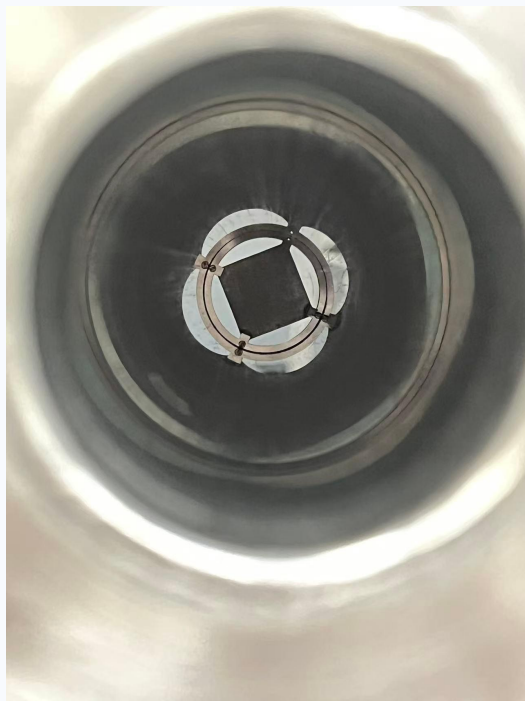
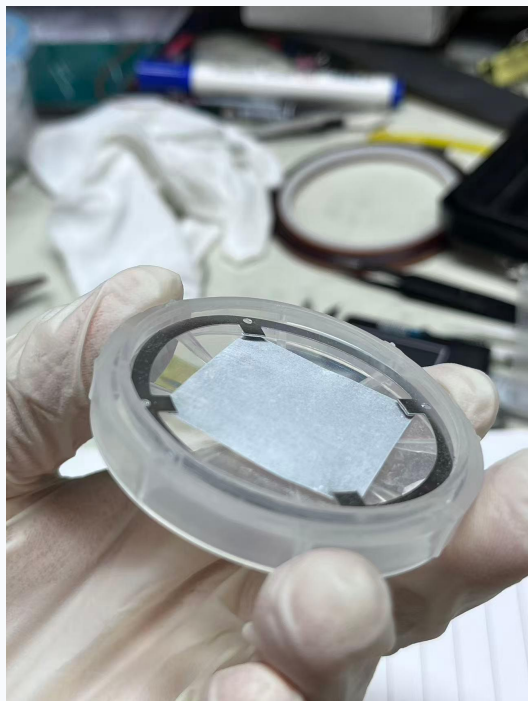
国际首次系统开展Xe稳定同位素 (n, γ) 截面 (试) 测量

研究具备高度应用价值，得到国际同行CERN nTOF 关注

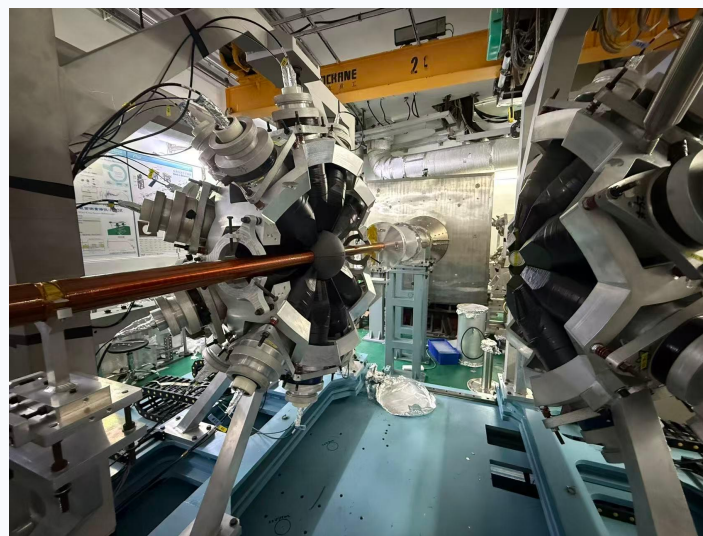
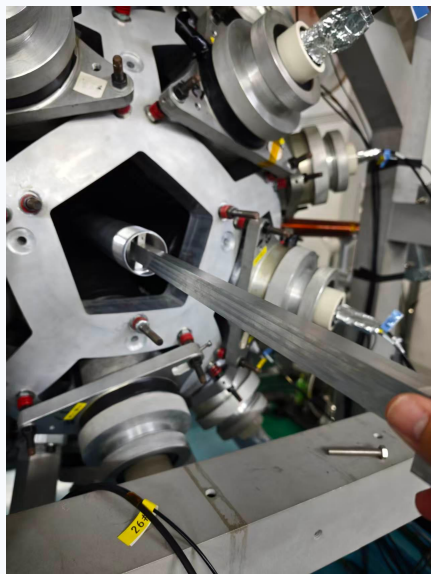
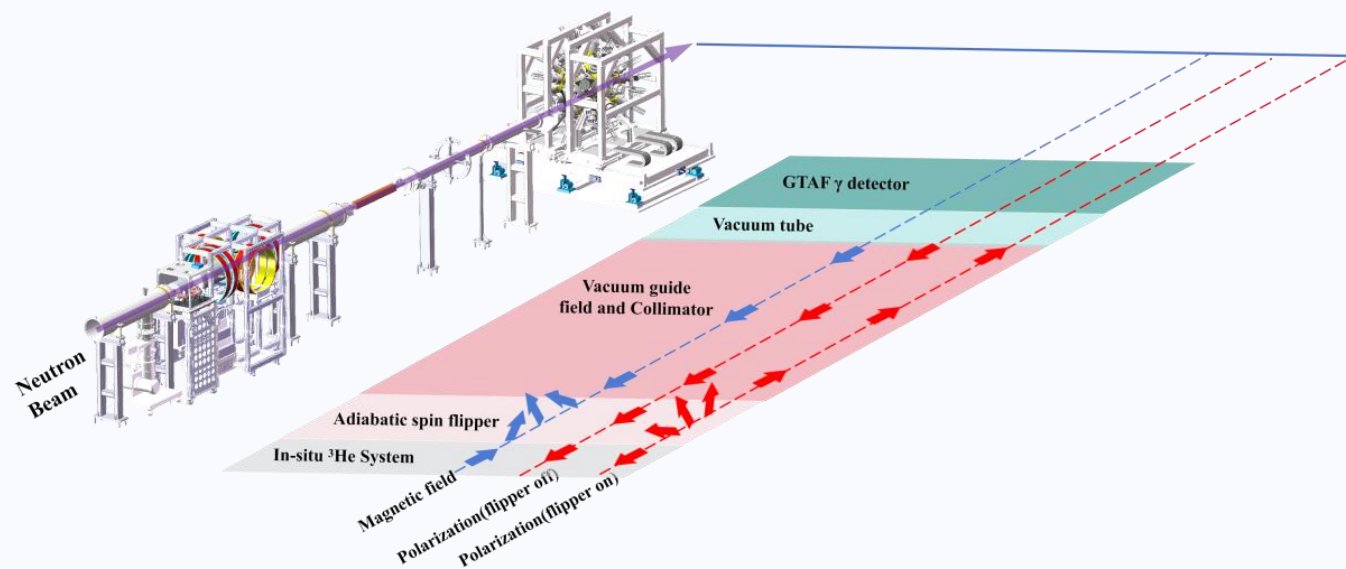
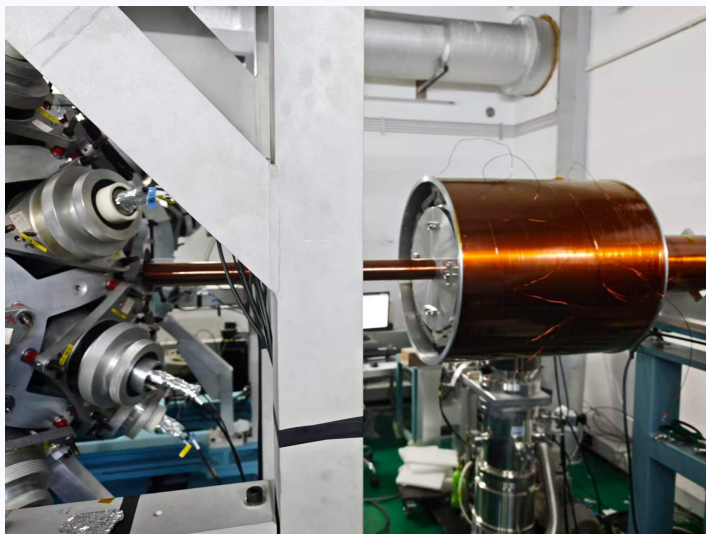


北航孙保华老师 $\text{La}(n, \gamma)$ 反应截面测量实验

2026.05顺利开展实验，探测器在经过维护后开展实验时效果良好

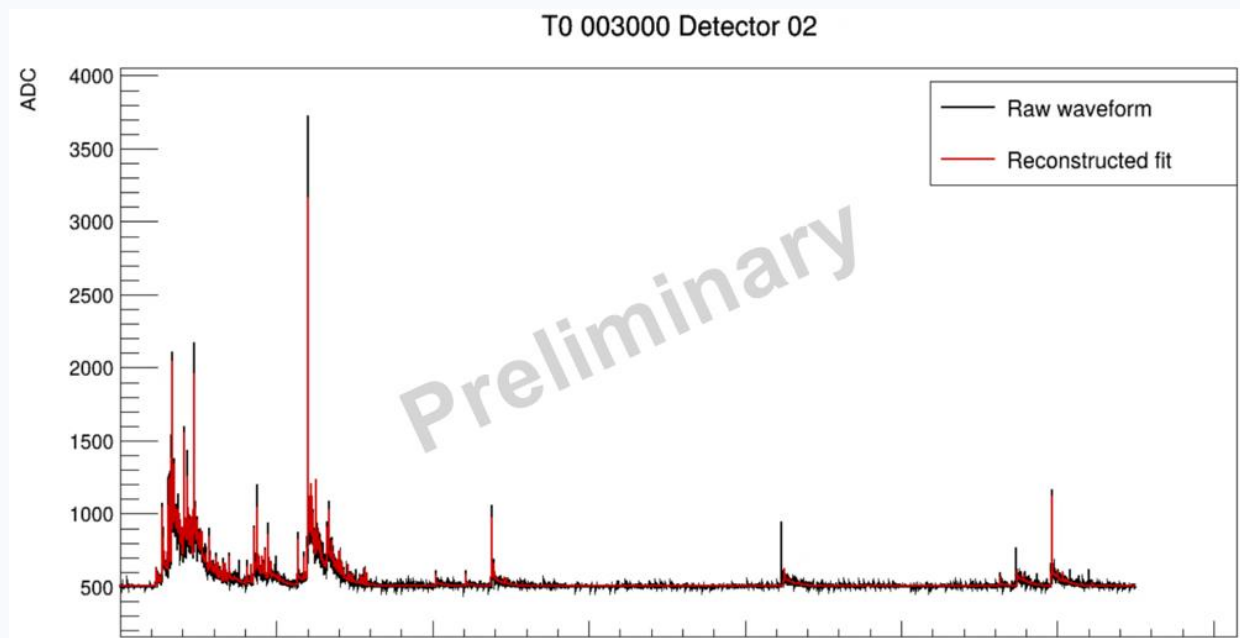
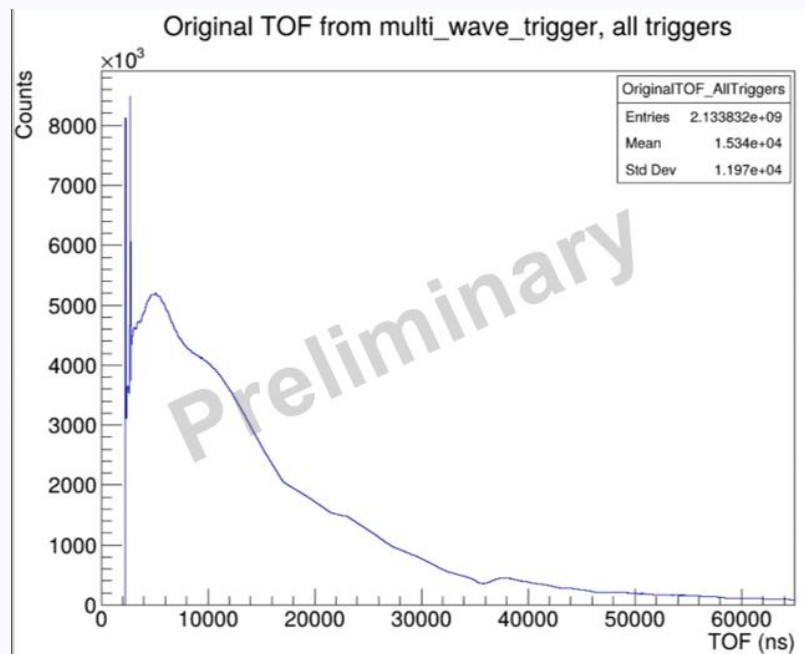


NOPTREX合作组实验



GTAF波形处理及解堆积研究

- 连续区的截面准确性对于核天体物理、快中子核能系统设计、核数据评价工作等十分重要。
- 在连续区，波形堆积程度高，信号复杂，需要进行波形分析和解堆积。



- GTAF经过了几年的测试和实验，在维护过后拥有较好的实验条件。
- GTAF在过去的一年内稳步开展实验，取得了一些成果。

GTAF接下来的工作计划：

- Kr的同位素测量；
- 为 ^{235}U 的测量进行电离室和样品的准备；
- 针对连续区实验数据的波形处理和解堆积方法研究；



谢谢