



# 2024年度考核报告

中微子二组

徐吉磊

2024年11月22日

# 一、岗位职责

江门中微子实验小PMT系统L3;  
江门中微子实验Veto系统L3

## ◆ 硬件（70%时间）

- 负责江门实验25600支3英寸光电倍增管（小PMT）的安装
- 负责小PMT系统200套电子学的安装
- 负责Veto系统水衰减长度测量研究和探测器安装。

## ◆ 物理和软件（30%时间）

- 宇生同位素的FLUKA模拟研究
- Muon径迹模拟和重建

## 二、本年度工作情况

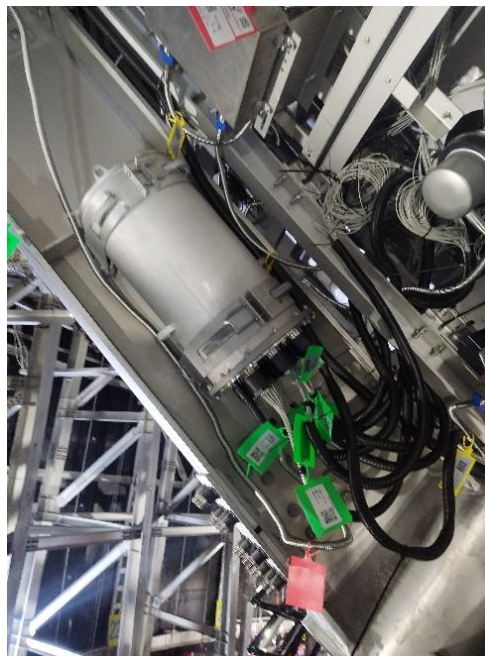
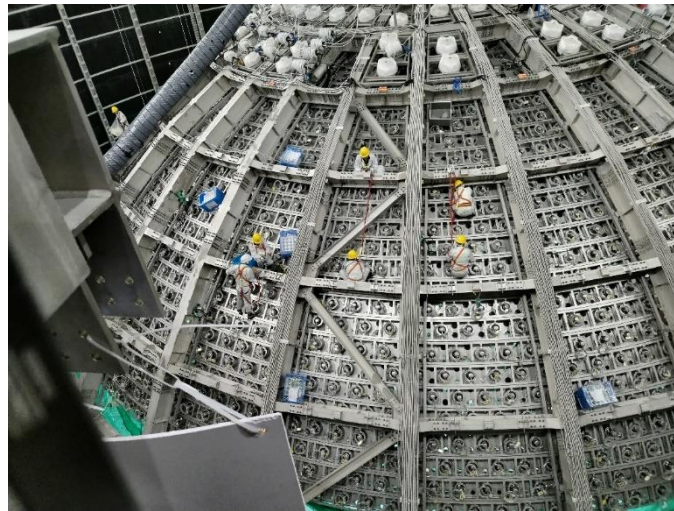
### 1. 任务完成情况 1.1 现场地面工作安装前的准备（全部完成）

- ◆ 完成了从广西大学发货的2.6万支小PMT的收货和抽检测试[徐吉磊、吴帝儒、何苗]
- ◆ 完成了地面理线、清洁、标签核对工作[徐吉磊、王健、大地工人、值班学生]
  - 标签核对工作非常重要，关系到将来的物理正确
  - 通过检查，今年发现过两次LPMT安装不正确，及时调整，避免影响安装进度，也保证了LPMT的准确性。
- ◆ 完成了200个小PMT电子学桶的电测试、检漏检测[现场负责、王健、值班学生等]。

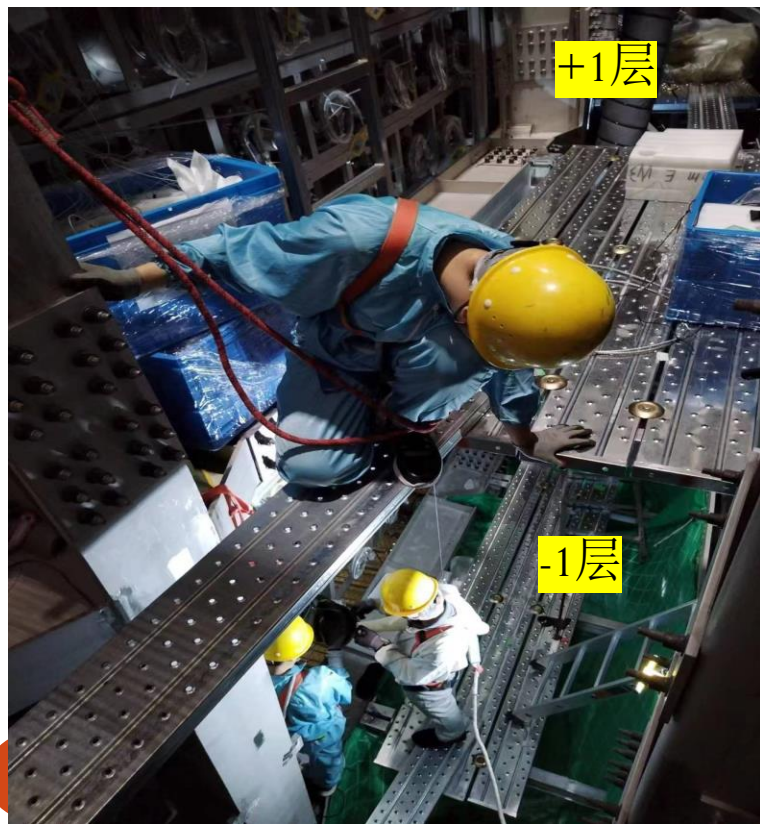


# 1.2 小PMT和电子学地下安装(主要)

- ◆ 25600支PMT安装基本全部完成 (99.9%)，还剩南极最后的一圈18支。
  - 历时两年，安装时间250天，今年安装64%。
  - 每天安装大约100支。
- ◆ 电子学安装全部完成， $200/200 = 100\%$ 
  - 每次安装1-2层，共16层，每次涉及大地、天目、安得远通等公司近20人。
  - 检漏、电测等都通过。
- ◆ 在小PMT系统中轮流现场负责 [徐吉磊、何苗]
- ◆ 发现问题和及时思考解决问题
  - 安装方案改进等，大大降低电缆破损风险。
  - 维护数据库，保证实际安装和数据库一一对应。
  - 根据安装实际困难，优化更新PMT排布便于安装

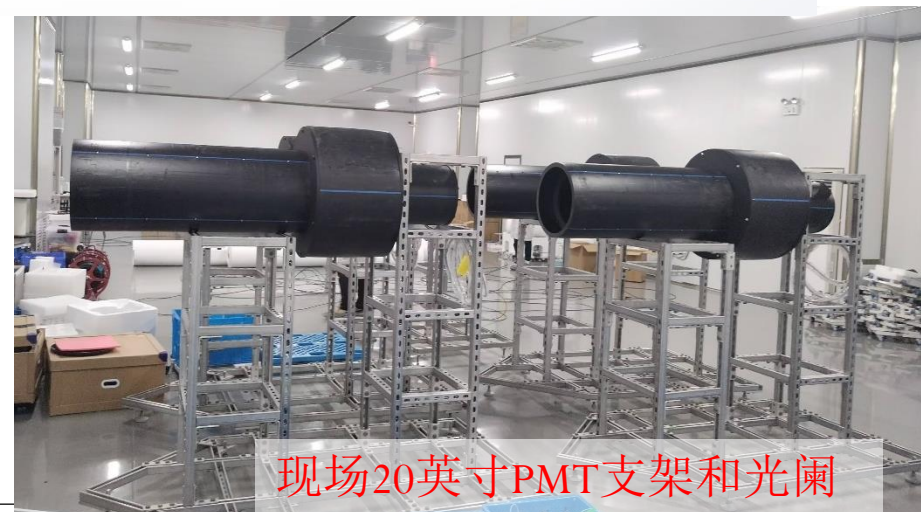
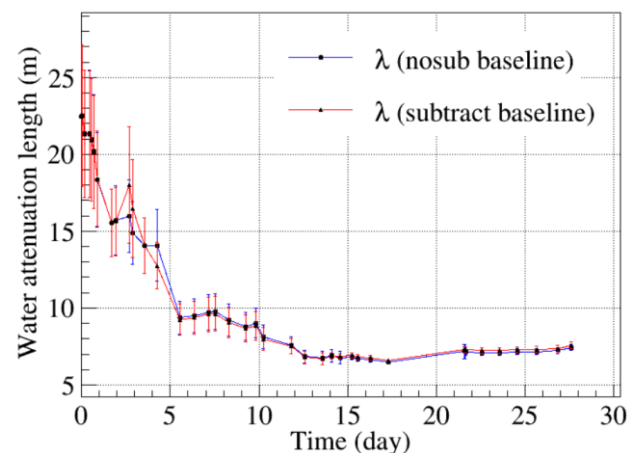
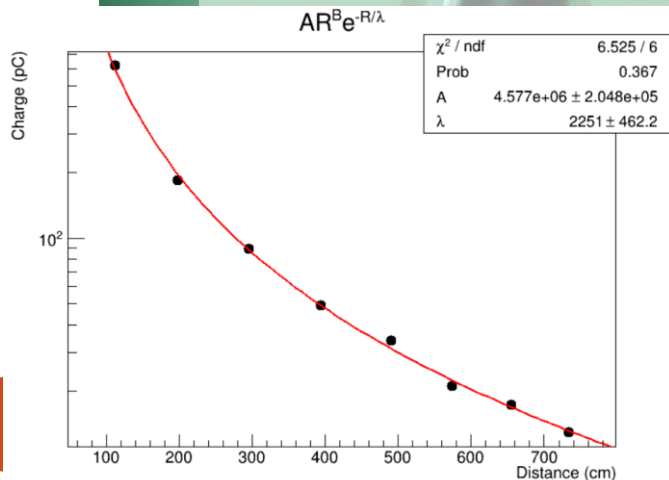
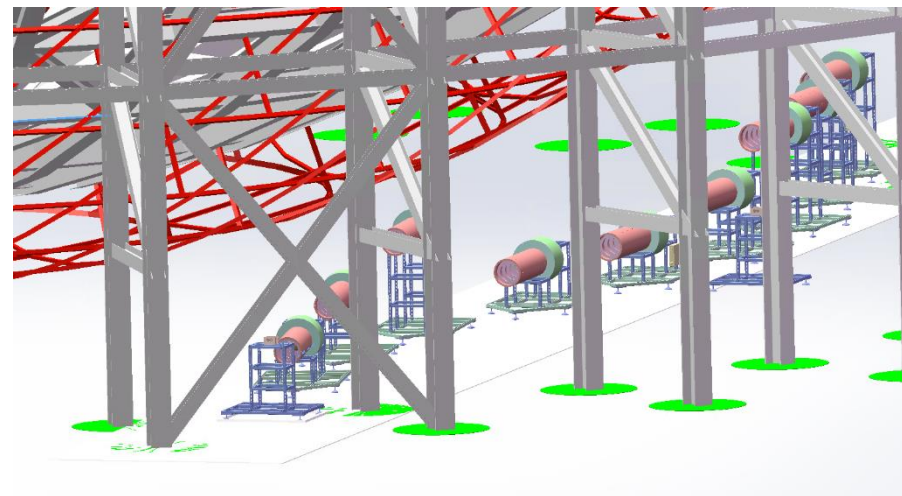
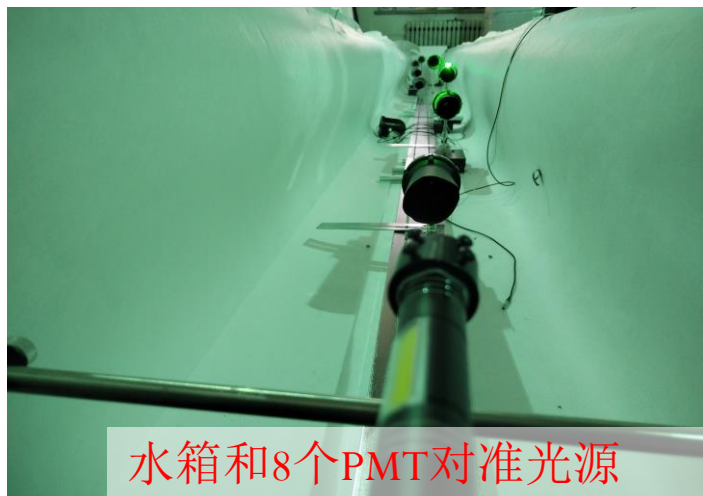


参与关灯测试和数据分析讨论，



# 1.3 江门水衰减长度测量

- ◆ 完成了高能所搭建的长水箱(8个3英寸PMT)的灌水测试, 理解探测器性能, 并测得水衰减长度 [徐吉磊、王思博、王莉 (郑大联培)]
- ◆ 完成了江门现场水衰减长度探测器组装, 9个20英寸PMT模块, 完成光源、光纤、PMT等测试, 正运往地下, 很快安装完毕。 [徐吉磊、王思博、董川石]



# 1.4 江门宇宙线Muon径迹重建

- ◆ 每周四晚上负责组织召开中方的muon重建会议[高能所、山大、广西]
- ◆ 开发了CT (Cherenkov Time) 算法重建夹层水muon重建，并将算法扩充到液闪和水池，都取得不错的重建结果[张宇(今年博士毕业)、徐吉磊]
- ◆ Shower muon重建[学生张峻伟 (联培)、张永鹏、徐吉磊]
- ◆ Muon分类算法和软件包开发[吴帝儒(出站)、宫冠达、徐吉磊]

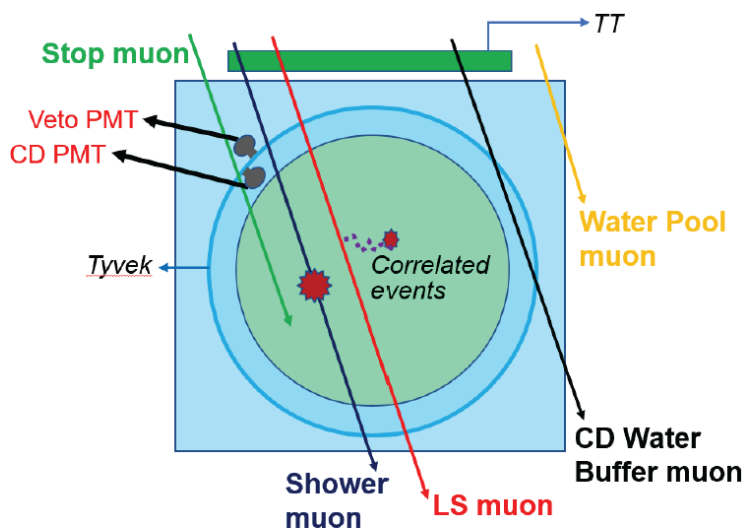


图 5.1 江门探测器中不同类型宇宙线  $\mu$  子示意图。

$$\chi^2 = \sum_{i=0}^N w_i \left( \frac{t_i - t_i^{Exp}}{\sigma_i} \right)^2$$

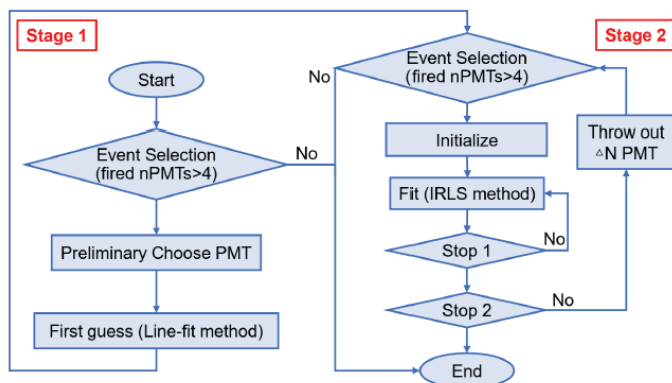
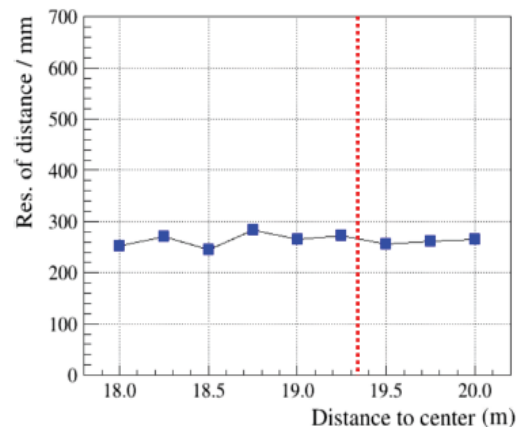
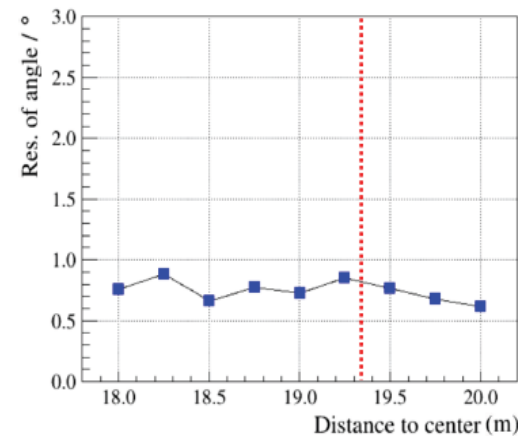


图 5.12 基于 CWB  $\mu$  子径迹的 CT 方法重建流程图



(c) 距离分辨率。  
(c) Resolution of distance.



(d) 角度分辨率。  
(d) Resolution of angle.

图 5.23 电子学模拟之后的 CWB  $\mu$  子径迹重建结果。

# Shower muon重建 [学生张峻伟(联培)、张永鹏、徐吉磊]

- ◆ 20%的shower muon贡献了90%的同位素。
- ◆ 通过shower muon产生的PMT波形上的峰的特征，重建shower点。
- ◆ Shower点的位置分辨率在1.5米以内，16米之内的shower在1米之内。

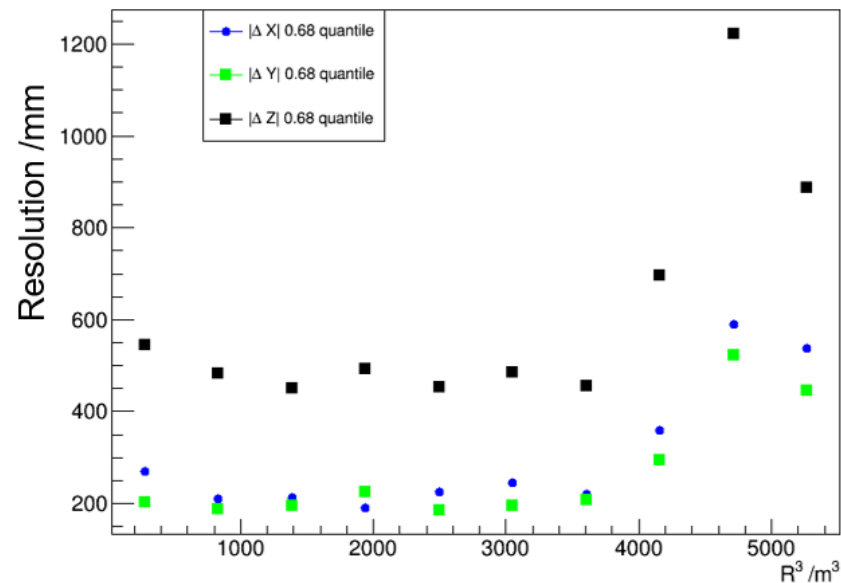
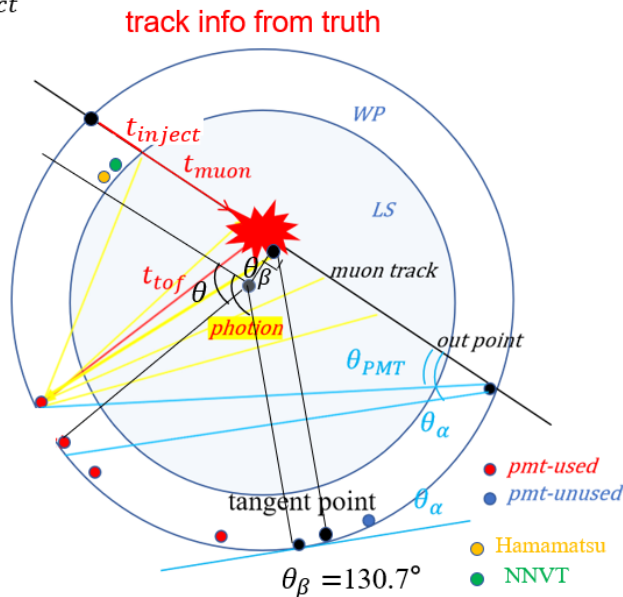
Muon type		Muon-percent	Iso-percent
Shower muon	All	19.8%	90.9%
	1.8-3GeV	11.0%	10.6%
	3-5GeV	4.5%	6.8%
	5-7GeV	1.5%	4.4%
	7-9GeV	0.8%	3.7%
	>9GeV	2.0%	65.4%
Through-going		76.3%	8.1%
Stop		3.9%	1.0%

Table 2: Muon types vs  ${}^9\text{Li}^8\text{He}$ .

$$t_{peak\_pre} = t_{inject} + t_{muon} + t_{tof} + t_{offset} + t_{correct}$$

$$\chi^2 = \sum_i^{pmt} \frac{(t_{peak\_pre} - t_{peak\_obs})^2}{\sigma_{tts}^2}$$

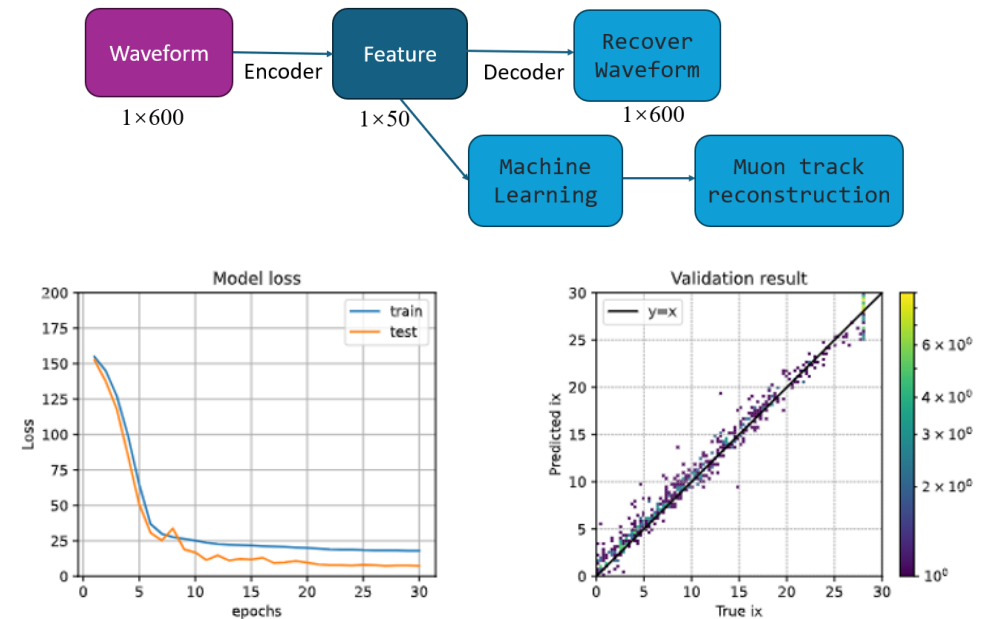
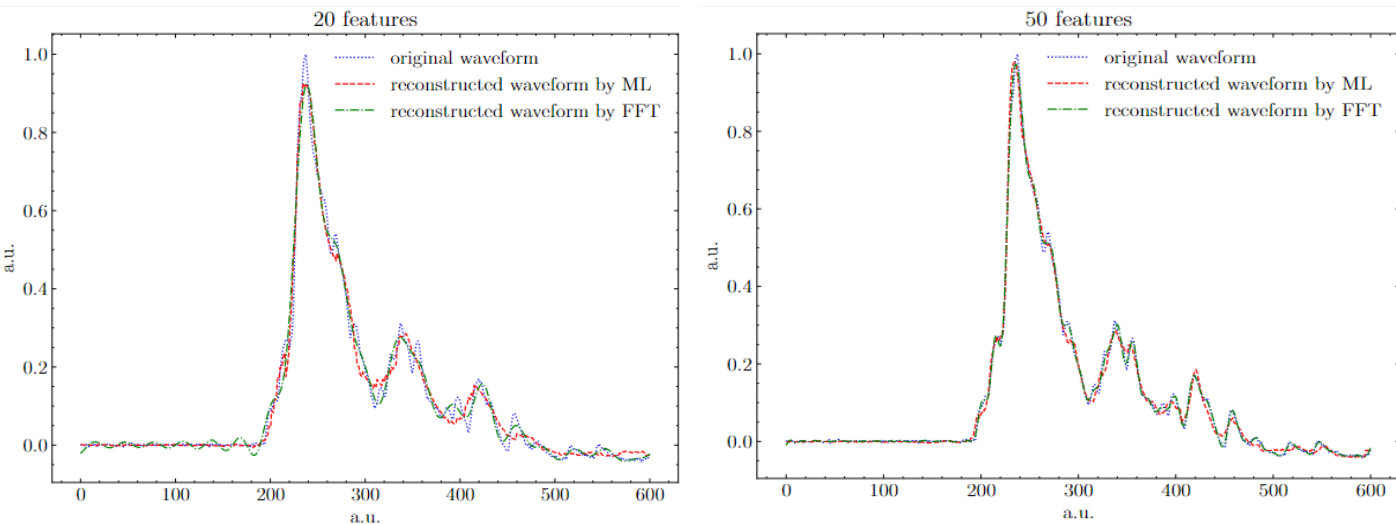
$t_{inject}$ : The earliest time of muon injecting into WP  
 (now use mean\_FHT of earliest 10 PMT)  
 $t_{muon}$ : Time of flight of muon  
 $t_{tof}$ : Time of flight of photons  
 $t_{offset}$ : Transit time of PMT  
 $t_{correct}$ : time of rise to peak (from laser)+TOF correct  
 $\sigma_{tts}$ : Used TTS





# PMT波形存储的方法研究 [学生陈俊有、吴帝儒(出站)、徐吉磊]

- ◆ 为了节省空间，满足传输要求，必须对庞大的宇宙线缪子的波形进行压缩存储。
- ◆ 研究了快速傅里叶变换的方法(FFT)和自编码器方法(Auto Encoder)，均能实现存储较少的点，基本还原波形。
- ◆ 通过存储的50个feature，通过机器学习，进行muon径迹重建（正在研究）。



# 1.5 宇生同位素的Fluka模拟 [学生董川石、徐吉磊]

- ◆ 粒子的强相互作用的模拟，不同的模拟软件产额有可能差别很大。影响将来对中微子的灵敏度的分析。
- ◆ 单独使用FLUKA软件对江门中微子实验进行模拟，模拟系统建立完毕
- ◆ 与别人Geant4模拟的同位素结果进行比对，中子产额和He8差不多，Li9差了接近一半。

## Preliminary Simulation Results

G4 Data from Liu Chaimei (Isotopes) & Zhang Xin (Neutron)

同位素/粒子	Fluka产额/ $\mu^{-1}$	G4产额/ $\mu^{-1}$	相对比值	主要反应
C11	$1.5 \times 10^{-2}$	$5.0 \times 10^{-2}$	0.29	n + C12: Inelastic
C10	$6.6 \times 10^{-4}$	$3.6 \times 10^{-3}$	0.18	n + C12: <u>nInelastic</u>
B12	$1.7 \times 10^{-3}$	$3.1 \times 10^{-3}$	0.54	n + C12: <u>nInelastic</u>
Li8	$1.7 \times 10^{-4}$	$8 \times 10^{-4}$	0.21	n + C12: nInelastic
He6	$8.4 \times 10^{-4}$	$7 \times 10^{-4}$	1.20	n + C12: Inelastic
Li9	$1.7 \times 10^{-4}$	$3 \times 10^{-4}$	0.56	$\pi^- + C12$ : Inelastic
B8	$4.4 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-4}$	2.2	$\pi^+ + C12$ : Inelastic
C9	$4.3 \times 10^{-5}$	$6 \times 10^{-5}$	0.72	$\pi^+ + C12$ : Inelastic
Be11	$1.5 \times 10^{-4}$	$6 \times 10^{-5}$	2.4	n + C12: Inelastic
He8	$3.1 \times 10^{-5}$	$3 \times 10^{-5}$	1.0	$\pi^- + C12$ : Inelastic
n	0.104			/
n( $\mu$ 固定E和L)	0.38	$\approx 0.43$	0.87	/

## 2. 本人研究成果和经费情况

- ◆ 合著书《重走宇宙线发现之旅》，何会海主编，宁波出版社，2024.9
- ◆ 文章（已发表2篇，合作组文章若干篇，在写2篇）
  - 已发表
    - Li Wang, Jilei Xu(通讯), et al., A novel design for 100 meter-scale water attenuation length measurement and monitoring, 2024 JINST 19 P05051.
    - Yu Zhang, et al., Dark count of 20-inch PMTs generated by natural radioactivity, 2024 JINST 19 P02026
    - 合作组文章若干篇
  - 在写
    - 小PMT的instrumentation文章，完成初稿，准备下个月投稿
    - 小PMT系统安装文章
- ◆ 经费情况
  - 面上基金，主持，65万，2020.1 - 2023.12，在花结余经费。
  - 江门科技局，主持，300万，2018.11 - 2024.9，结题
  - 参与多项(几千万元)：江门中微子方面研究的基金，如科技先导A类，知识创新工程等。

# 3. 学术交流和学术发展规划

## ◆ 学术交流

- 参加每年两次的江门中微子国际合作组会，报告和深入交流
- 每周小PMT国际组会，跟外国同事深入交流
- 负责组织Muon重建组会，深入交流。
- 2024. 8，参加粒子物理会议高能物理大会
- 2024. 11，参加小PMT电子学workshop@台湾。
- 2024. 11，江门现场参观科普报告。
- 与现场安装公司（大地、天目、安得远通）合作交流，安全有序安装；与厂商交流，推动厂商技术进步（AXON、鑫锐）
- 参加每周安装会，物理分析等。

## ◆ 学术发展规划

- 坚持到最后，完成江门中微子探测器安装，确保顺利取得高质量数据。
- 从事江门物理方面研究宇宙线重建和宇生同位素，多与同事交流，保持与国际接轨。

## 4. 学生指导、公共服务和其他

### ◆ 学生指导

- 指导博士生毕业1名：张宇
- 指导联培生毕业1名：王莉（郑州大学）
- 指导学生1名：董川石，同位素模拟、水衰减长度测量等。
- 联培生2名：张峻玮，陈俊有（广西大学）

### ◆ 公共服务：

- 《核电子学与探测器技术》审稿专家2024.4-2029.3
- 研究生考核
- 中心联培生面试
- 校园宇宙线联盟技术组成员。
- 广东科普讲师团成员-江门中微子科普
  - 2024.9：央视透视新科技，科普中微子
  - 2024.10：四川日报，科普中微子不是捉鬼
  - 2024.11：央视新闻采访
  - 多次现场参观讲解

# 职业素质

## ◆ 有较强的科研能力

- 研究任务按计划完成。面对问题，迎难而上，解决遇到的各种困难和问题。
- 在实验中异常问题，细致分析敏锐的找到问题根源。
- 基金主持，文章发表多篇

## ◆ 有较好的学术组织能力

- 积极组织宇宙线小组会
- 积极参加学术、技术讨论
- 积极组织与厂家技术讨论

## ◆ 工作主动探索，有一定的创造能力

- 主动探索和研究潜在的问题，增强防水，降低风险，保障可靠
- 规划和实现SPMT江门现场组装和安装。
- 积极承担并落实与其他系统的接口
- 探索和发掘江门潜在物理研究

## ◆ 有较强的合作精神

- 与中、外同事友好合作，硬件和物理都取得了较好进展
- 与各厂家积极合作、讨论、研究
- 小PMT个头虽小，但五脏俱全，数量最多，需要通过中、法、智、美、俄等合作，才能取得最终的成功！

### 三、存在的问题

- ◆ 工程任务繁忙与物理研究的科研任务不好平衡分配。

### 四、下一年度规划

- ◆ 转江门物理数据分析，宇宙线重建和同位素模拟分析
- ◆ 江门其他新物理的探索



谢谢~!