

Se/Er/Cu中子俘获截面实验数据 分析进展

上海高研院: 胡新荣, 李鑫祥, 张岳, 郝子锐, 匡攀, 刘龙祥, 王宏伟, 范功涛, 曹喜光

合作研究: 任杰 (原子能院), 蒋伟 (高能所), 王小鹤, 胡继峰, 姜炳 (应物所), 张苏雅拉吐, 王德鑫, 王金成 (内蒙民大), 刘应都, 麻旭 (湘潭大学), 马春旺, 王玉廷 (河南师大), 安振东 (中山大学), 何健军, 苏俊, 张立勇 (北师大)

2020-08-10

报告内容

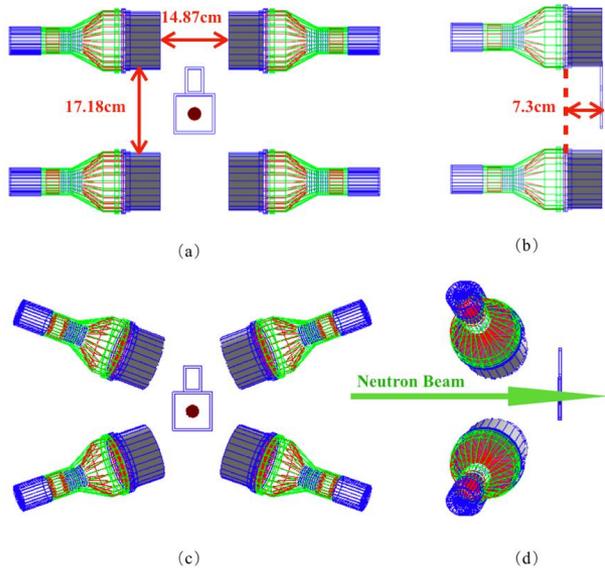
1. 中子俘获截面数据处理过程
2. Au/Se/Er/Cu靶数据分析结果
3. 未来研究展望

实验情况简表

实验时间	束流功率	实验靶材	靶参数/mm	测量时间/h	文件数目	备注
2019.01	30kW 25Hz 双束团 Φ60xΦ30 xΦ30	natSe	Φ50x1.5/2/4	~147	393/2422/254	
		natY	Φ50x1		884	
		natC	Φ50x1,Φ40x2		173/348	
		¹⁹⁷ Au	Φ50x1		1026	
		Empty			12	
2019.04	50kW 25Hz 双束团 Φ50xΦ50 xΦ40	natEr	Φ50x1/2,Φ30x0.42	~100	4850/1610	
		natYb/natSm	Φ50x1		1071/545	
		natC	Φ50x1		269	
		¹⁹⁷ Au	Φ30x1		173	
		Empty			250	
2020.01	80kW 25Hz 双束团 Φ50xΦ15 xΦ40	⁶³ Cu	Φ30x0.1	~140	1253+412	
		⁶⁵ Cu	Φ30x0.1		1207	
		natC	Φ30x0.1		369	
		natPb	Φ30x0.53		93	
		¹⁹⁷ Au	Φ30x0.1		287+95	
		Empty			570	
		BeamOff	Φ30x0.1, ⁶³ Cu		39+13	

一、中子俘获截面数据处理过程

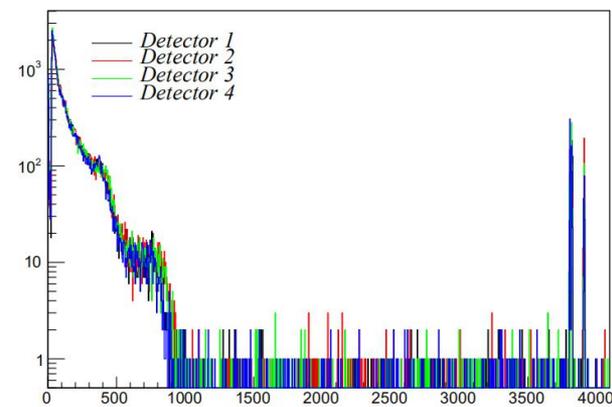
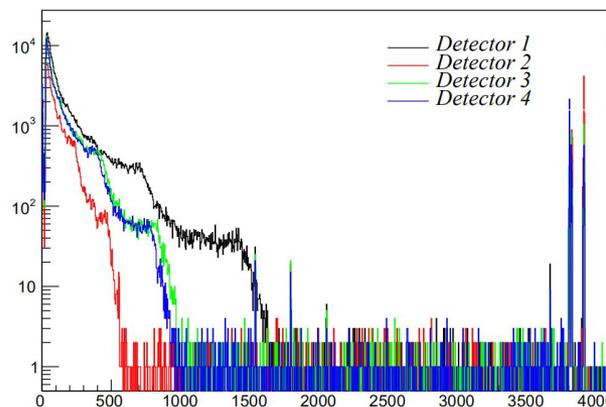
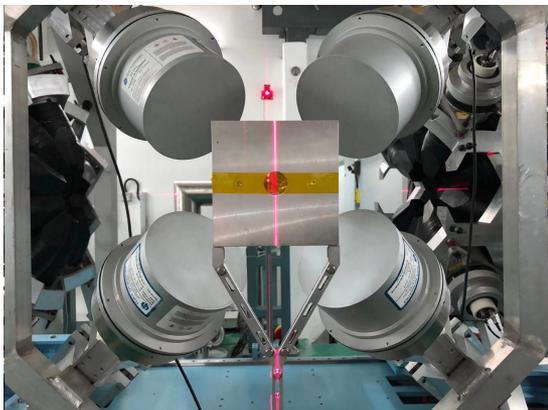
① 探测器布局与刻度



探测器布局:

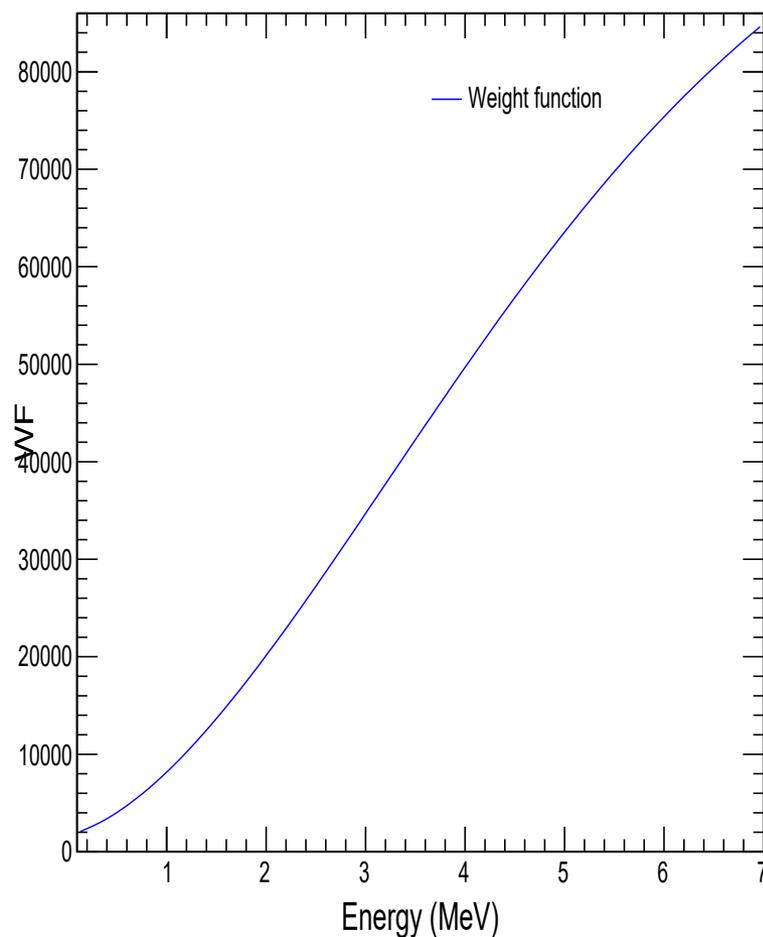
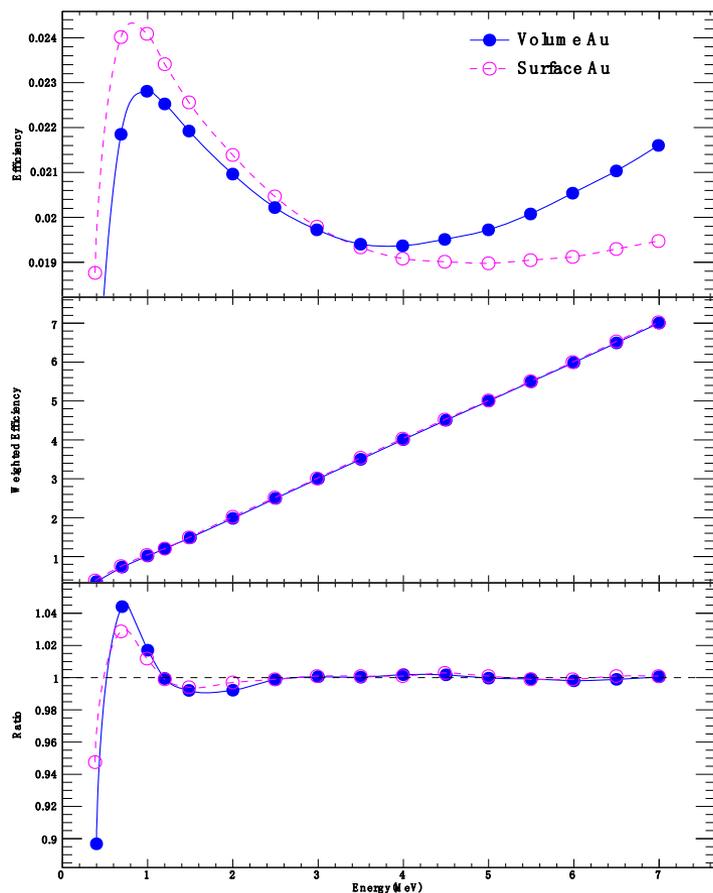
- ① 左右端面相距14.87cm，探头部分上下相距17.18cm。将探测器向靶方向旋转 90° ，得到位置如图2(b)所示，测得探头尾部平面与靶相距7.3cm。确定位置参数后，
- ② 在图2(a)的基础上将探测器向靶的方向进行X方向上 12° 以及Y方向上 20° 的旋转,得到如图2c-2d所示的布局。
- ③ 考虑到C6D6是为探测靶与中子反应后的伽玛射线，为了尽可能避免靶上散射和中子捕集器透射中子的本底影响，因此采用这种后向角偏转的探测器布局。

探测器刻度：标准伽马源校准脉冲幅度谱（调节电压）



② 脉冲权重函数计算：GEANT4模拟

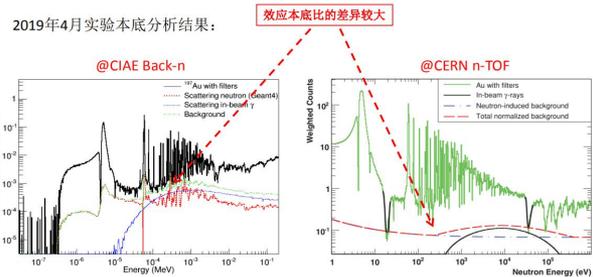
- C6D6探测器的效率与伽玛能量呈非线性关系，研究发现将一定的权重函数作用到C6D6探测器的脉冲幅度（PH）谱上，就可以使C6D6探测器的效率与伽马射线的能量呈正比，即脉冲高度权重技术。



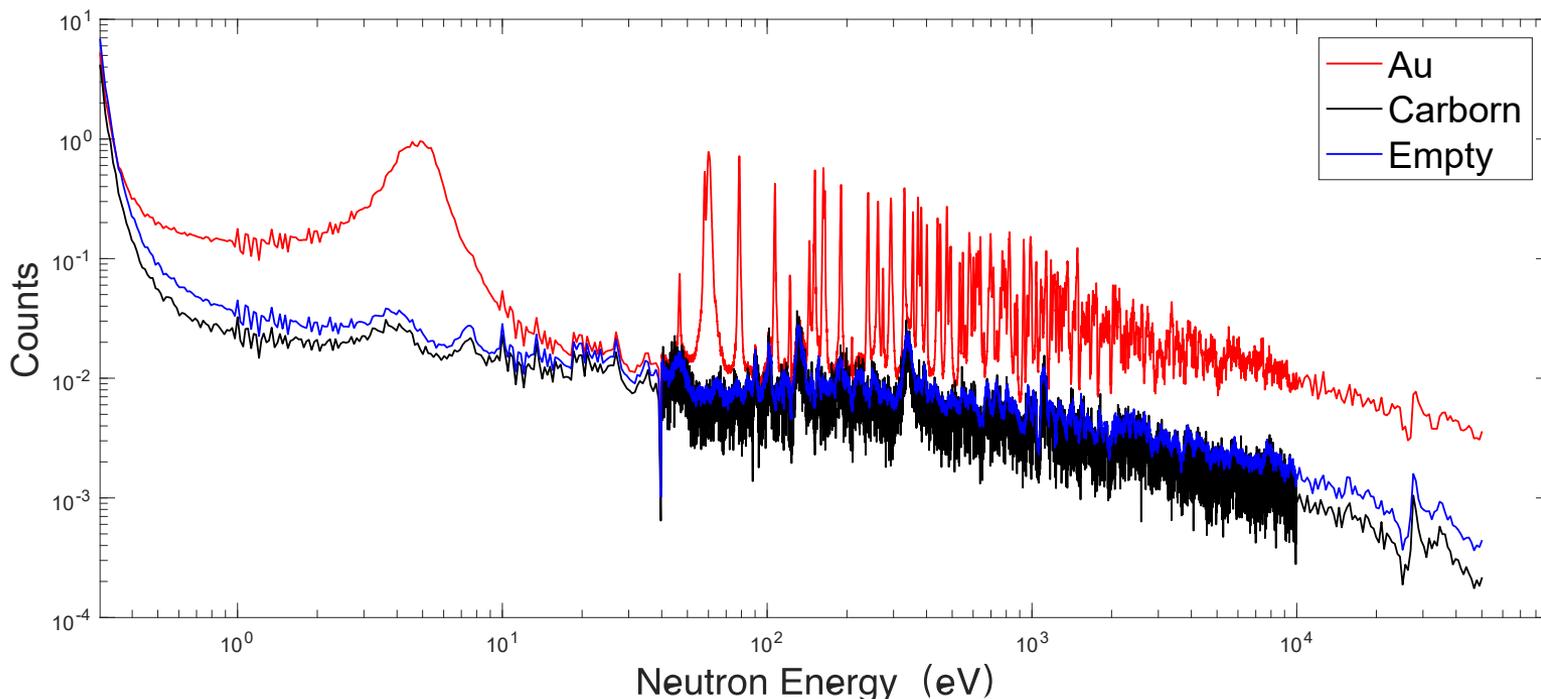
③ 本底分析与扣除

实验中测量了无束流环境本底，有束流空靶和碳靶本底谱，分别模拟了

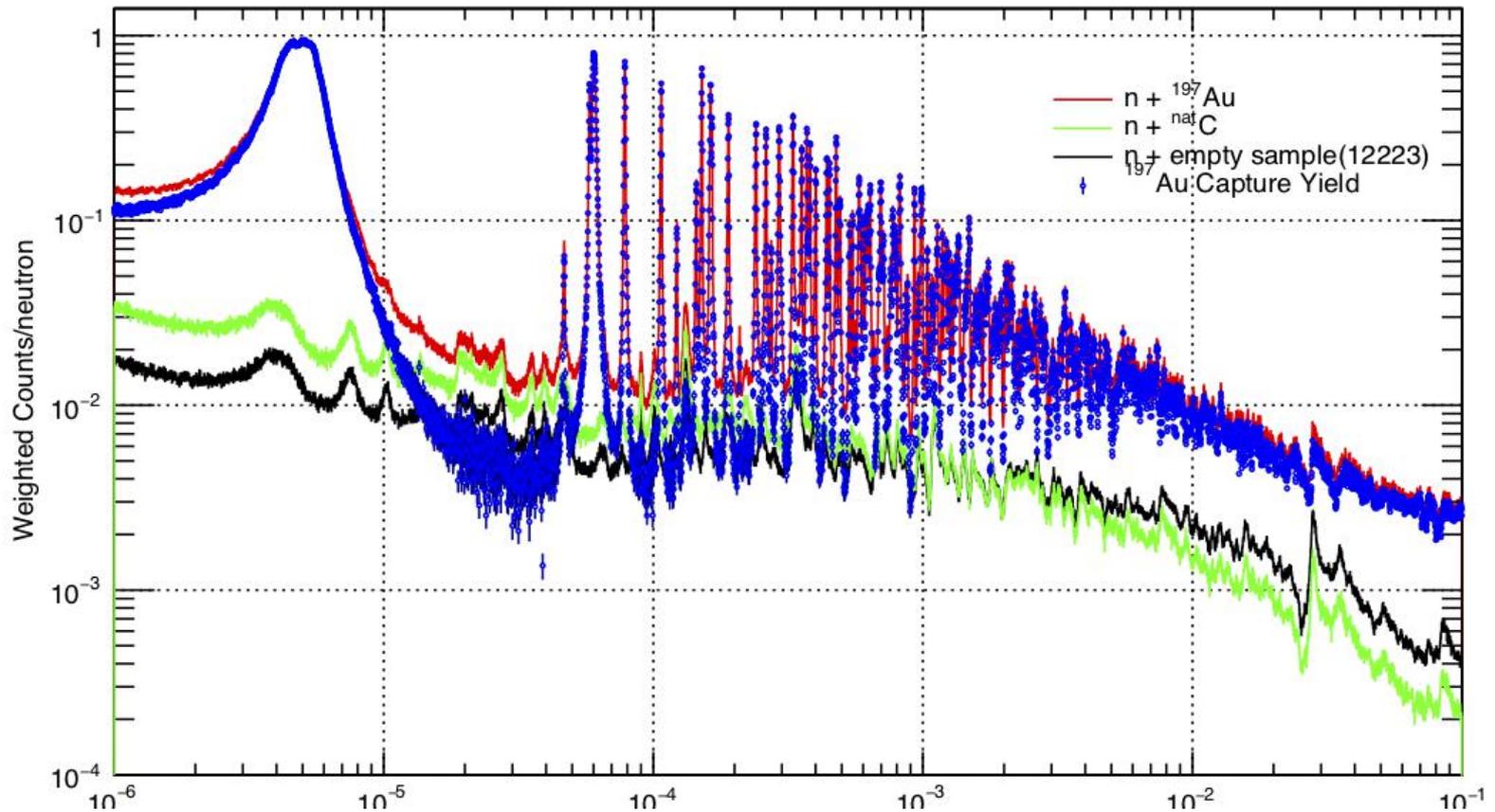
- ① 无束流环境伽马本底 (实验前环境本底测量, 位于极低能部分, 对截面影响很小)
- ② 环境散射中子引起的伽马本底 (有束流空靶,)
- ③ 实验靶散射的中子引起的伽马本底 (有束流碳靶,)
- ④ 在束伽马本底 (有束流铅靶) (主要影响80eV-100keV部分本底, 前三次实验没有测量铅靶本底,)



参见2020.4月, 任杰报告文档



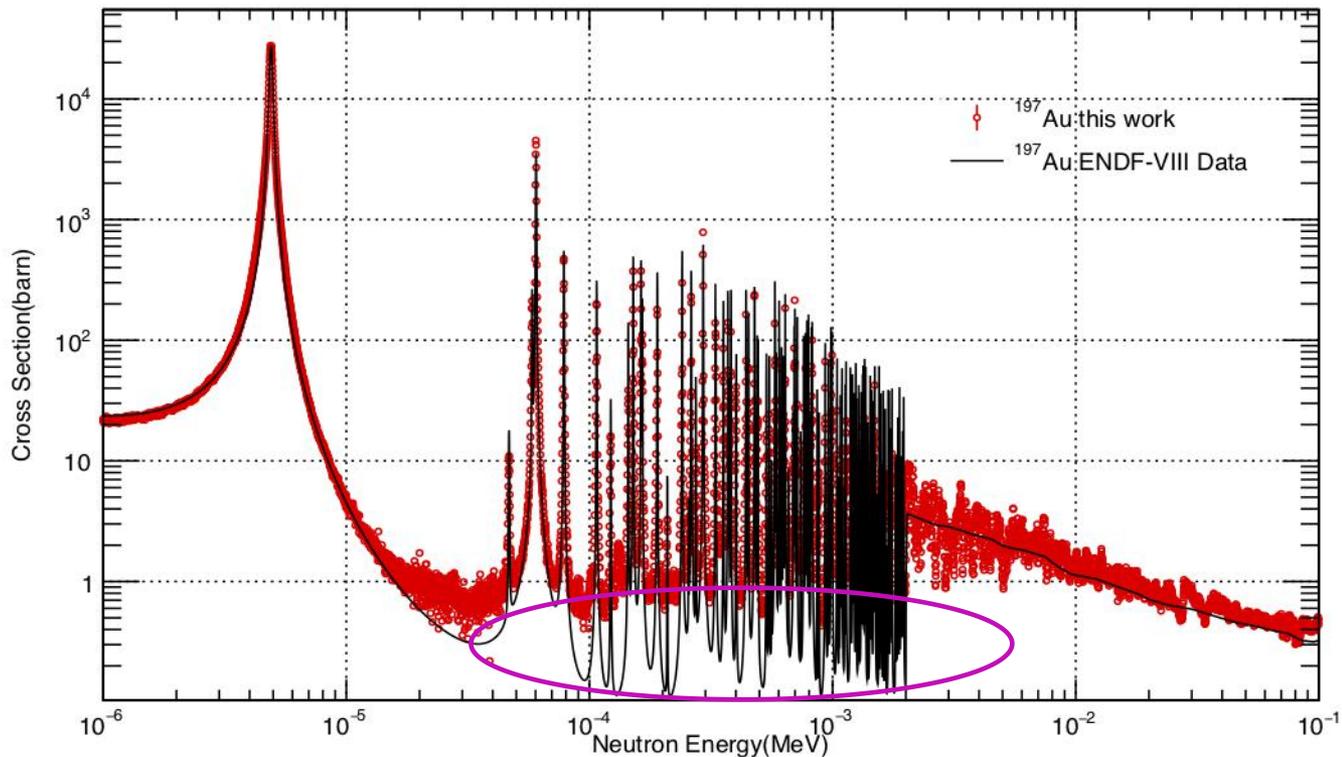
④ 反应产额计算



- $$Y_{exp} = f_N \frac{N_W}{IE_c}, N_W = N_{net} \cdot W = [N_{\text{sample}} - N_{\text{Bkg}} - \eta(N_C - N_{\text{Bkg}})] \cdot W$$

⑤ 反应截面计算

- $Y_{th}(E_n) = (1 - e^{-N_s \sigma_t(E_n) f c}) \frac{\sigma_c(E_n)}{\sigma_t(E_n)}$
- $\sigma_c(E_n) = \frac{\sigma_t(E_n)}{1 - e^{-N_s \sigma_t(E_n) f c}} Y_{exp}(E_n).$



⑥ 天然靶评价库 (ENDF) 截面计算

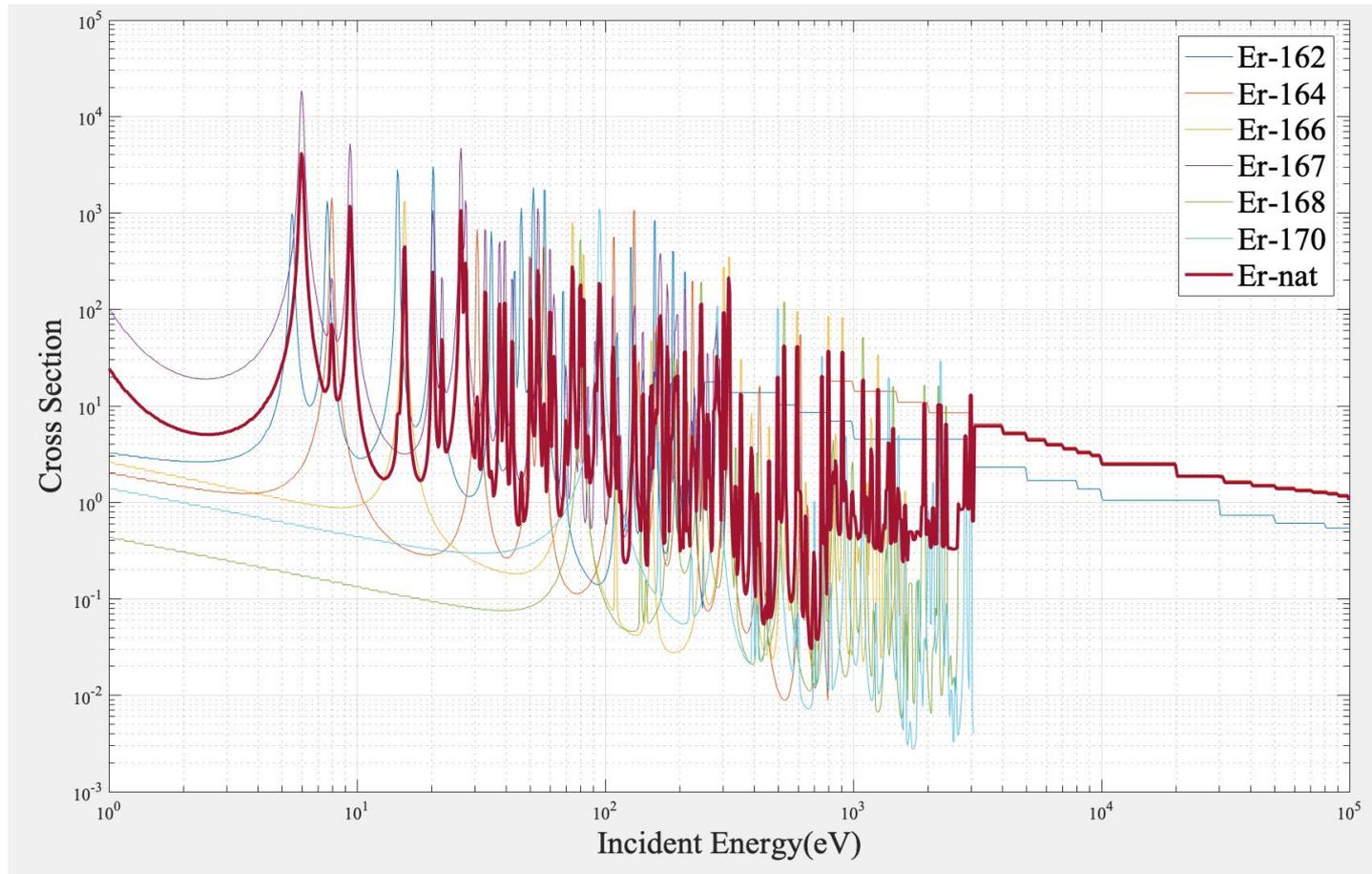
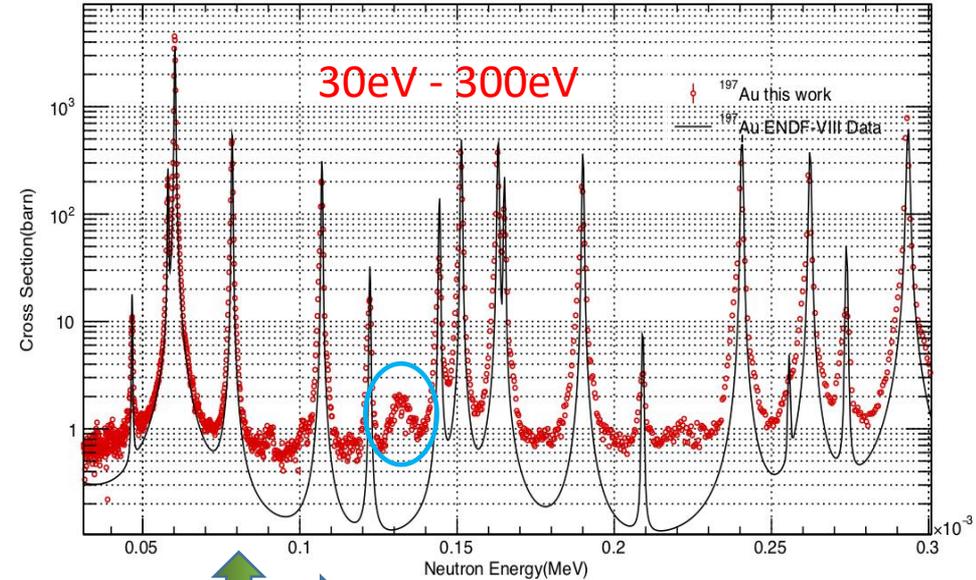
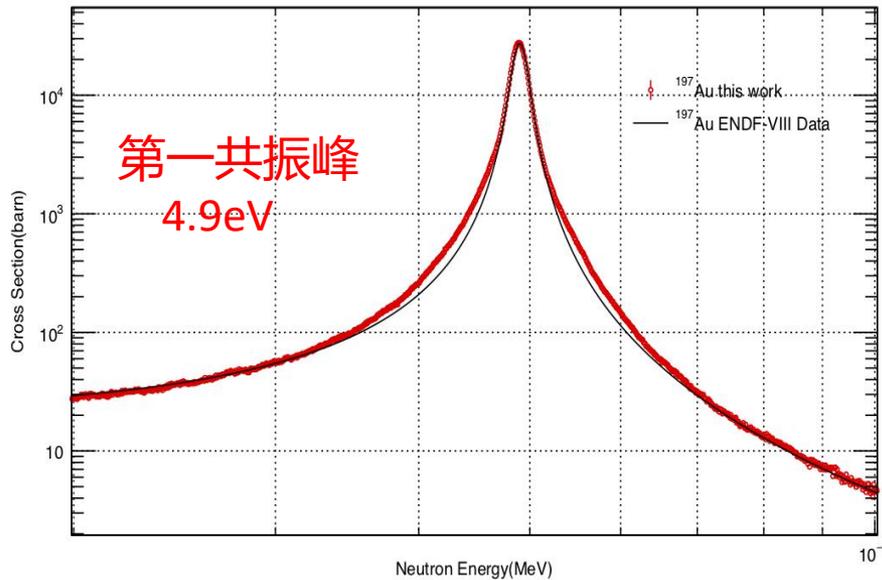
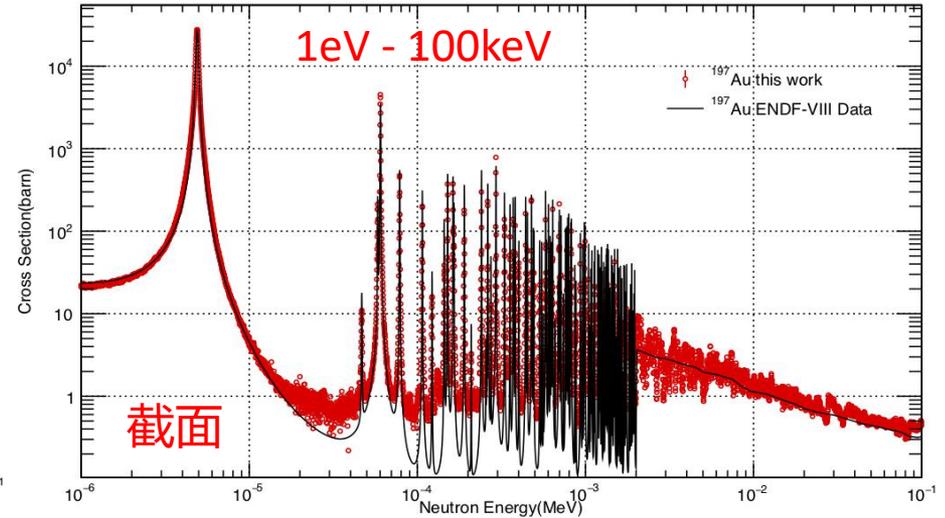
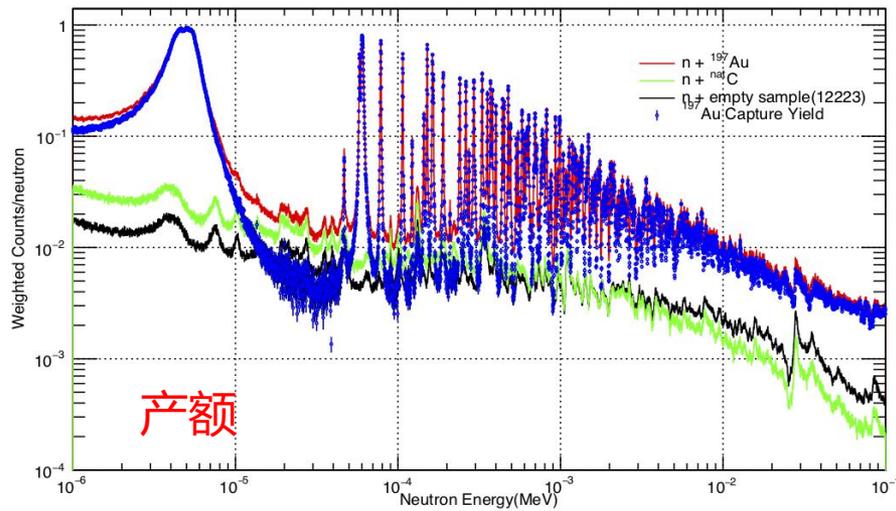


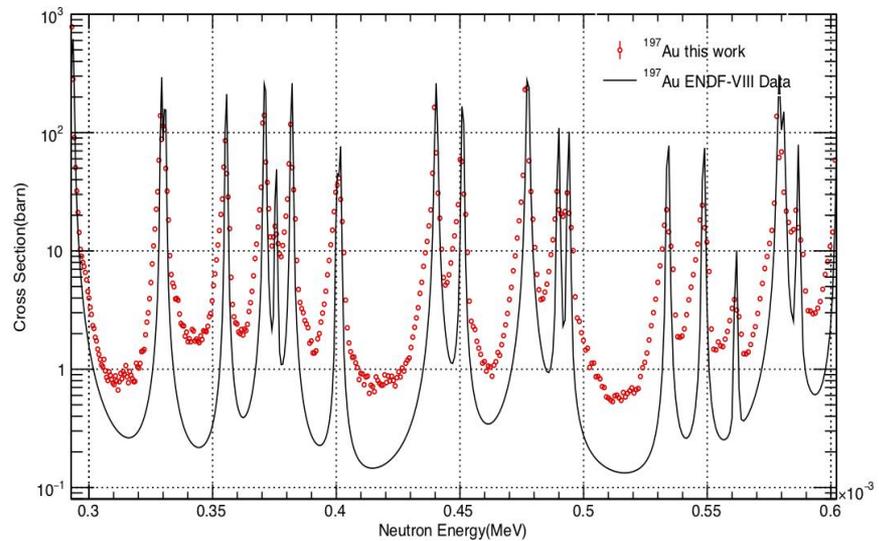
TABLE I: Stable isotopes and abundance of Er

Isotope	^{162}Er	^{164}Er	^{166}Er	^{167}Er	^{168}Er	^{170}Er
Abundance	0.136	1.56	33.41	22.46	27.07	14.88

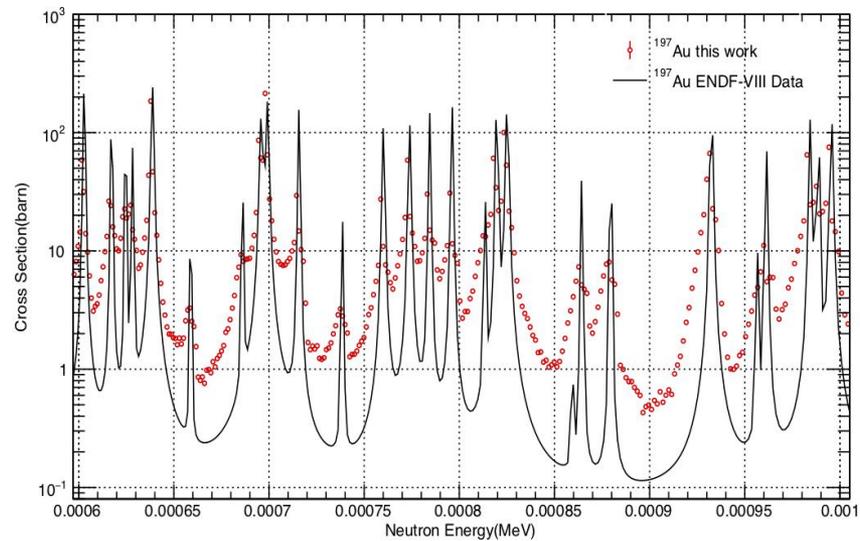
二、Au/Se/Er/Cu靶数据分析 (1)



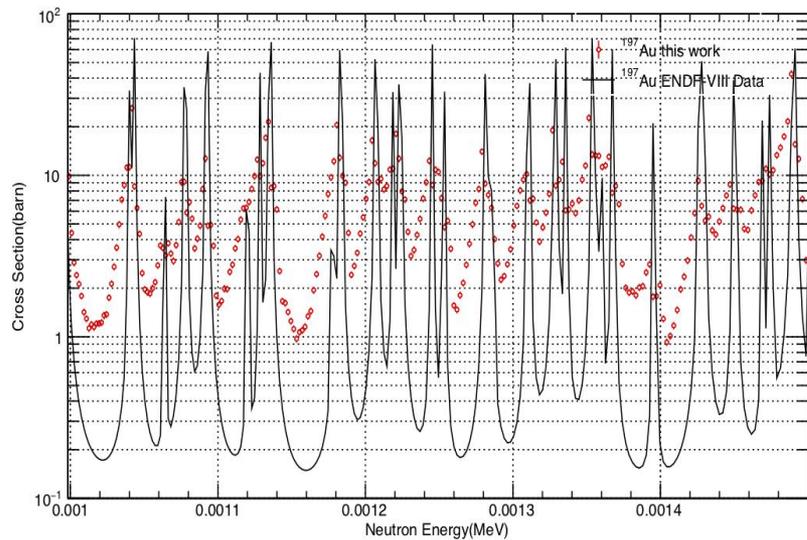
300eV - 600eV



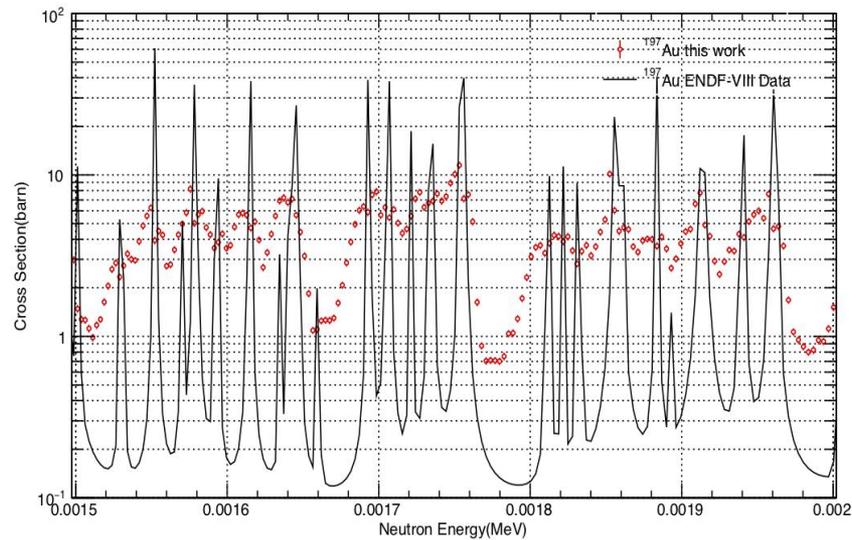
600eV - 1000eV (1keV)



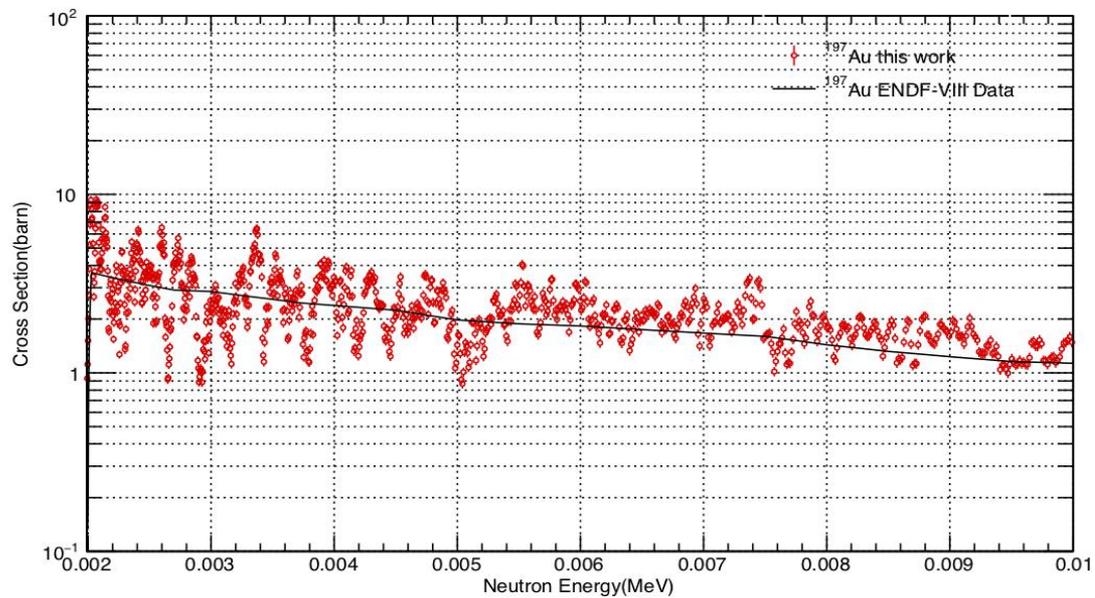
1.0keV - 1.5keV



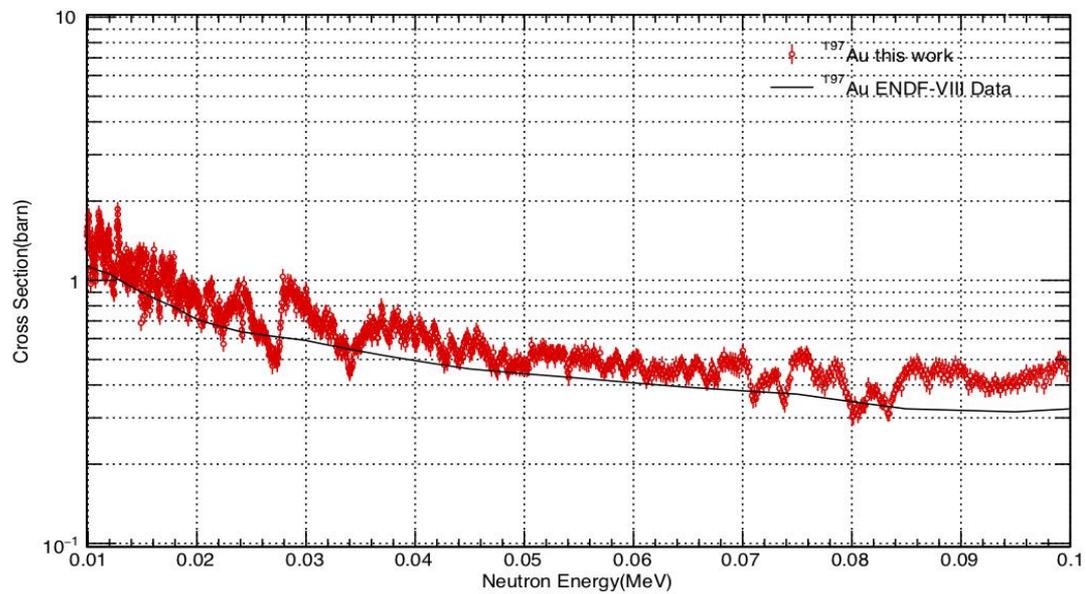
1.5keV - 2.0keV



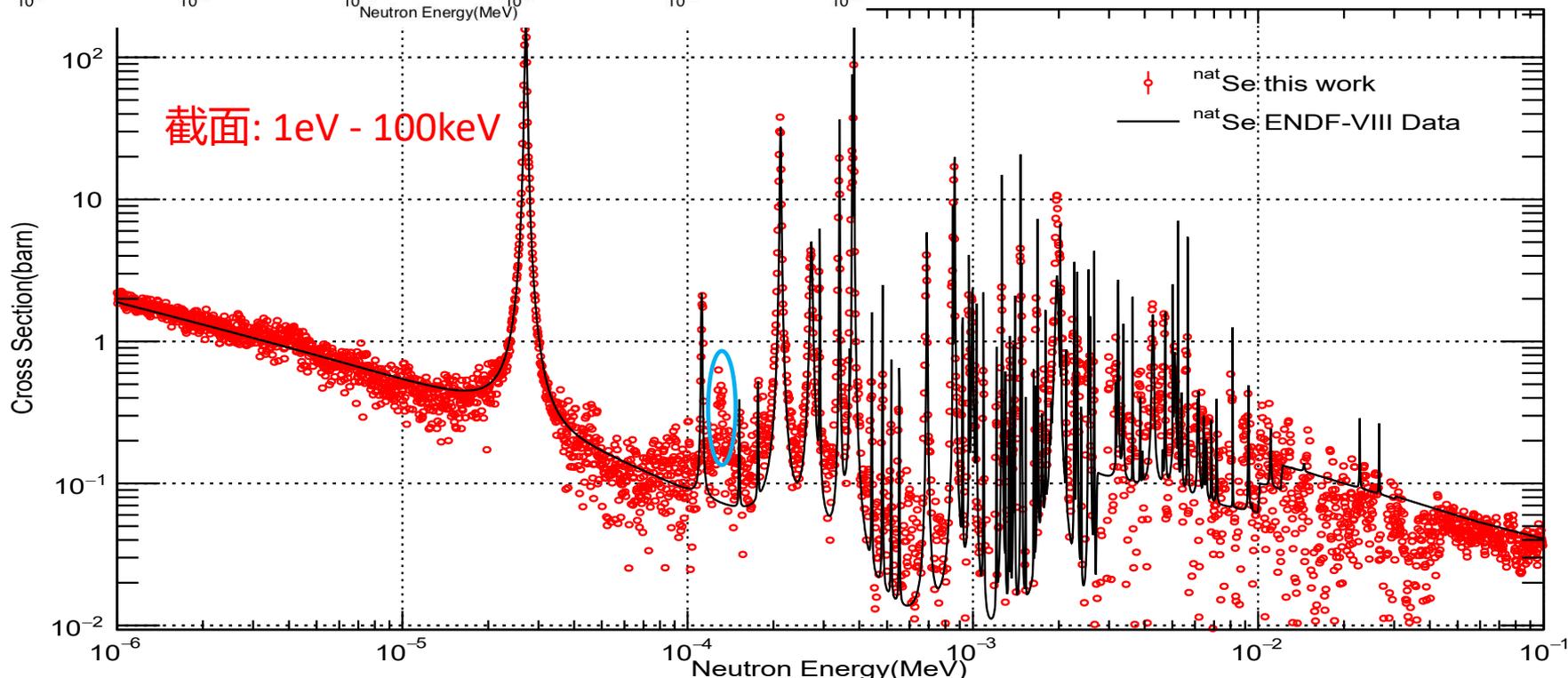
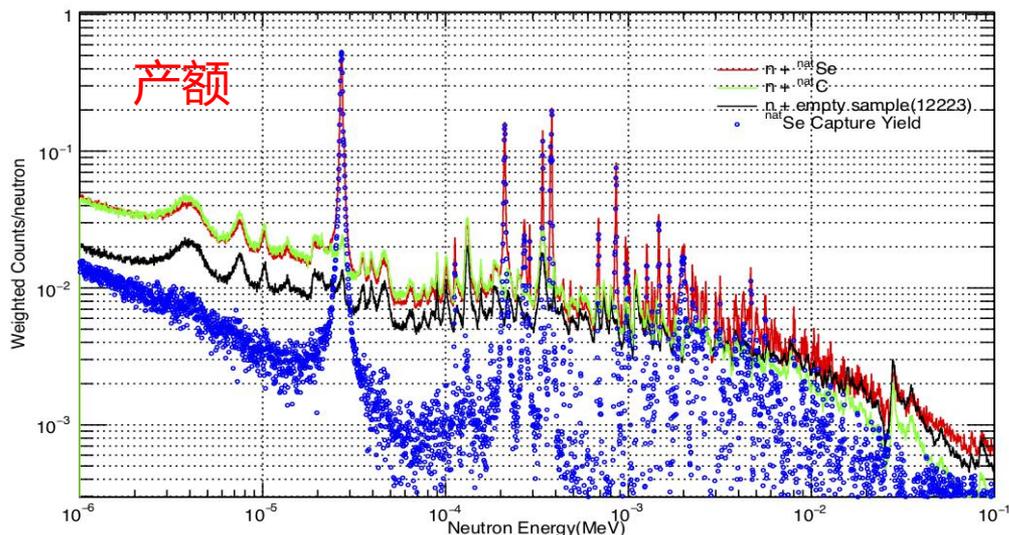
2.0keV - 10.0keV

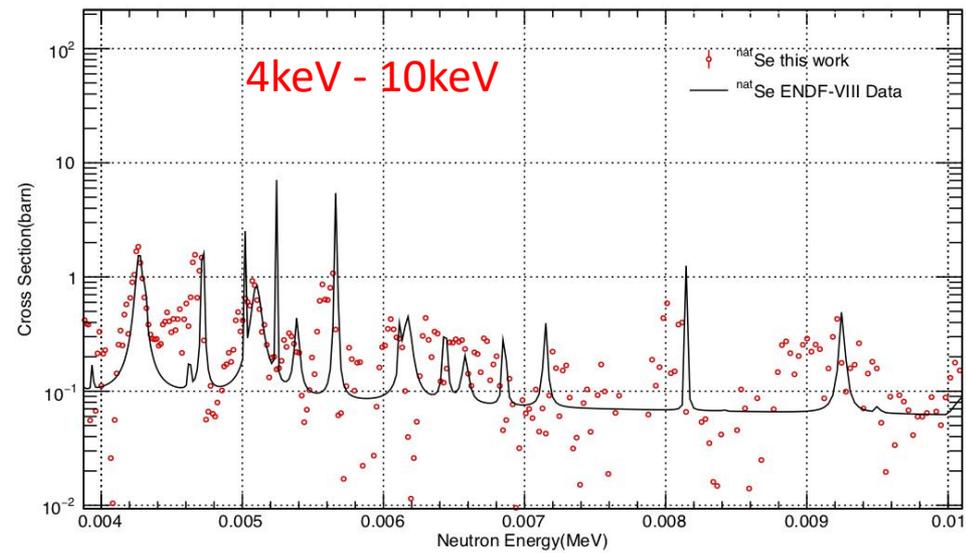
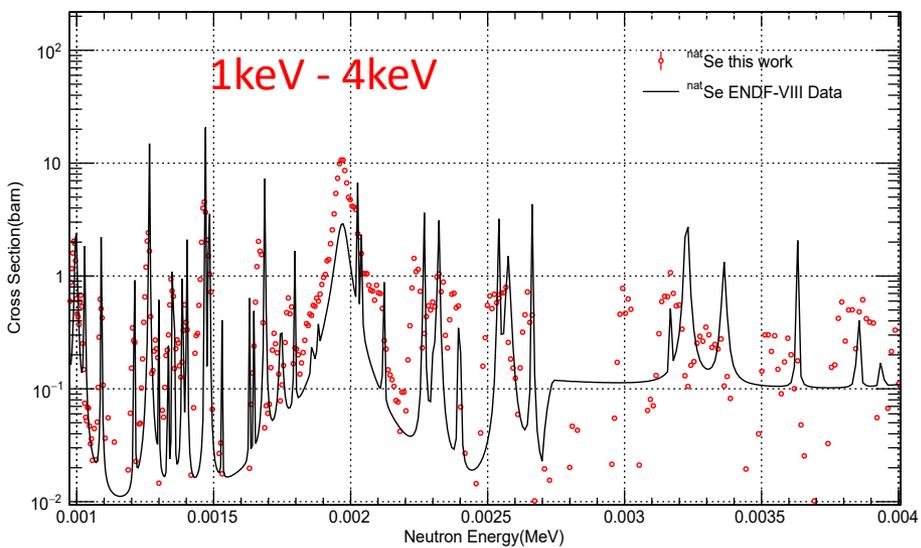
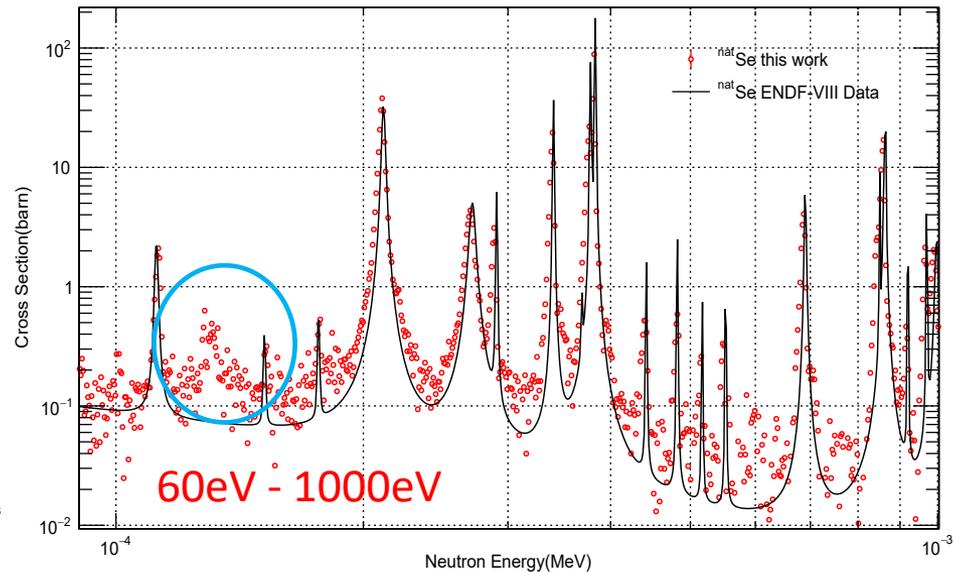
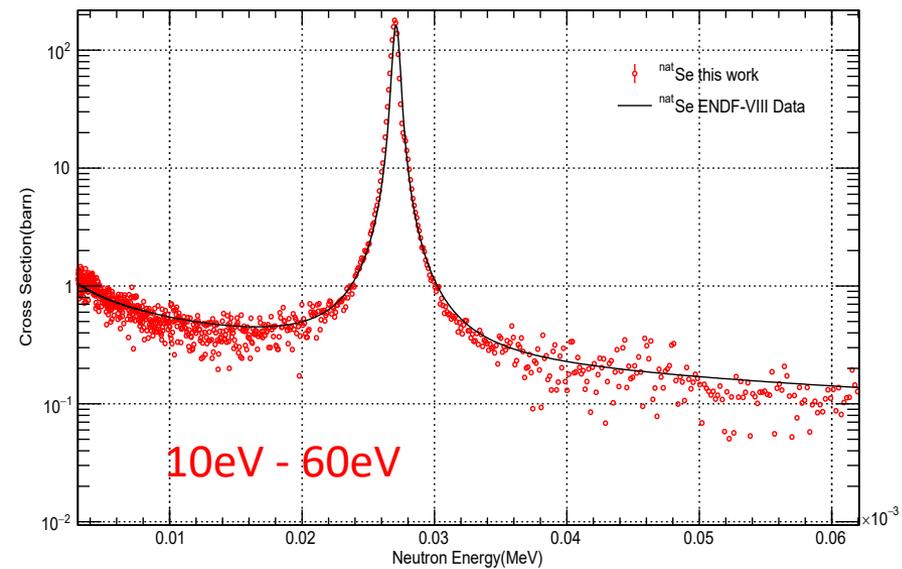


10.0keV - 100.0keV

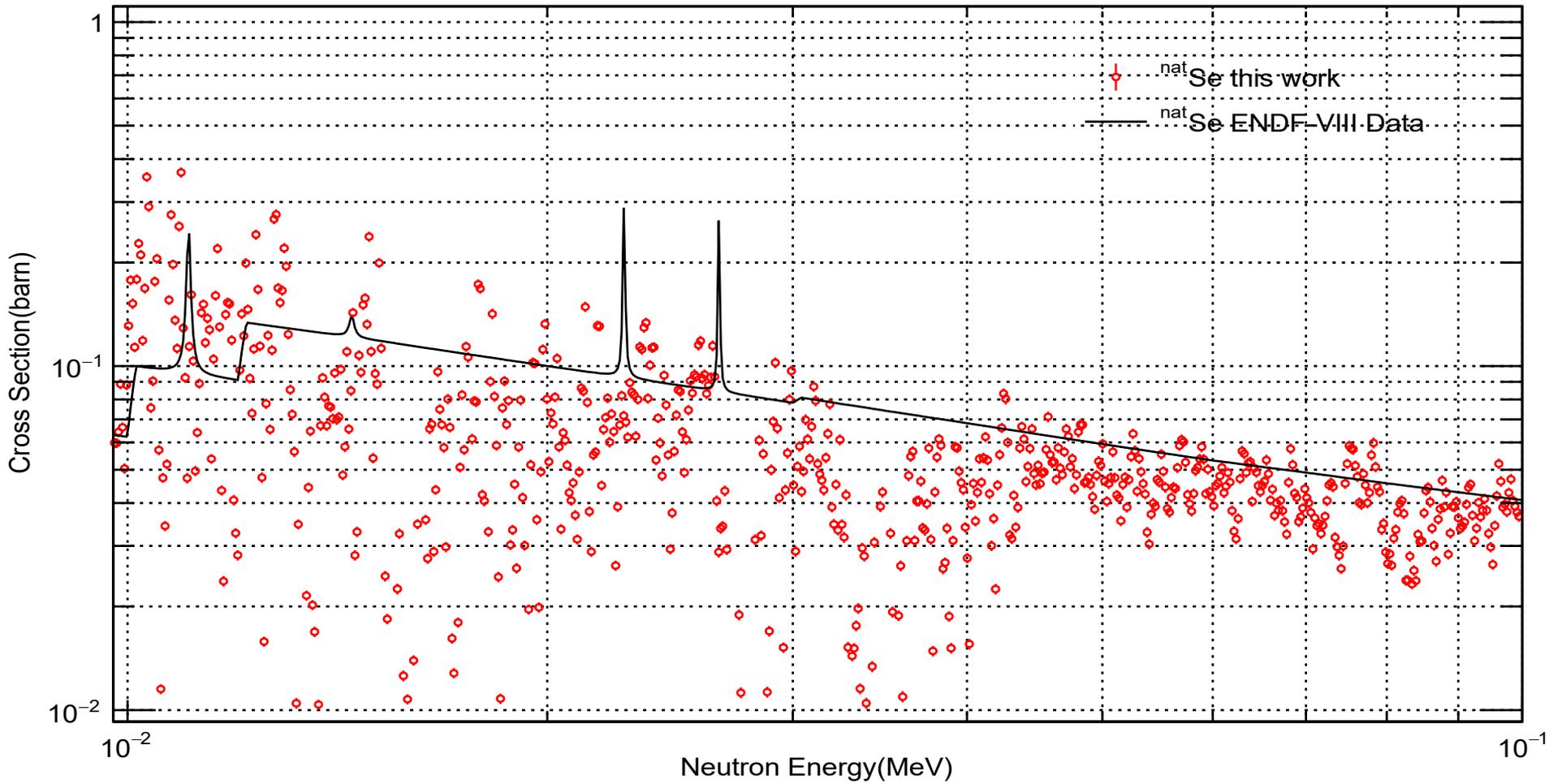


二、Au/Se/Er/Cu靶数据分析 (2)

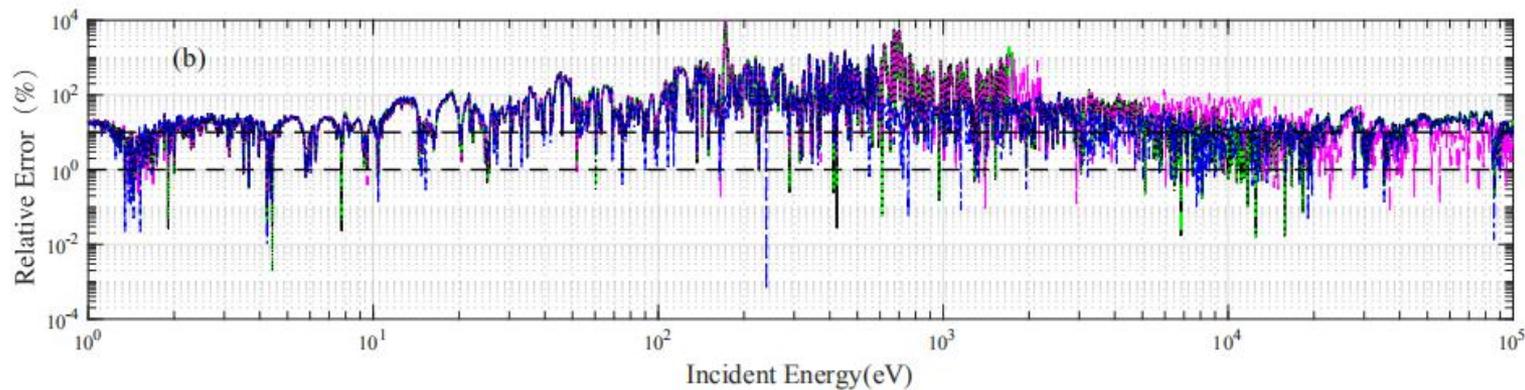
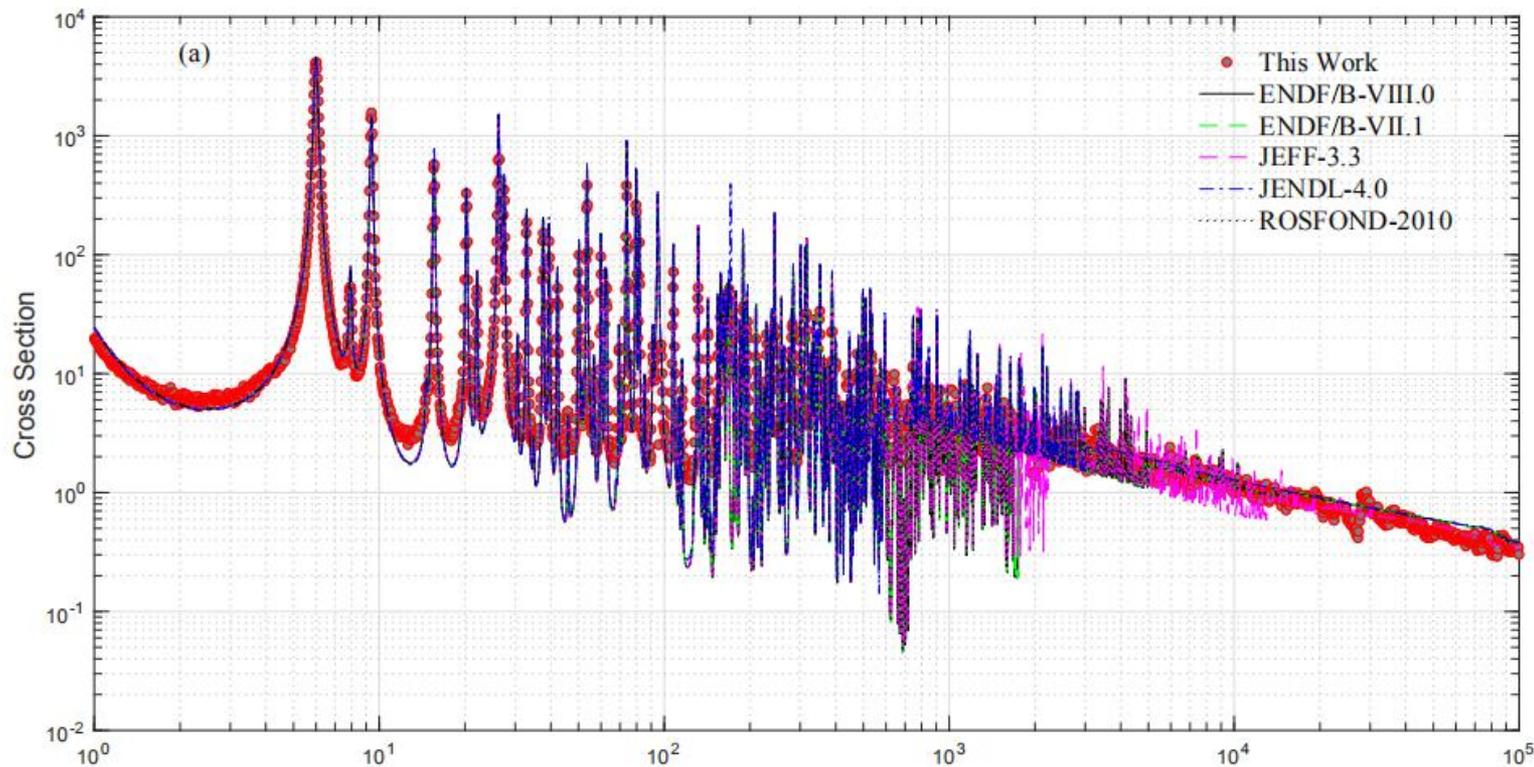


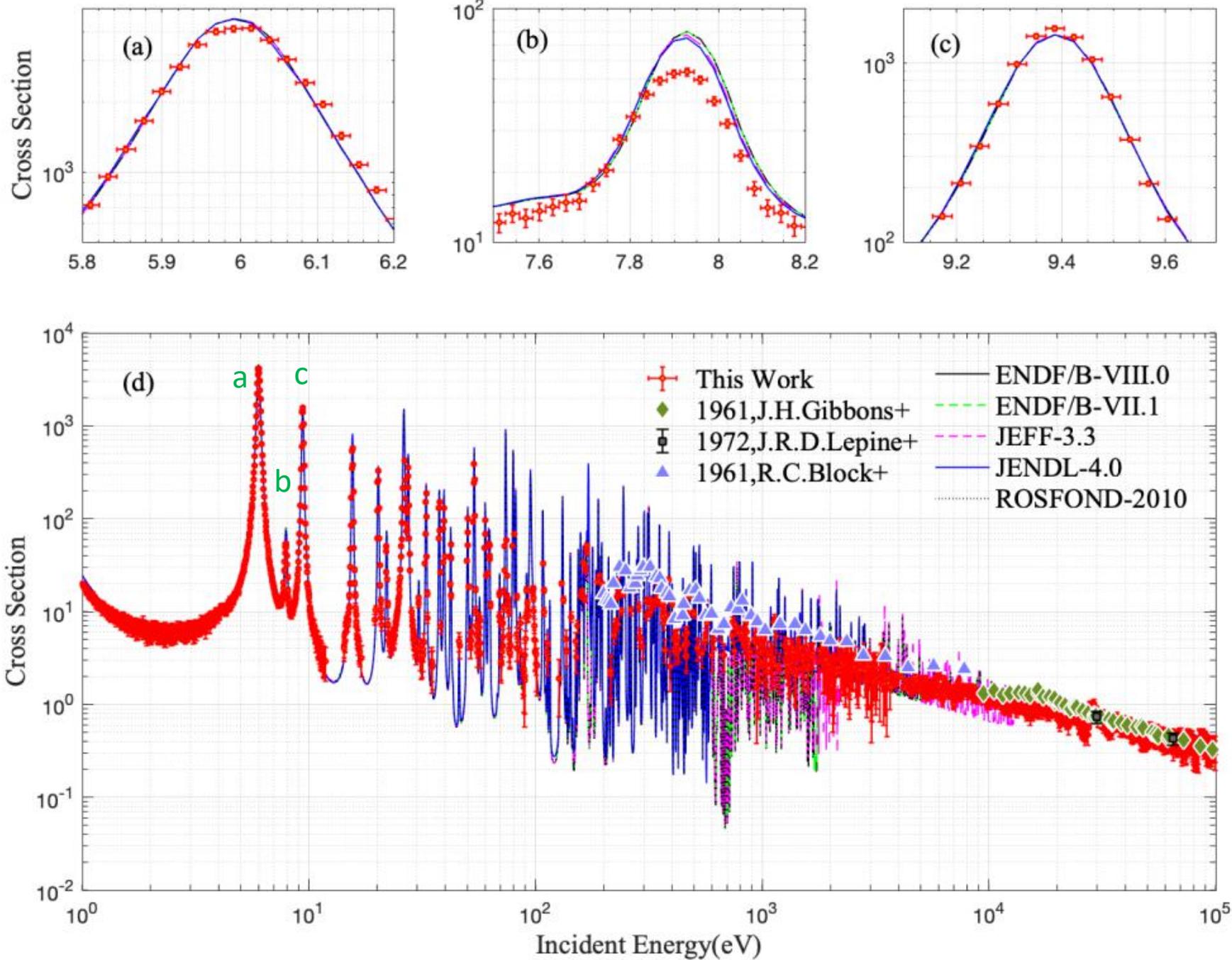


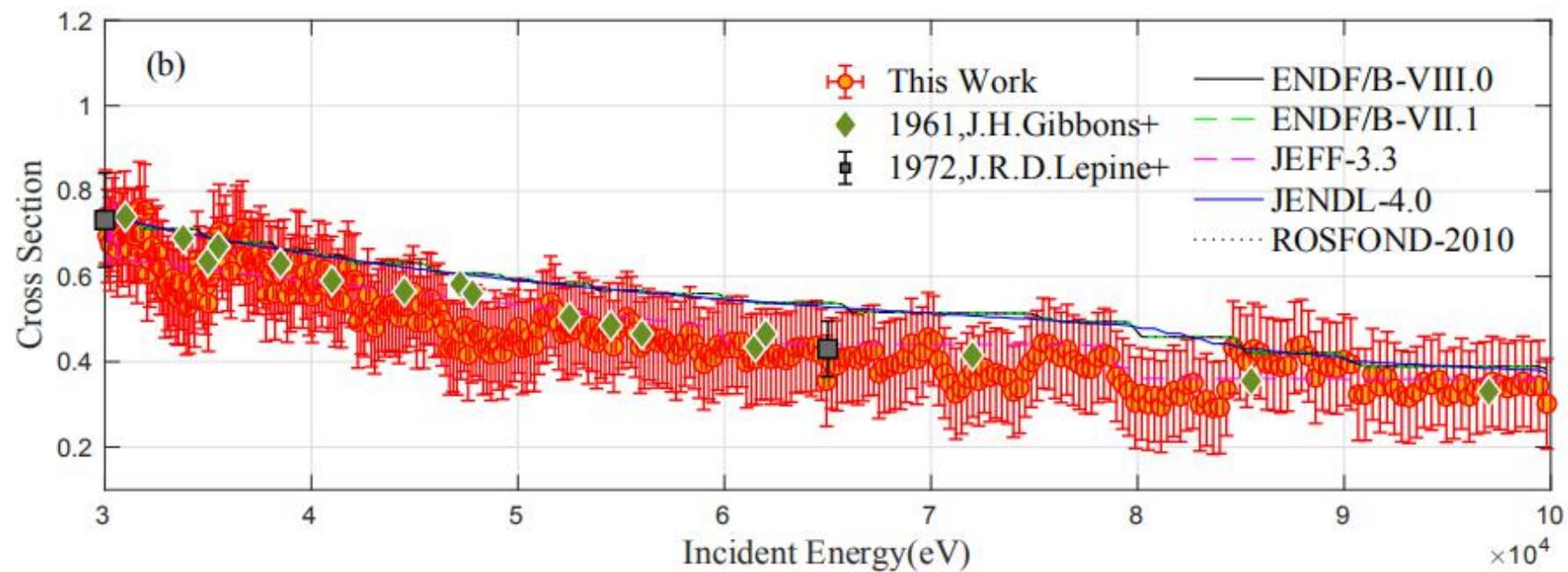
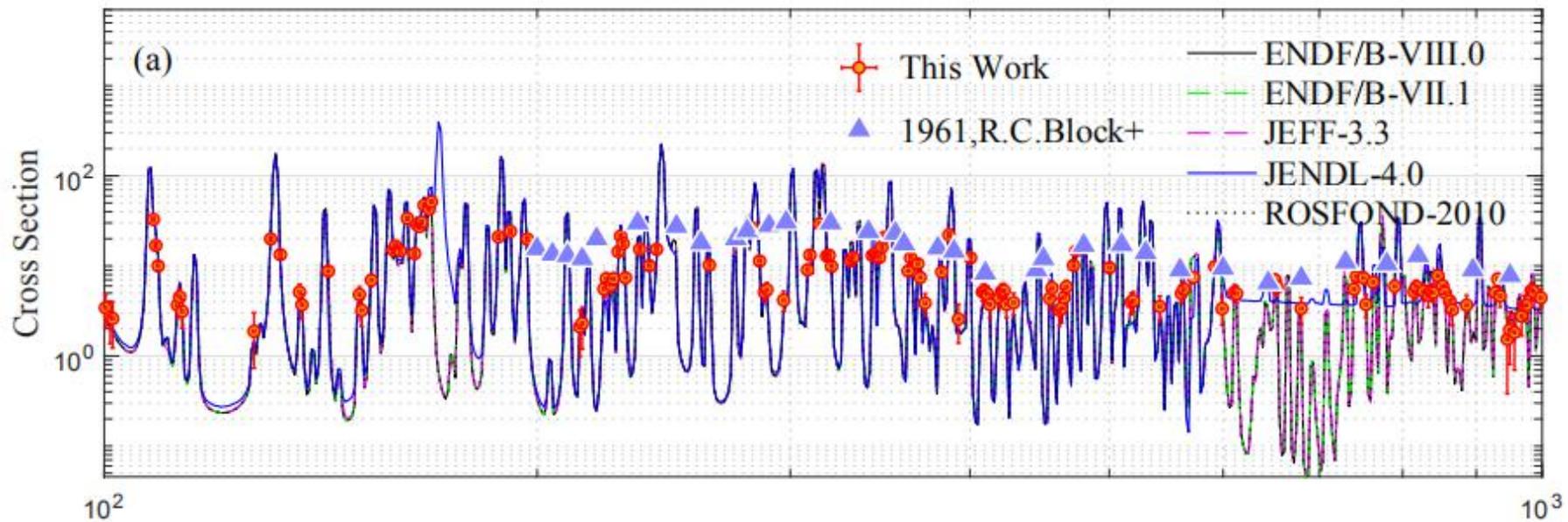
10keV - 100keV



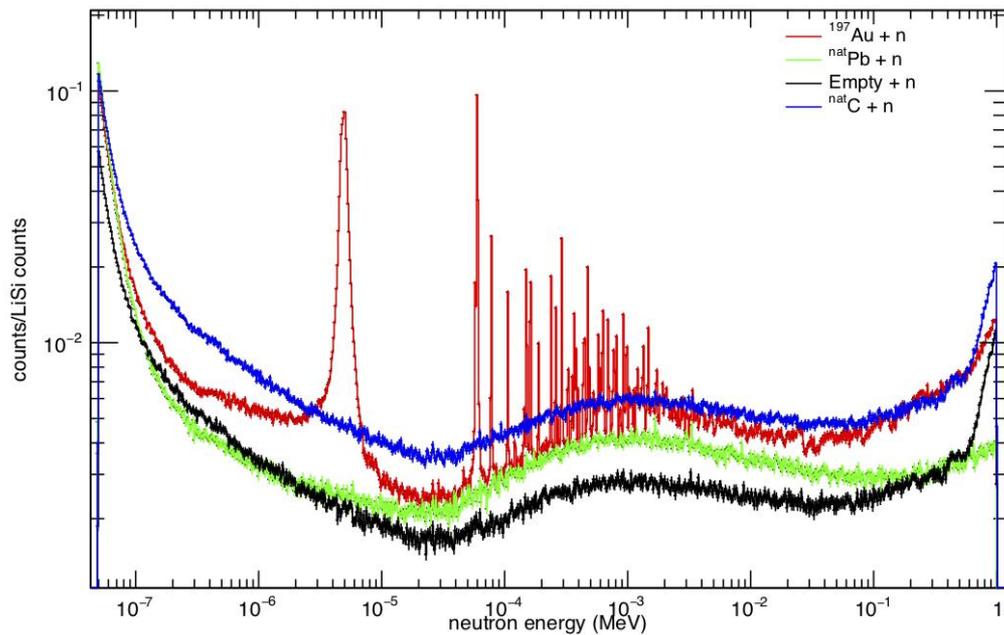
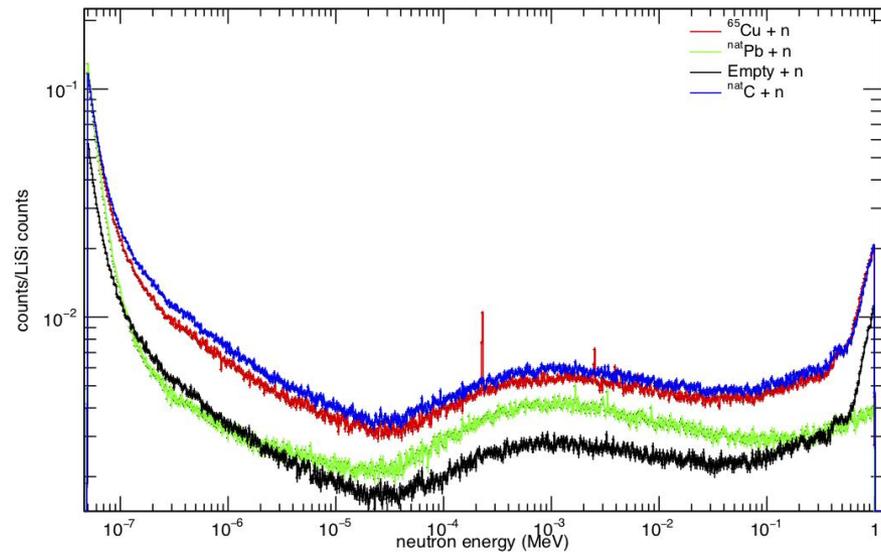
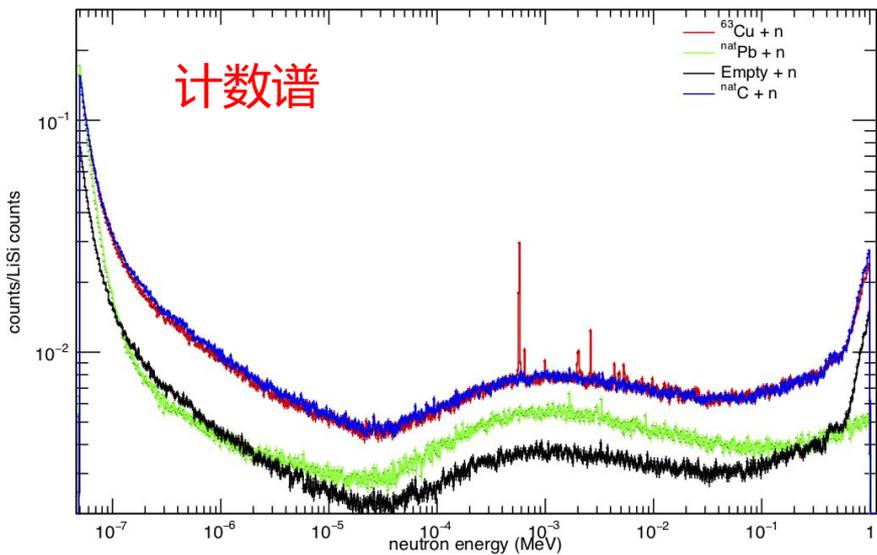
二、Au/Se/Er/Cu靶数据分析 (3)

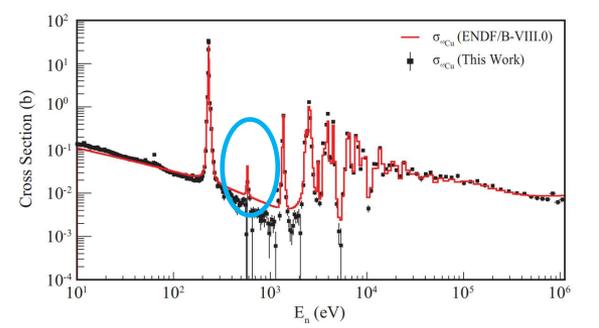
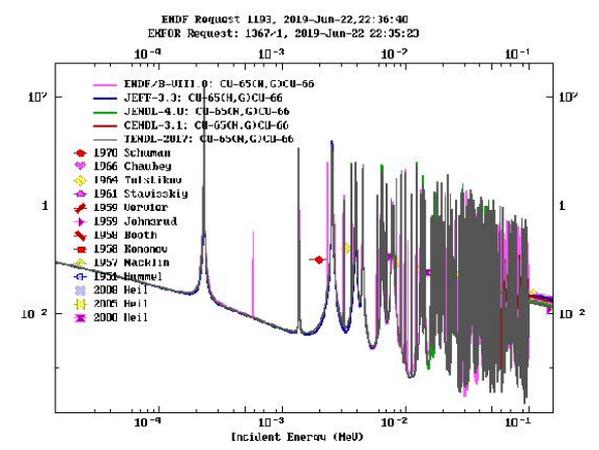
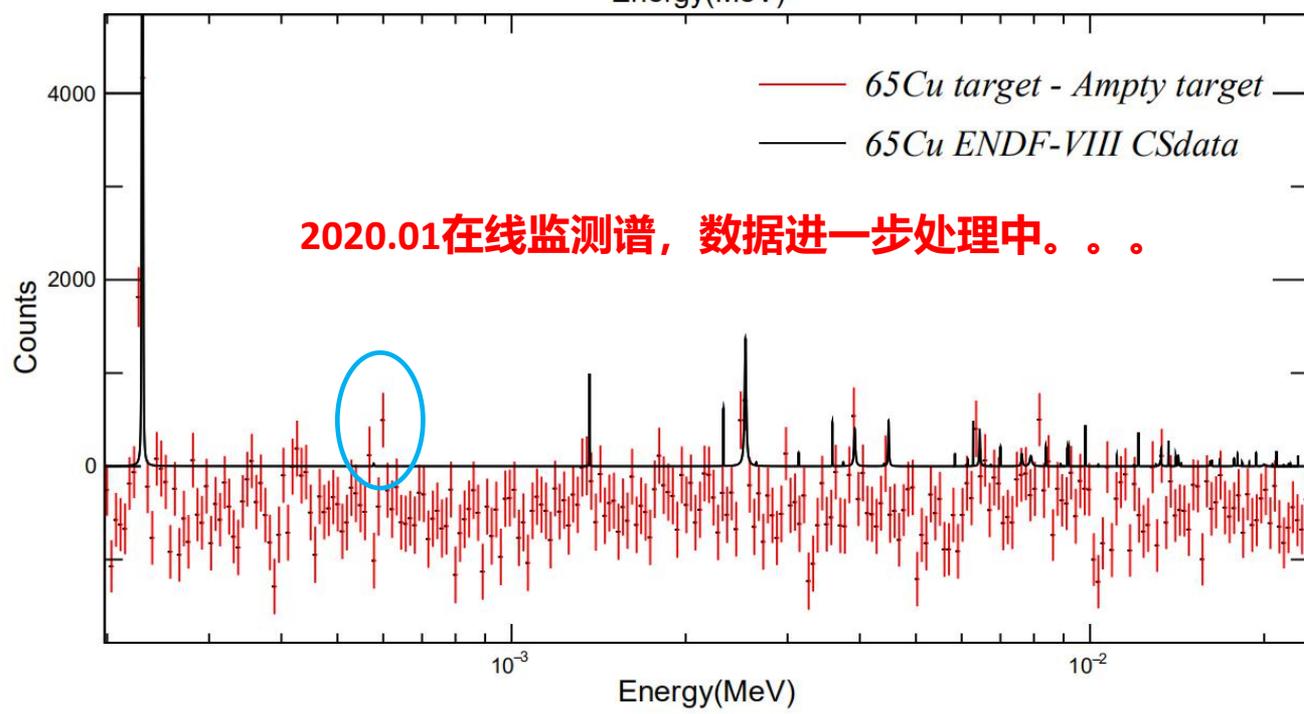
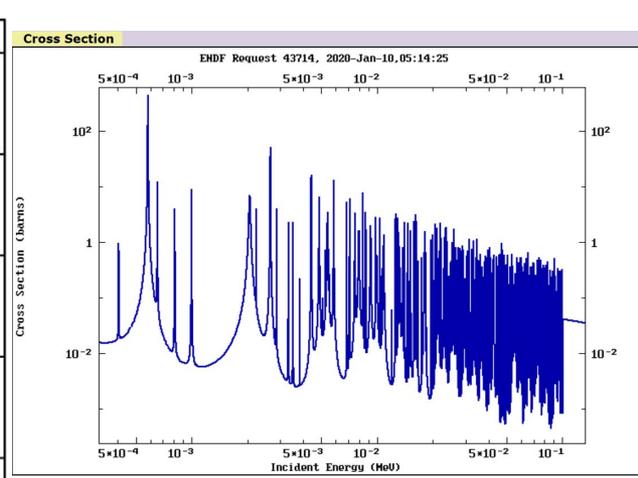
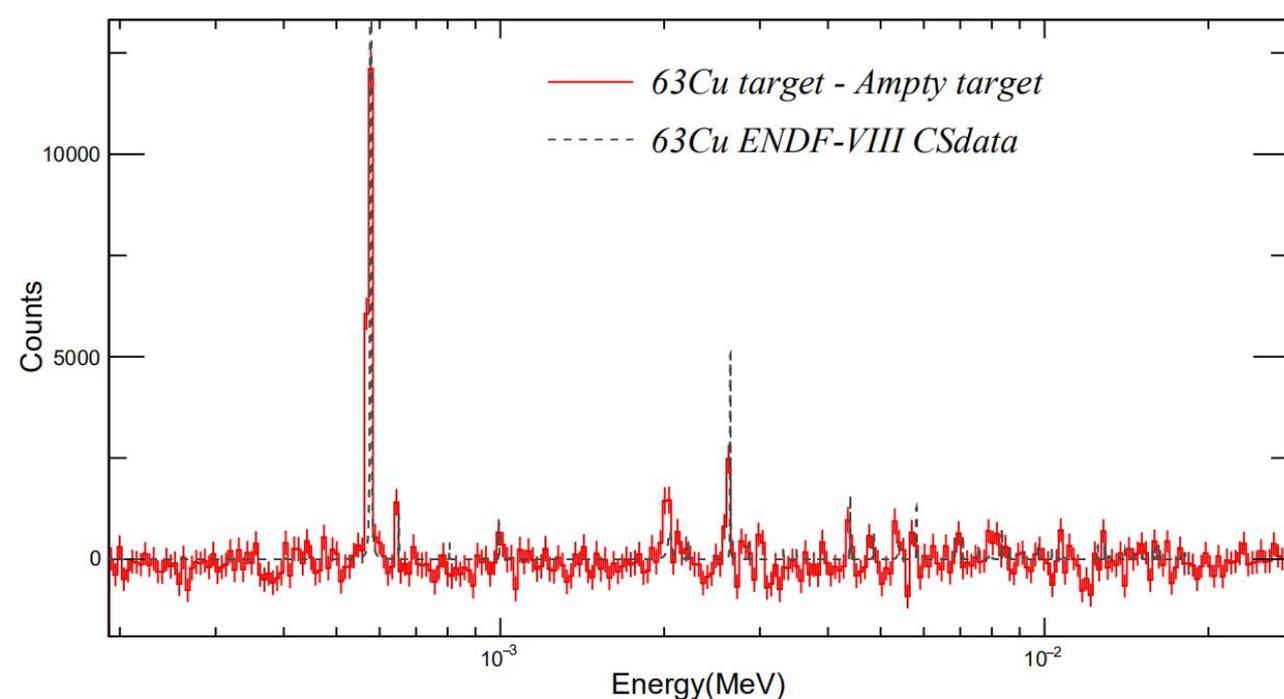






二、Au/Se/Er/Cu靶数据分析 (4)





□投稿文章：

- ① **李鑫祥**, 刘龙祥, 蒋伟, 任杰, 王宏伟*, 范功涛, 曹喜光, 胡新荣, 张岳, 王俊文, 郝子锐, 姜炳, 王小鹤, 胡继峰, 王金成, 王德鑫, 张苏雅拉吐, 刘应都, 麻旭, 马春旺, 王玉廷, 安振东, 何健军, 苏俊, 张立勇; **脉冲高度权重技术测量 ^{197}Au 中子俘获截面**, 核技术, 接收发表

□准备文章：

- ① **胡新荣**, 刘龙祥, 蒋伟, 任杰, 王宏伟*等。 . . . , Measurements of the $^{197}\text{Au}(n, \gamma)$ cross section up to 50 keV at the CSNS Back-n facility, 稿件准备中
- ② **李鑫祥**, 刘龙祥, 蒋伟, 任杰, 王宏伟*等。 . . . , Accurate measurement of $^{\text{nat}}\text{Er}(n, \gamma)$ cross section in 1eV-10eV using the Pulse Height Weighting Techniques, 稿件准备中
- ③

实验经验与建议：

- ① 实验靶材料的厚度和直径尽可能一致；
- ② C6D6探测器距离尺寸等精确测量；
- ③ 实验需要测量**样品靶，碳靶，铅靶，空靶**；Au靶可不用每次都测量，测量前的检验获取和电子学是可行的。
- ④ 实验前需要刻度一下C6D6脉冲幅度，调节电压使波形对齐，以利于设定阈值使计数率一致，能量刻度使用本底的⁴⁰K，²⁰⁸Tl，和标准源的¹³⁷Cs，⁶⁰Co等。
- ⑤ 目前CSNS达到100kW满功率运行，能再次精确测量一下中子能谱，足够的道数精度，对中子能谱的影响较大。Li-Si和质子数归一对中子能谱的影响不是很大。
- ⑥ 尽可能降低E2实验厅散射本底影响，减少室内物品数量，E1实验厅透射本底降低；
- ⑦ 数据存在在~2-4TB，准备足够数据拷贝硬盘，实验中随时抽样监测测量结果，发现问题及时调整；
- ⑧ 观察和记录数据获取中的异常情况，监测图谱，记录数据；
- ⑨ 希望Back-n能够统计和发布已经完成的实验靶核测量情况，以供后续实验申请者选择和参考；

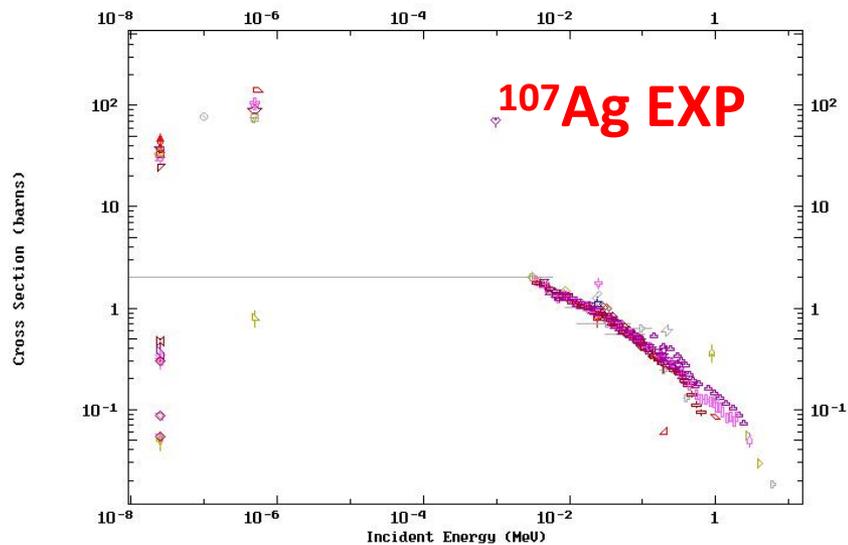
三、未来研究展望

- 实验数据本底的扣除还需要进一步研究，特别是Pb靶扣除80eV以上能区的本底贡献，尤其是对于俘获截面较低的核素影响更大；
- 未来实获取需要同时测量无束流环境本底，有束空靶和有束碳靶，以及有束铅靶，分别扣除不同来源的伽马本底贡献；
- 应用R matrix程序分析，例如SAMMY程序等逐个分析共振峰的能级和宽度，自旋宇称，以及其在核天体物理中的贡献等；
- 准备研究论文，分析其可能的物理应用；
- 未来实验靶选取**价格合适、易于获得，工程急需的同位素靶材料**；
- 例如 ^{107}Ag ， ^{109}Ag 等；

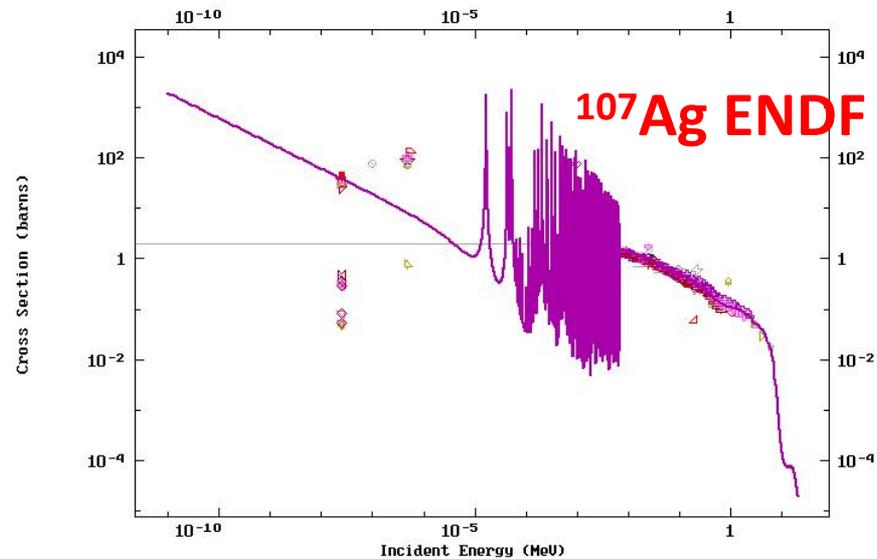
$^{107,109}\text{Ag}$: 51.84%, 48.16%

中子俘获截面测量

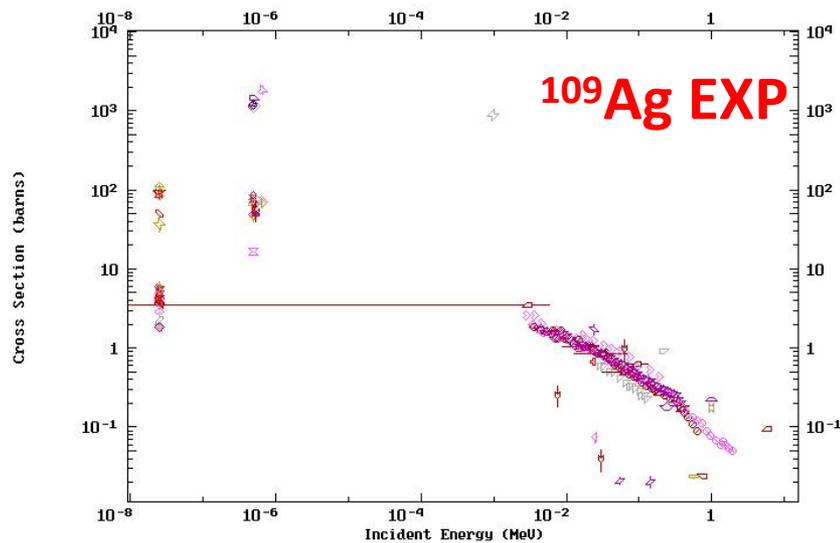
47-AG-107(N,G)47-AG-108-G
EXFOR Request: 7131/1, 2020-Jan-08 13:42:32



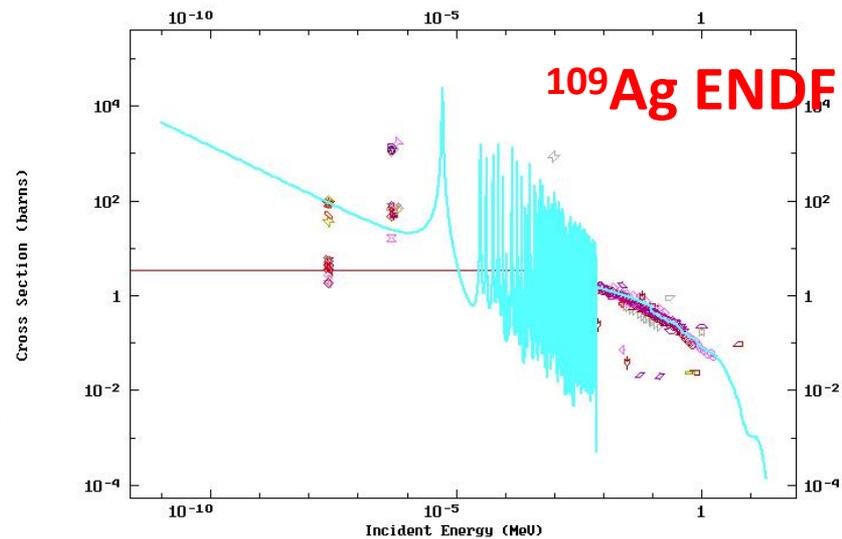
ENDF Request 3724, 2020-Jan-08,13:51:50
EXFOR Request: 7159/1, 2020-Jan-08 13:51:32



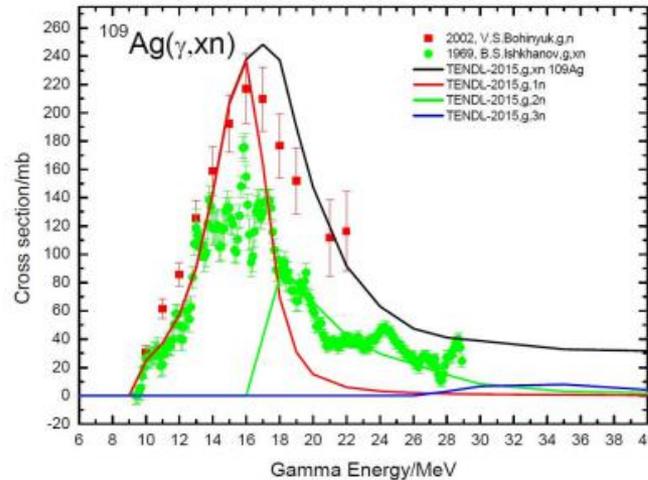
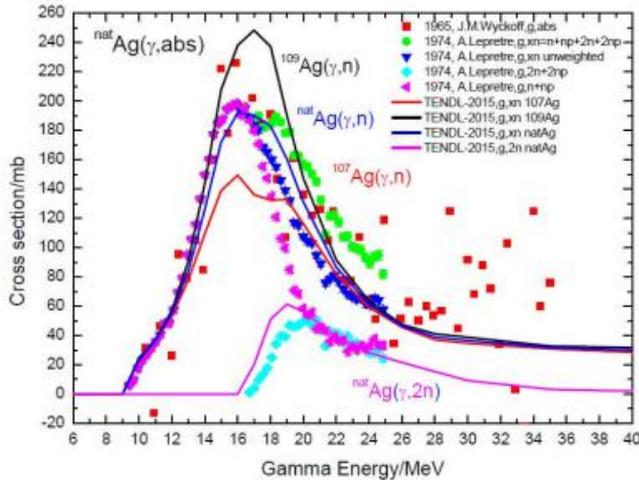
47-AG-109(N,G)47-AG-110-G
EXFOR Request: 7155/1, 2020-Jan-08 13:48:42



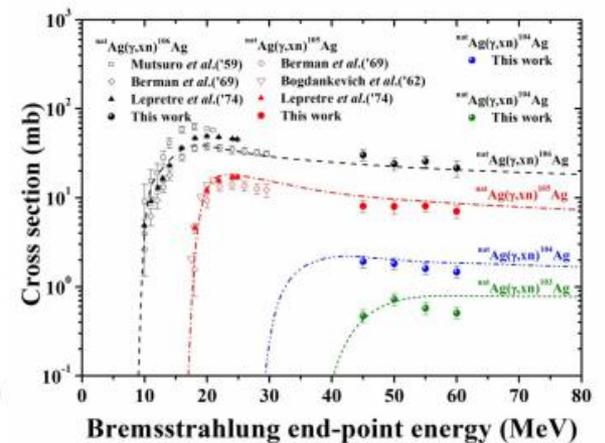
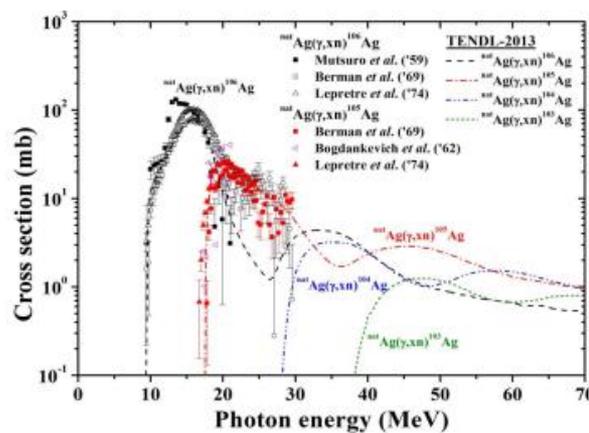
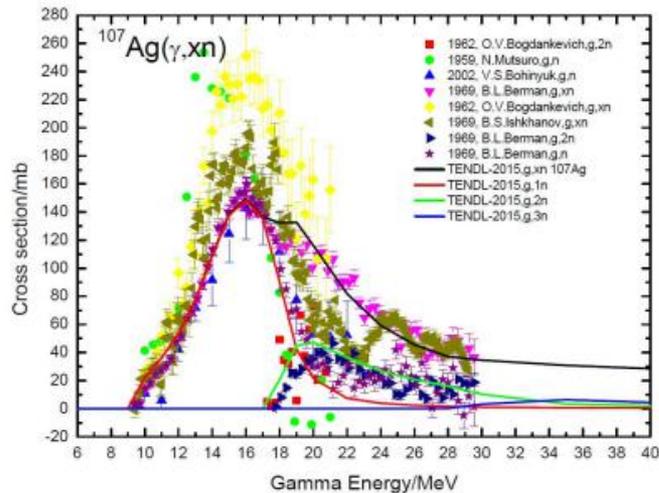
ENDF Request 3722, 2020-Jan-08,13:49:36
EXFOR Request: 7155/1, 2020-Jan-08 13:48:42



未来和SLEGS线站上的光中子截面互补，共用靶材料



107, 109Ag
光中子截面测量



Guinyun Kim, Kyungpook National University, Daegu, Korea

感谢各位合作者的支持和帮助!

感谢各位专家聆听、批评指导!