



# JUNO-TAO顶部塑闪缪子反符合系统的性能优化

罗光 代表TAO-veto工作组  
中山大学

2022年8月11日

中国物理学会高能物理分会第十一届全国会员代表大会暨学术年会

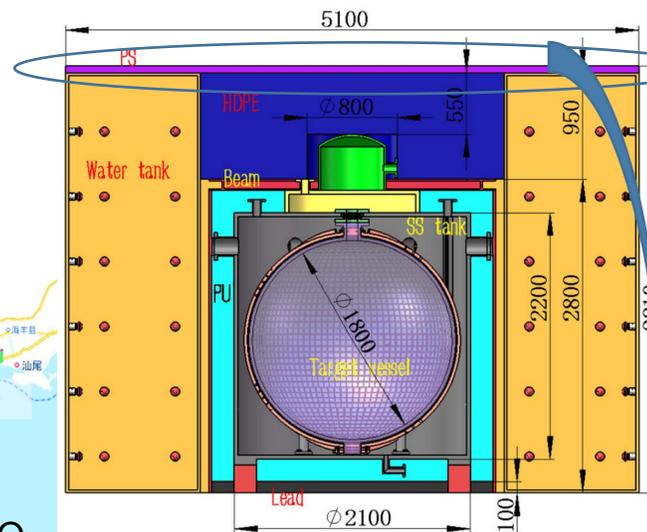


# 目录

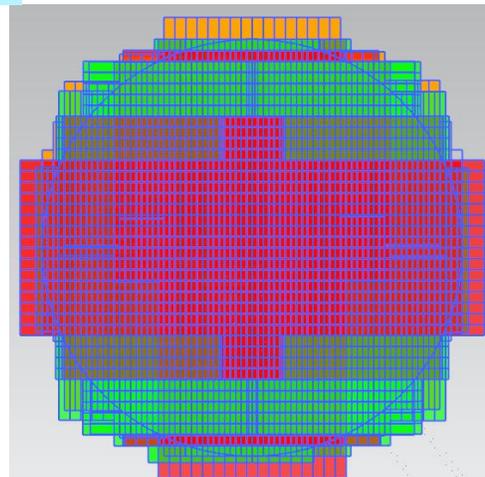
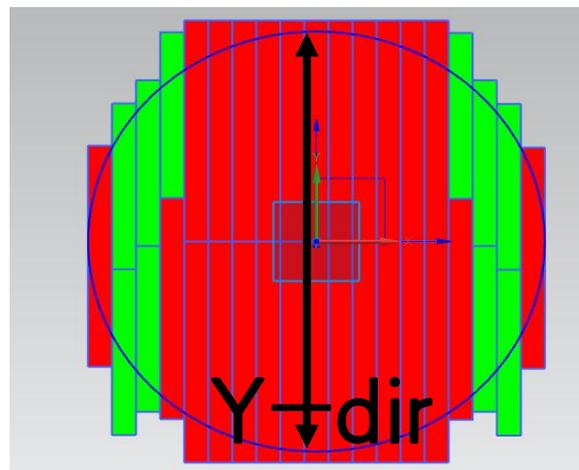
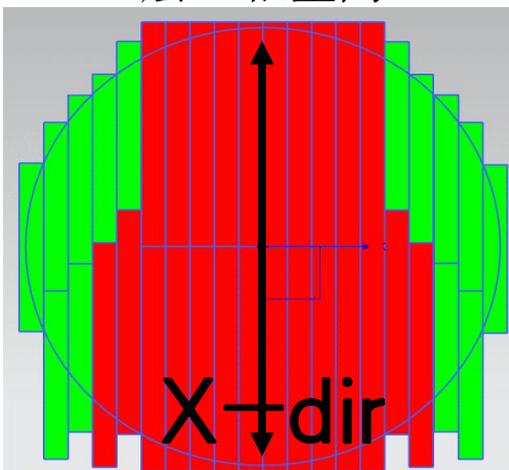
- ❑ JUNO-TAO塑闪缪子反符合系统的介绍
- ❑ 塑闪反符合系统的缪子模拟
- ❑ 塑闪反符合系统的本底模拟
- ❑ 原型的台架测试
- ❑ 总结与展望

The Taishan Antineutrino Observatory = JUNO-TAO:

- A. 为JUNO物理分析提供独立于模型的中微子能谱, 测试并更新核数据库。
- B. 2.8吨液闪。距反应堆30米处。
- C. 地下9.6m左右。



一层40根塑闪



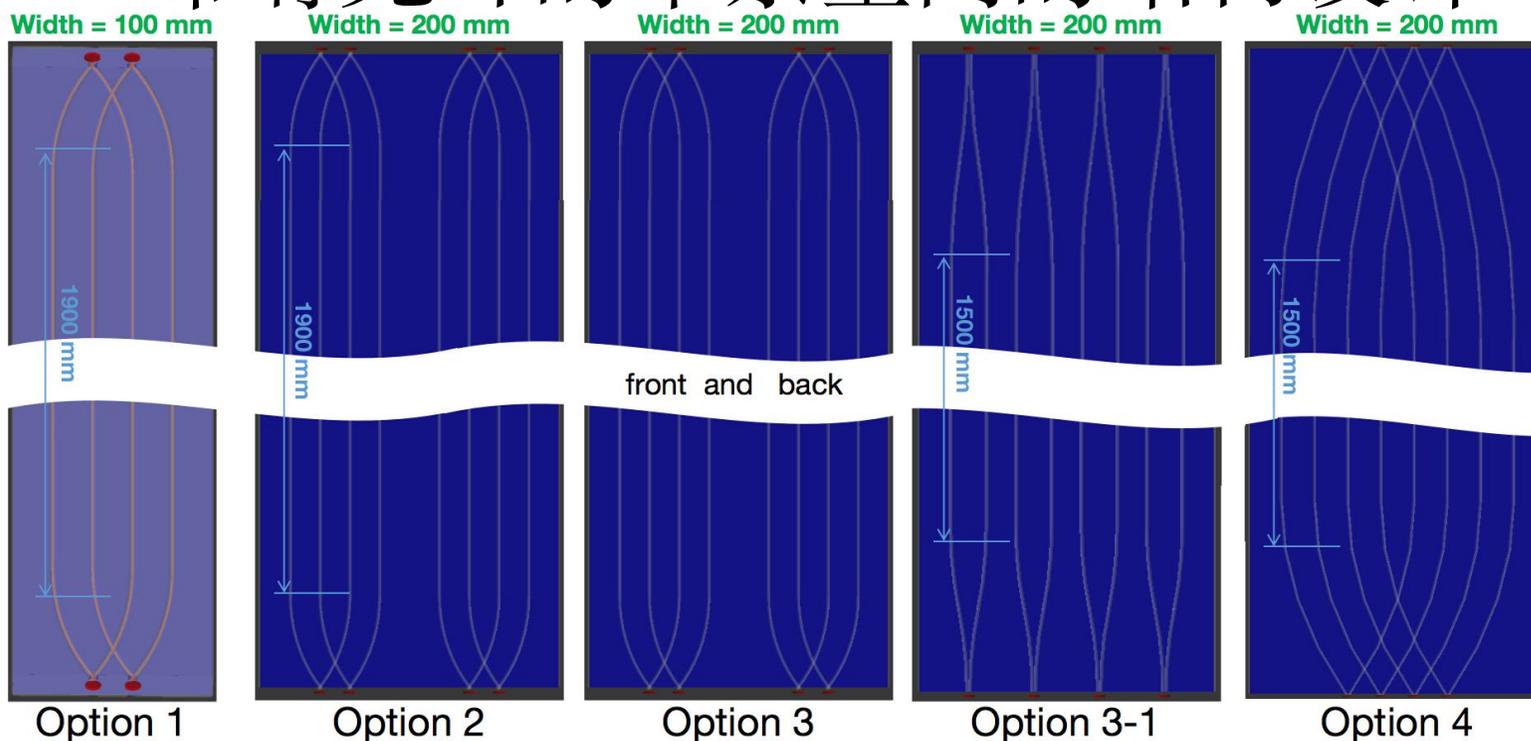
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2005.08745>, <https://indico.ihep.ac.cn/event/16065/contributions/43776/>



- JUNO-TAO 塑闪缪子反符合系统的介绍
- 塑闪反符合系统的缪子模拟
- 塑闪反符合系统的本底模拟
- 原型的台架测试
- 总结与展望

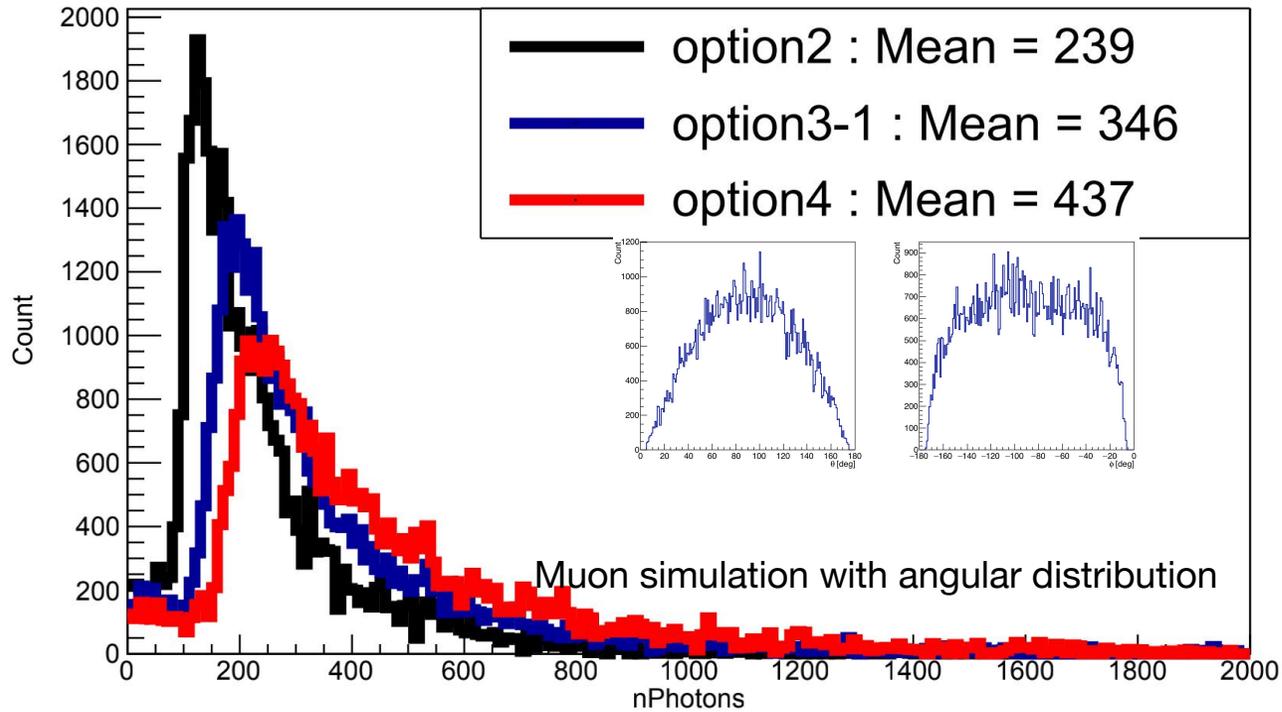
# 带有光纤的单条塑闪的结构设计

波长位移  
光纤

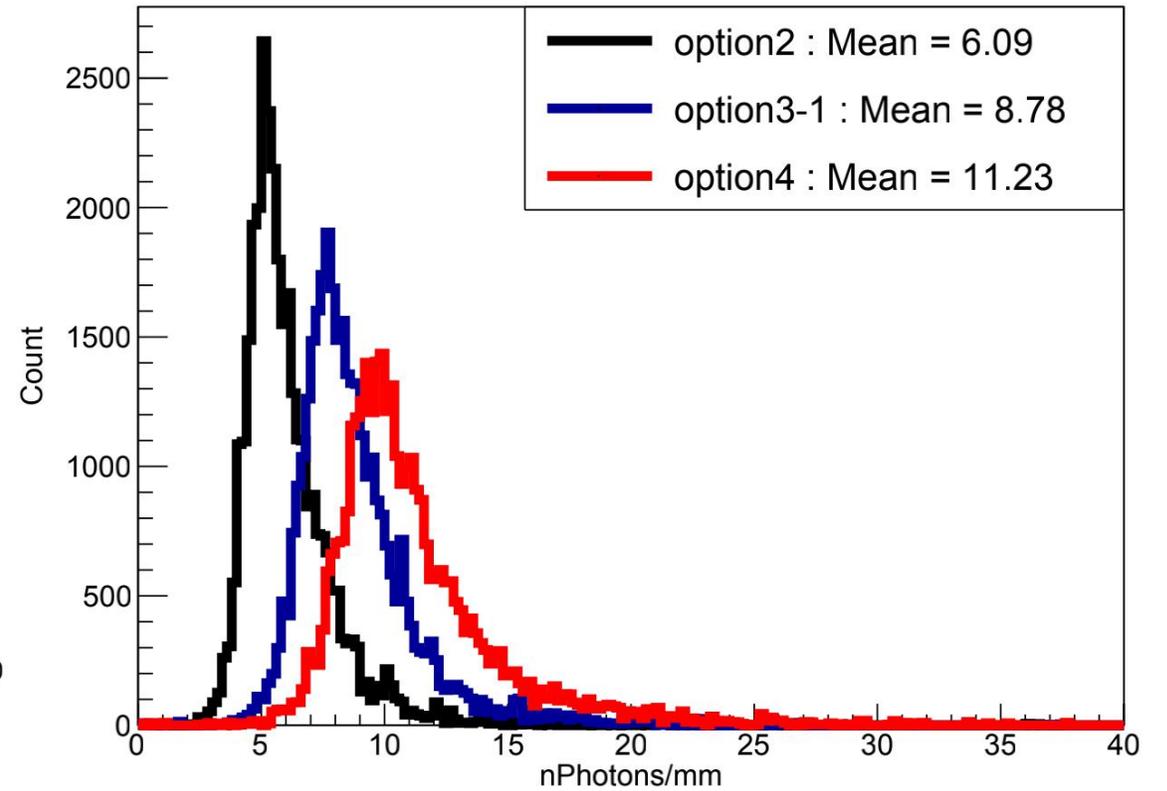


厚度为2cm;  
长度为2m。

configuration	option1	option2	option3	option3-1	option4
Scintillator width (mm)	100	200	200	200	200
Fiber numbers	4	8	8	8	8
Fiber diameter (mm)	1	1.5	1.5	1.5	1.5



nPhotons : 所有SiPM接收到的光子数

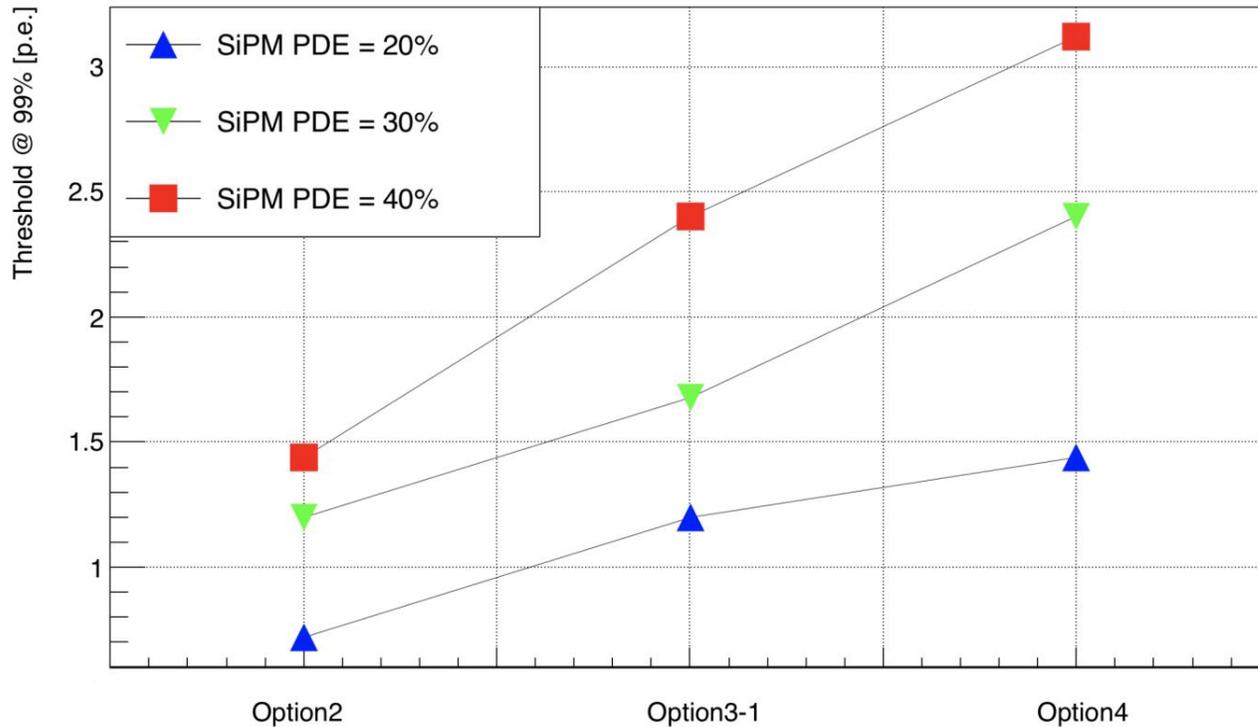


nPhotons / 缪子在闪烁体中的径迹长度 (mm)

The end : A

单条塑闪

The other end : B



Threshold @ 99%	option2	option3-1	option4
PDE =20%	A>=0.7p.e. B>=0.7p.e.	A>=1.1p.e. B>=1.1p.e.	A>=1.4p.e. B>=1.4p.e.
PDE =30%	A>=1.2p.e. B>=1.2p.e.	A>=1.7p.e. B>=1.7p.e.	A>=2.4p.e. B>=2.4p.e.
PDE =40%	A>=1.4p.e. B>=1.4p.e.	A>=2.4p.e. B>=2.4p.e.	A>=3.1p.e. B>=3.1p.e.

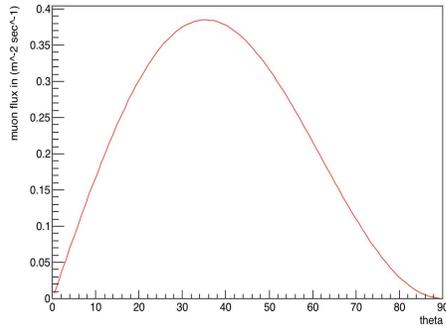
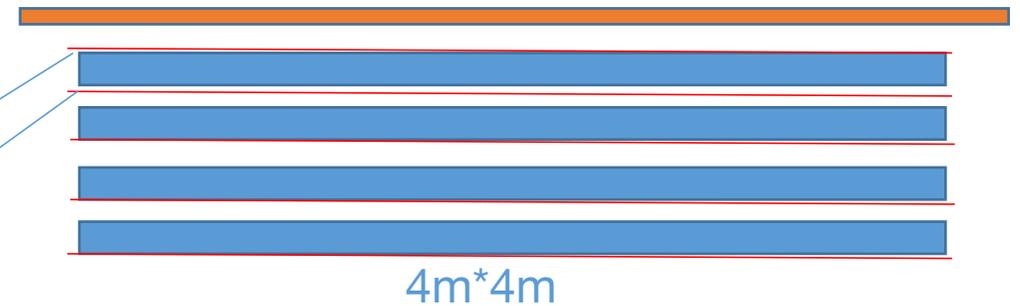
探测效率为99%时, option2, option3-1 and option4 对应的阈值。

option4在光产额和探测效率方面优于其他配置。

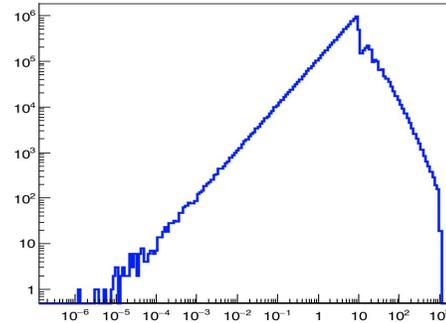
# 塑闪反符合系统的缪子模拟

侧视图

缪子发生器表面  
8m\*8m



Distribution of theta



Muon Energy [GeV]

模拟中，第一层塑闪的薄膜

为定义后续单层塑闪的缪子探测效率，模拟中放置了薄膜。

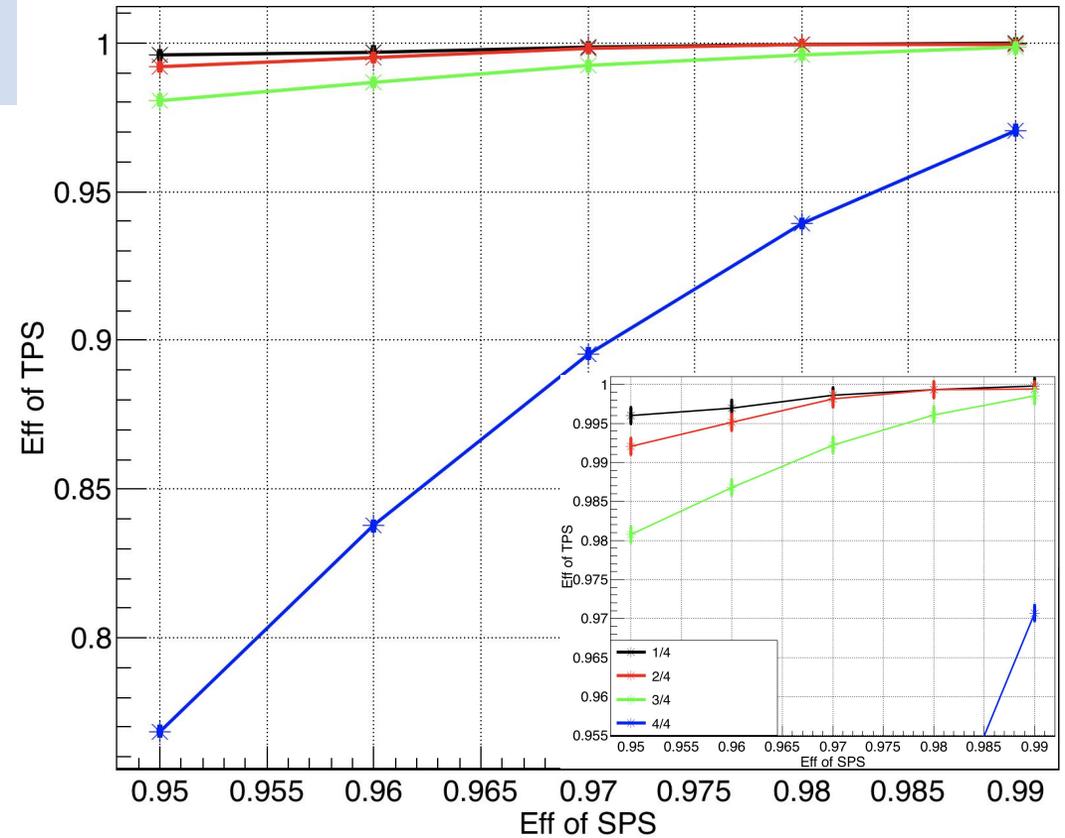
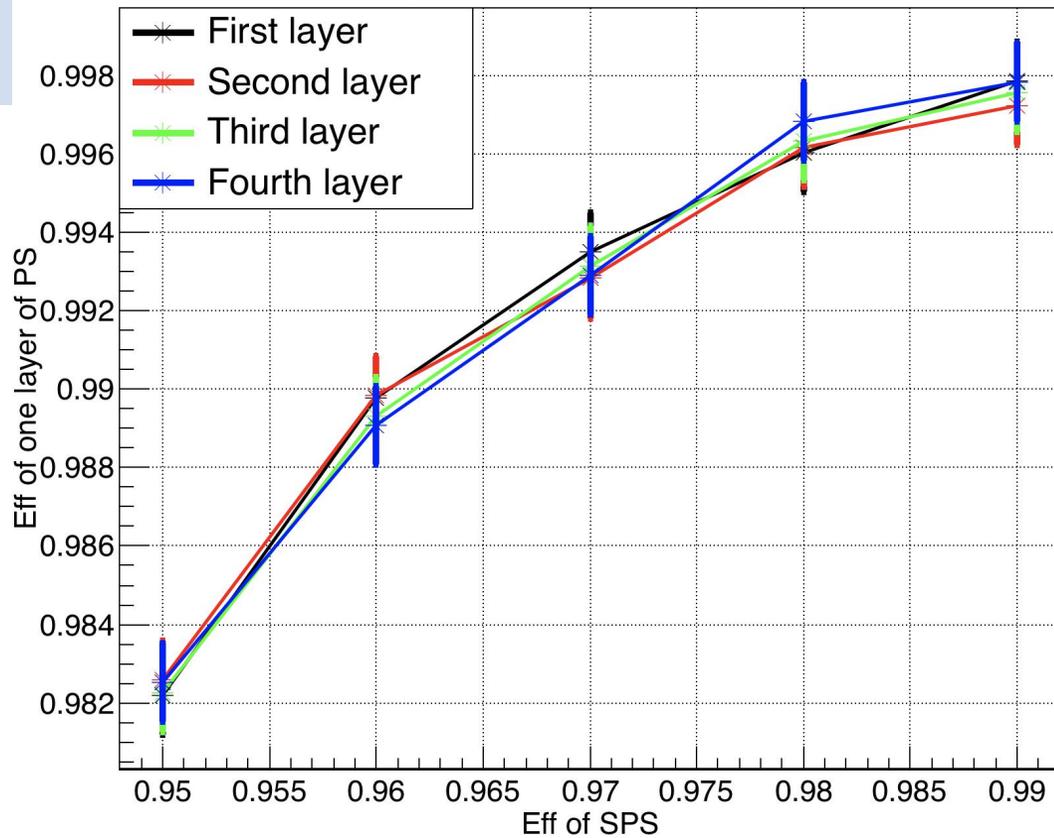
缪子探测效率(Eff) =  $N'/N$   
 $N'$ 代表过阈值的缪子数目。  
 $N$ 代表穿过薄膜的缪子数目

Ref : Shukla, P. & Sankrith, S. Energy and angular distributions of atmospheric muons at the Earth. arXiv:1606.06907 [astro-ph, physics:hep-ex, physics:hep-ph] (2018).

# 塑闪反符合系统的缪子探测效率

单条塑闪的效率	99%	98%	97%	96%	95%
Threshold(p.e.)	A&&B>3	A&&B>6.3	A&&B>10	A&&B>15	A&&B>19

单层的探测效率

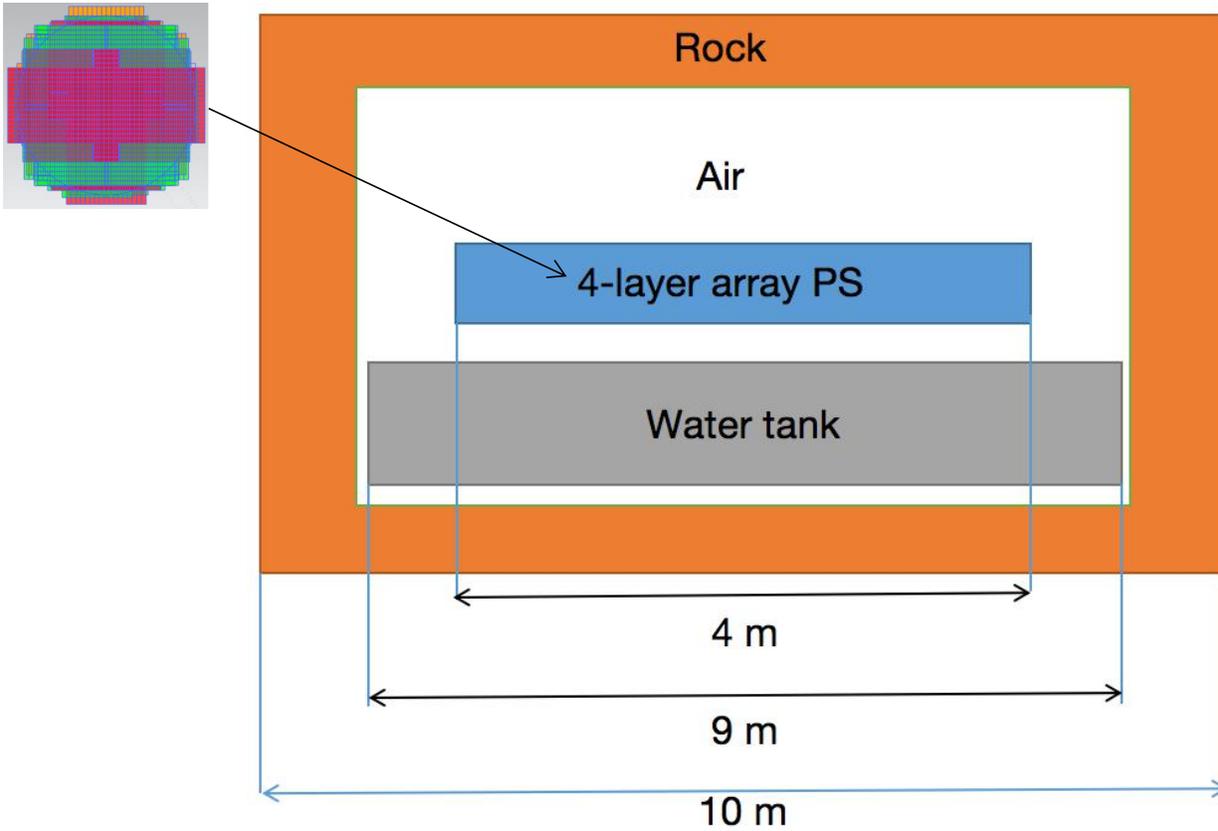




- JUNO-TAO 塑闪缪子反符合系统的介绍
- 塑闪反符合系统的缪子模拟
- 塑闪反符合系统的本底模拟
- 原型的台架测试
- 总结与展望

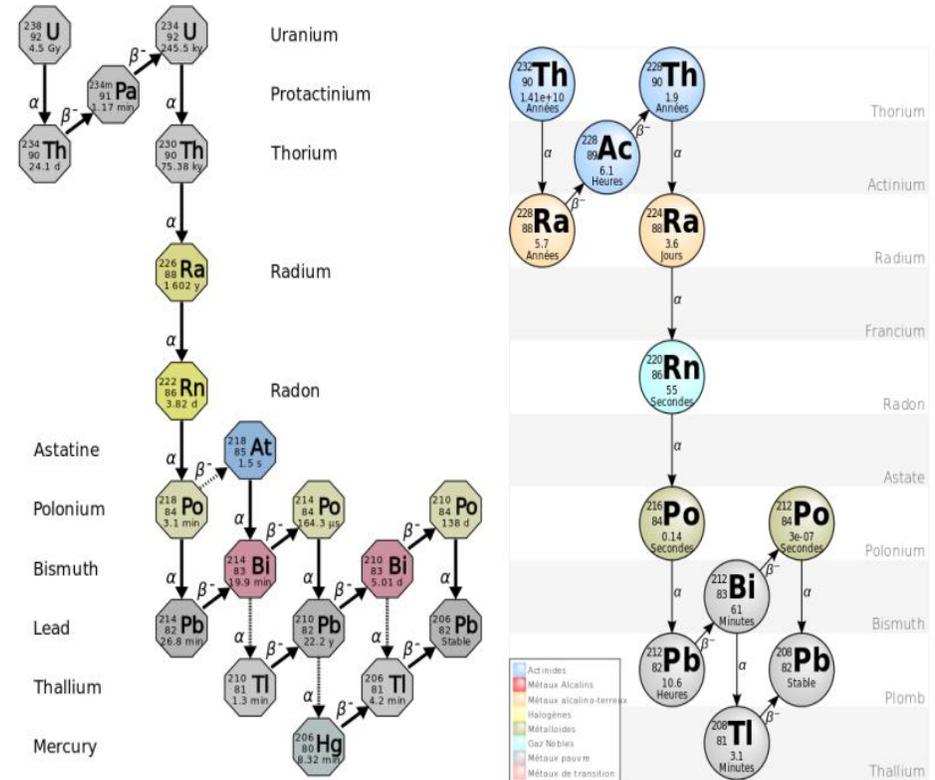


160 条塑闪  
160\*8 = 1280 SiPM



Rock thickness : 40 cm  
Water tank thickness : 1.5 m  
Rock mass : 288671 kg

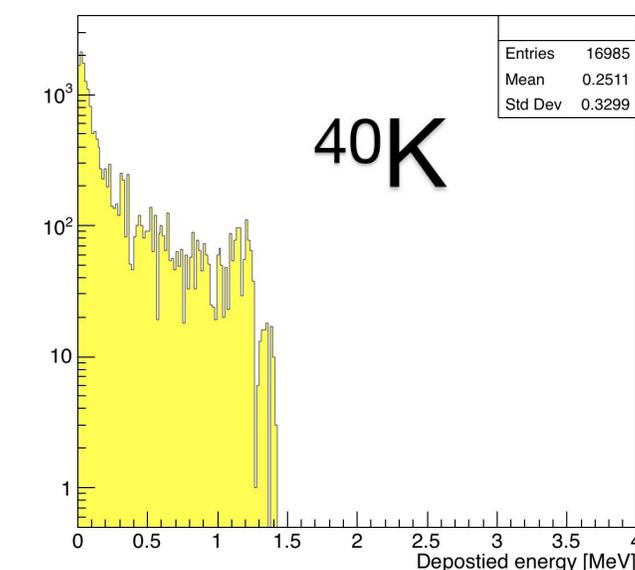
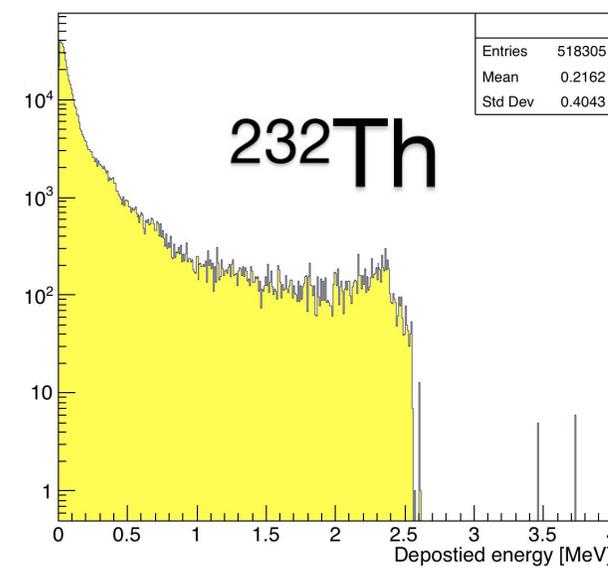
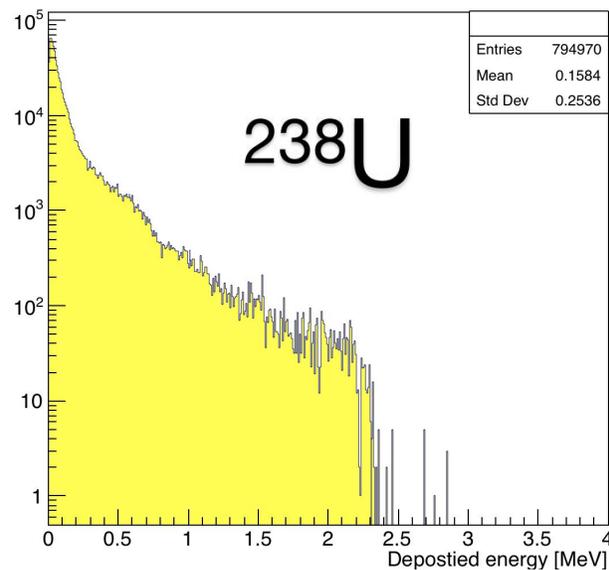
每个核模拟 12 million



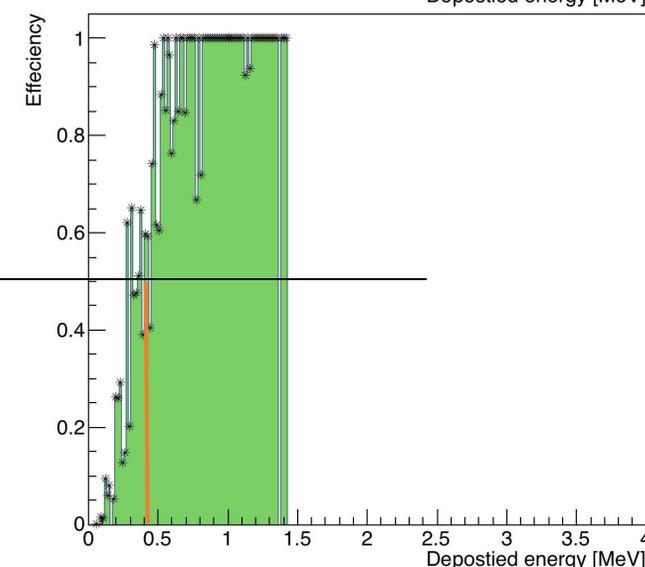
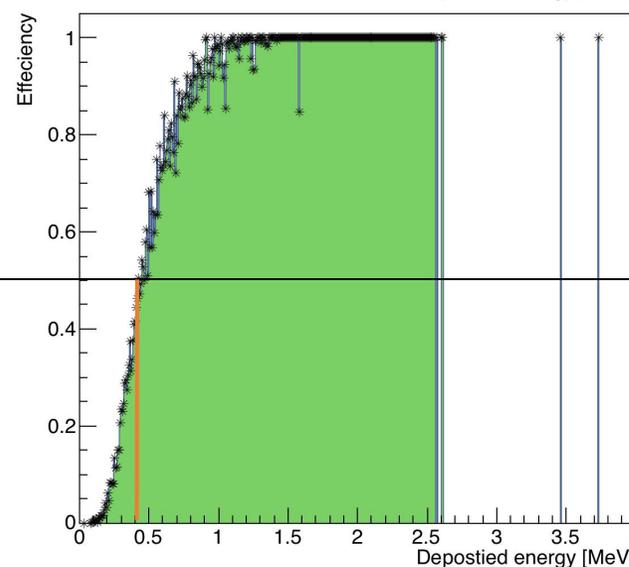
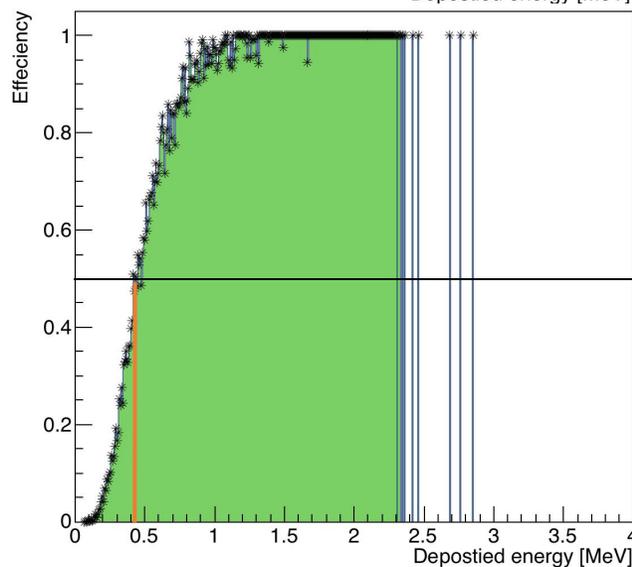
assuming secular equilibrium



本底在塑闪中沉积的能谱。



通过选择两端的信号阈值，来对应得到沉积能量的阈值。





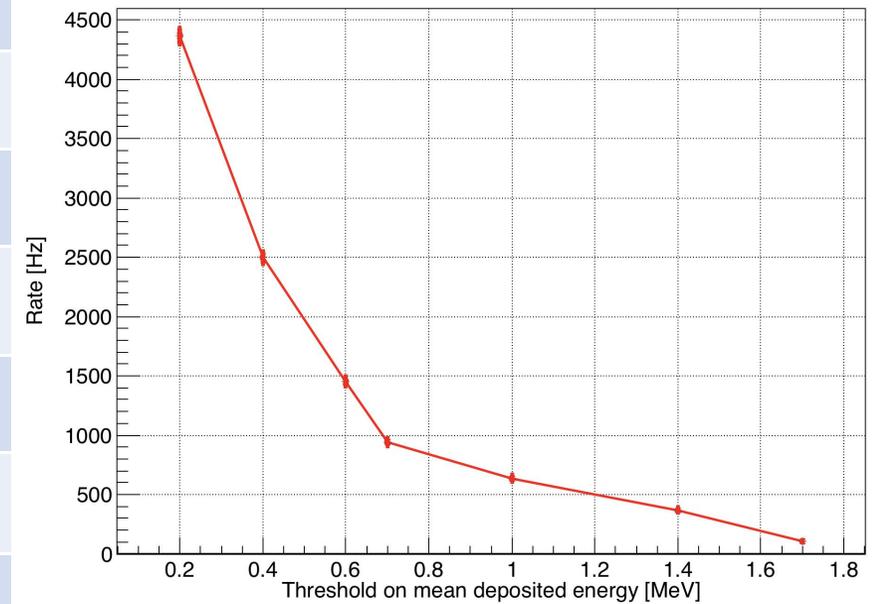
The end : A

单条塑闪

The other end : B

Selection criteria	Deposit E thres	Rate(one PS)
$A+B > 2p.e.$	$\sim 0.2 \text{ MeV}$	$4365 \pm 66 \text{ Hz}$
$A > 1 \& \& B > 1p.e$	$\sim 0.4 \text{ MeV}$	$2498 \pm 50 \text{ Hz}$
$A > 1.5 \& \& B > 1.5p.e$	$\sim 0.6 \text{ MeV}$	$1454 \pm 38 \text{ Hz}$
$A > 2 \& \& B > 2p.e$	$\sim 0.7 \text{ MeV}$	<b><math>943 \pm 31 \text{ Hz}</math></b>
$A > 3 \& \& B > 3p.e$	$\sim 1.0 \text{ MeV}$	$638 \pm 25 \text{ Hz}$
$A > 4 \& \& B > 4p.e$	$\sim 1.4 \text{ MeV}$	$369 \pm 19 \text{ Hz}$
$A > 5 \& \& B > 5p.e$	$\sim 1.7 \text{ MeV}$	$106 \pm 10 \text{ Hz}$

假设 PDE 为 35 %

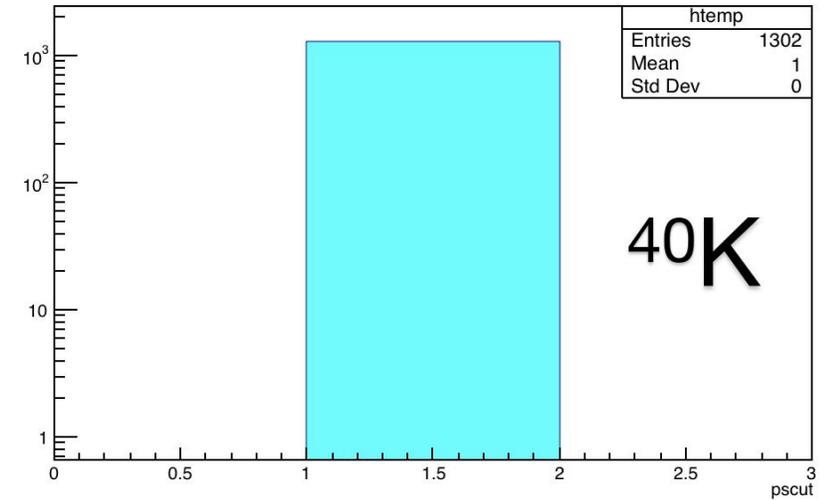
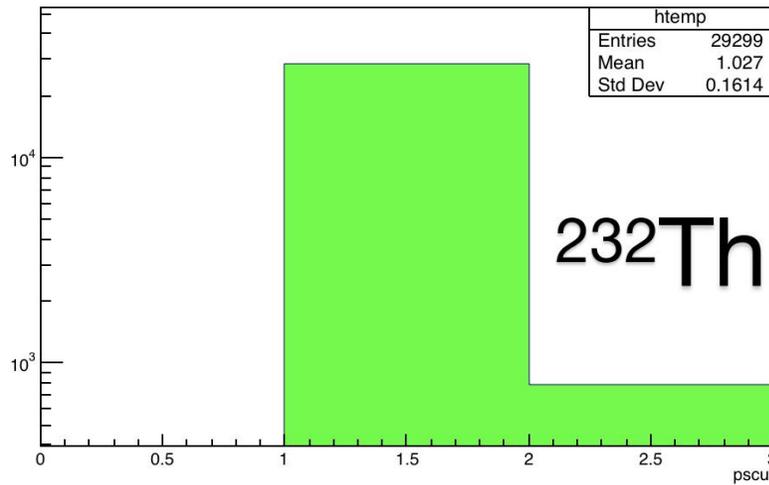
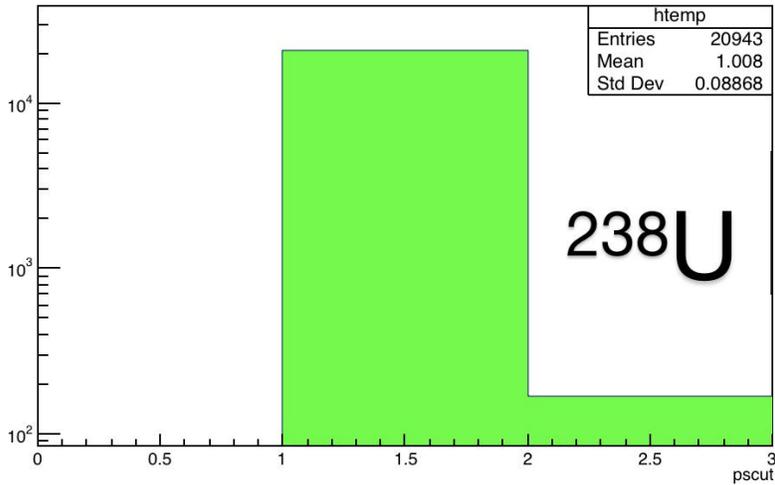


The end : A

单条塑闪

The other end : B

( $A > 3$  &  $B > 3$  p.e) 代表在单条塑闪下, 99%的缪子探测效率对应的阈值



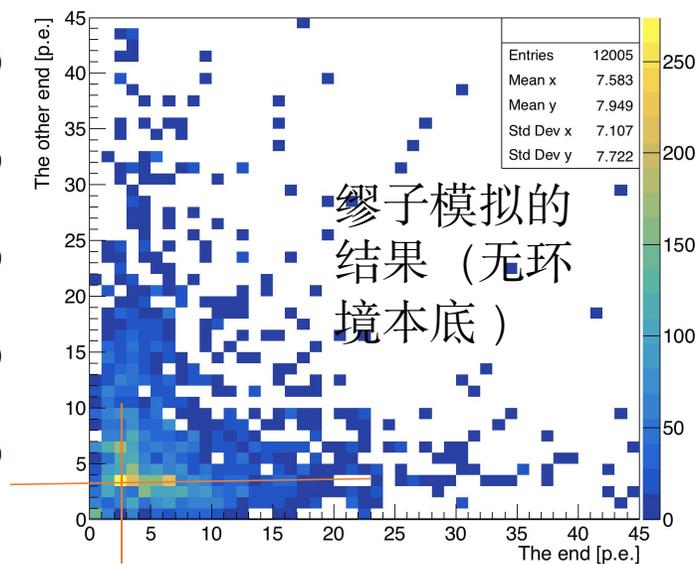
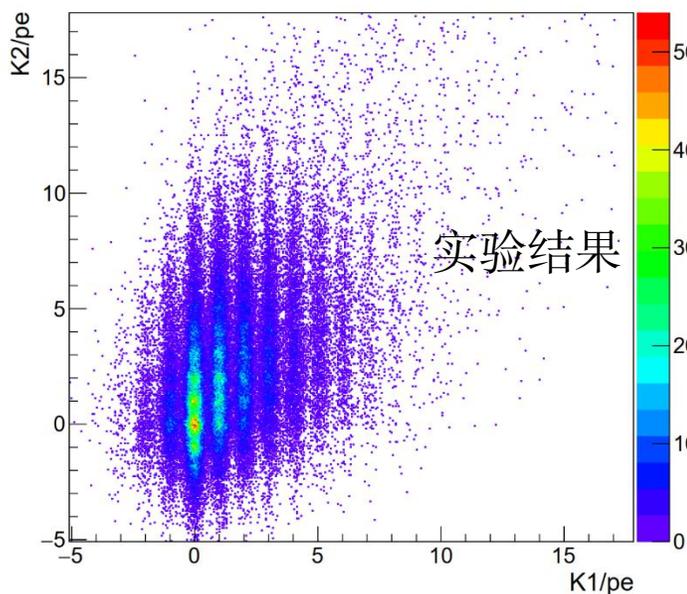
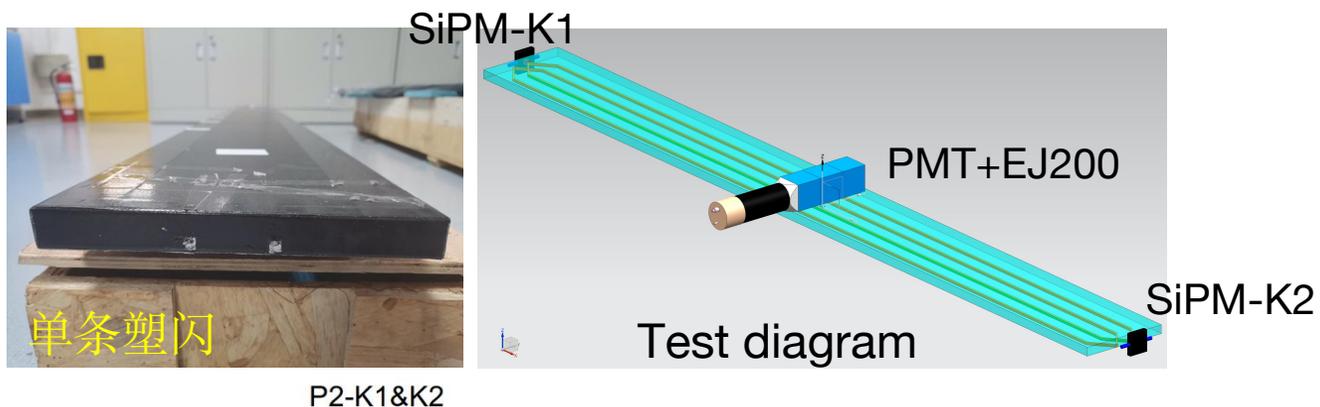
在同一事例中, 过阈的层数

Layers	two layer	three layer	four layer
Events	<b>1280 ± 40 Hz</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

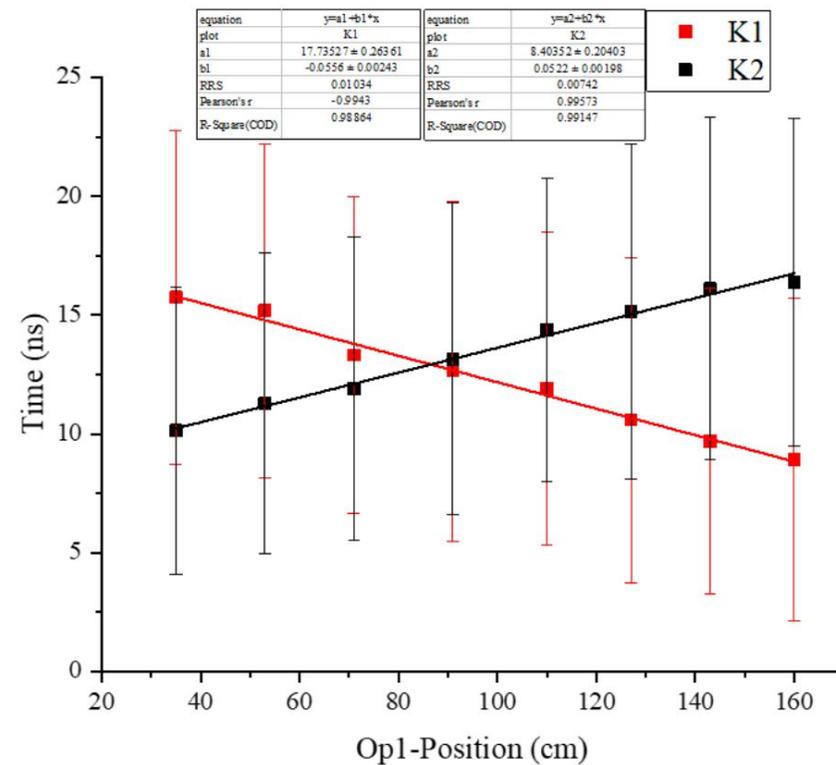


- JUNO-TAO 塑闪缪子反符合系统的介绍
- 塑闪反符合系统的缪子模拟
- 塑闪反符合系统的本底模拟
- 原型的台架测试**
- 总结与展望

# 类似option1样品的初步测量



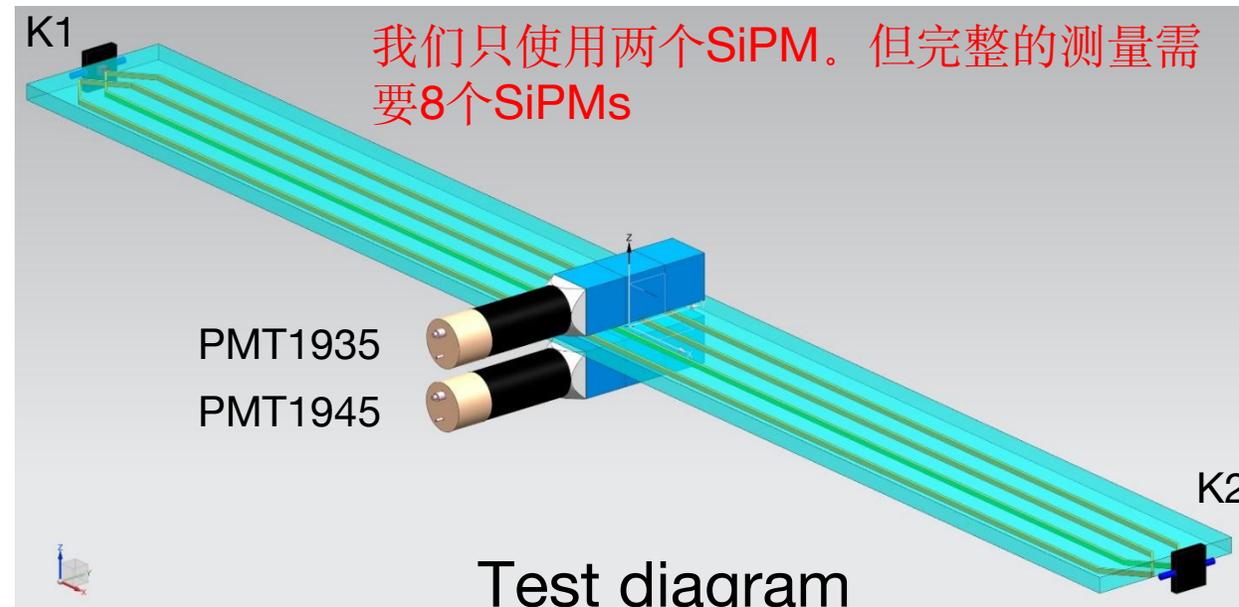
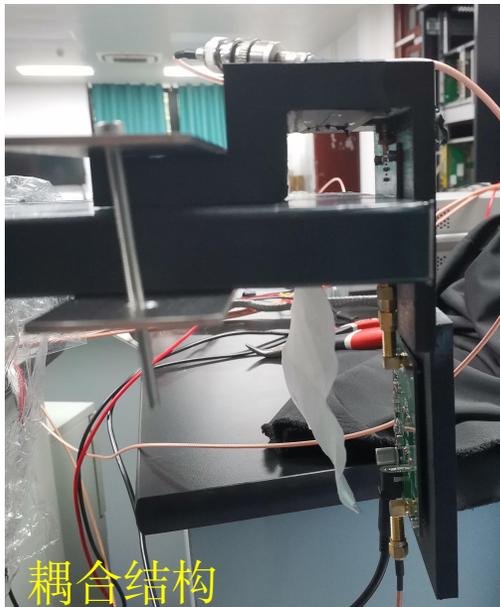
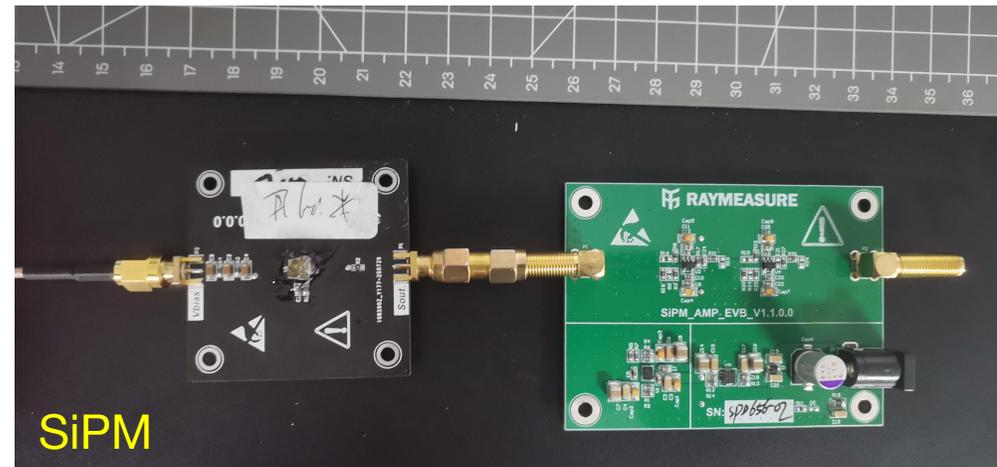
平均一个SiPM信号~2.5p.e.



不同位置, SiPM接收的时间

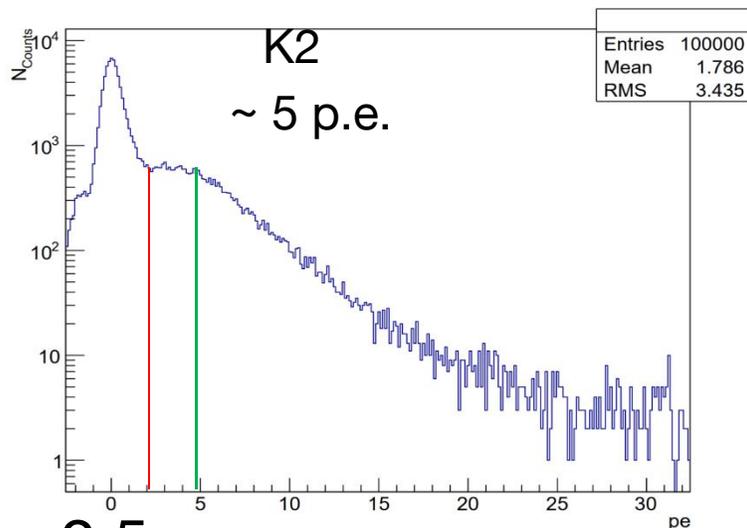
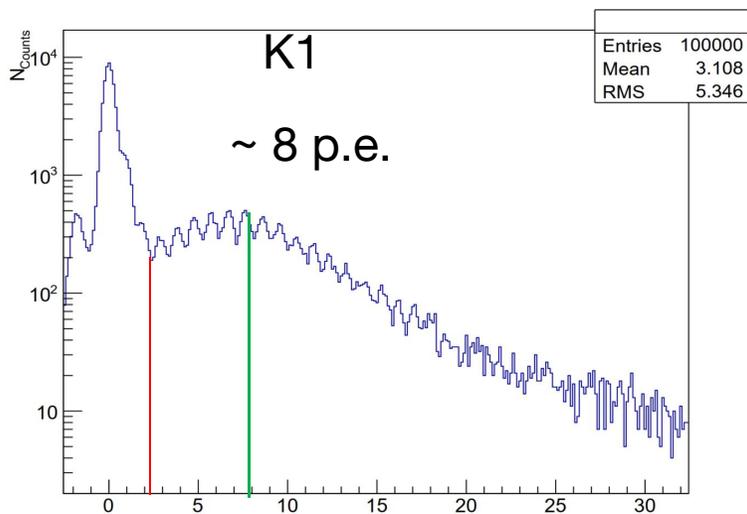
由于光产额小, SiPM的暗噪声, 环境本底和μ子信号混淆明显。

# option4的实验初步测量





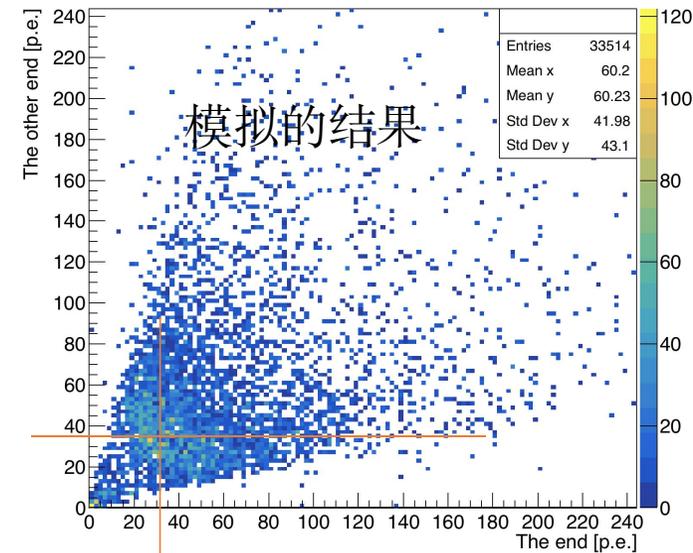
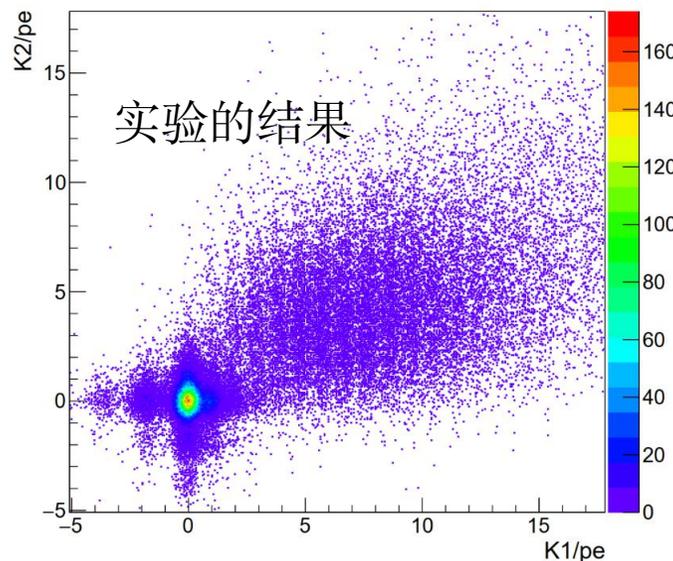
# option4的实验初步测量



2.5pe

8/11/2022

P2-K1&K2



SiPM~8.5 p.e.

- A. 信号与本底区分明显。
- B. 但是实验发现，不同的SiPM的信号存在着差异，需要进一步在实验中研究。



# 总结与展望

- I. 通过一系列研究, 我们提供了JUNO-TAO顶部带有波长位移光纤塑闪的优化配置, 平均光产额约为80p.e.。
- II. option4配置下, 即使单条塑闪阈值为3 p.e.时, 对宇宙缪子的探测效率仍可以高于99%, 单条本底638Hz。
- III. 即使单条塑闪的效率低至97%时, 4层中选3层作为缪子的标记探测效率仍将高于99%, 单条本底3.2Hz。
- IV. 不同配置的塑闪已经有了实验数据, 并且优化配置后的option4样品的信号大小的确明显比之前无优化的样品高。

## 谢谢各位老师同学