



第八届高能物理年会(南昌)



大亚湾反应堆中微子实验 之
反中微子探测器
(**Anti-neutrino detector, AD**)

王志民

(IHEP & DayaBay)

2010-04-19



中国科学院高能物理研究所
Institute of High Energy Physics
Chinese Academy of Sciences





简介

- 大亚湾反中微子探测器
 - 设计特点
 - 预期性能
 - 模型验证
 - 建造状态

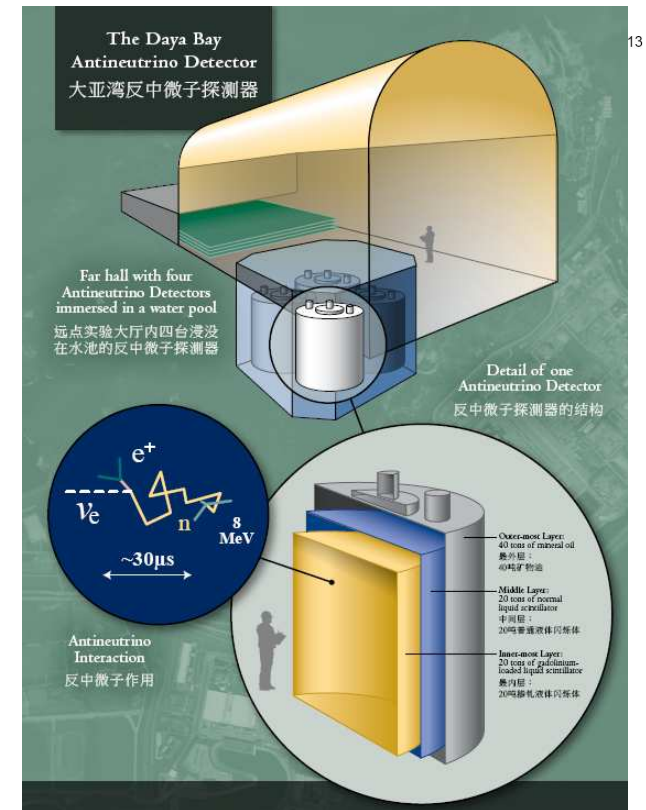
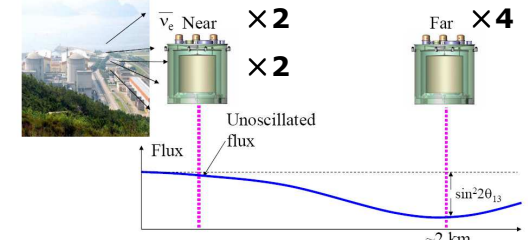


Experimental Principle of Daya Bay

大亚湾反中微子探测器 设计特点

大亚湾反应堆中微子实验的物理目标是在无参数简并的条件下精确测量 θ_{13} ，使 $\sin^2 2\theta_{13}$ 的测量精度达到 **0.01** 或更好(90% C.L.)。实验的主要特点是：

- (1) 高流强、低本底：
 - 强反应堆反中微子源，提高统计量；
 - 地下实验室：压低宇宙线流强及相关本底；
- (2) 足够的宇宙线探测效率：
 - 多层、多类型宇宙线探测器，主、被动屏蔽，提高宇宙线探测效率，压低本底。
- (3) 相对测量反中微子：
 - 远、近探测器消除反应堆、截面误差；
- (4) 多模块反中微子探测器：
 - 全同反中微子探测器设计，利于探测器误差的相互检验；

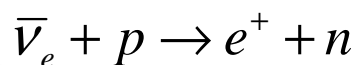
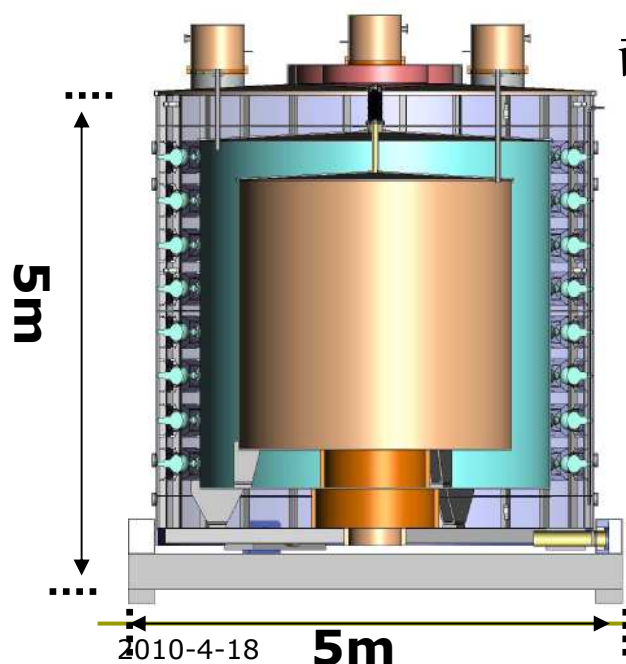




设计特点

□ 大亚湾反中微子探测器的主要设计特点是：

- (1) 三层同心圆柱形结构：**20t 中心靶层(0.1% Gd LAB-based LS)**；**20t Gamma 俘获层(LAB-based LS)**；**40t 屏蔽层(mineral oil)**；严格限制中微子靶的有效质量及体积，屏蔽本底，减小测量误差。
- (2) **8圈共192只低本底8英寸PMT**；
- (3) 上、下反射板：提高光子收集效率、探测器能量分辨。
- (4) 掺钆液体闪烁体作为核心靶层：缩短中子俘获时间，降低偶然符合本底；



$$\tau \approx 180 \text{ or } 28 \mu\text{s} (0.1\% \text{ Gd})$$



中微子事例：时间、位置和能量符合，
压低本底。

中微子能量：

$$E_{\bar{\nu}} \cong T_{e^+} + T_n + (M_n - M_p) + m_{e^+}$$

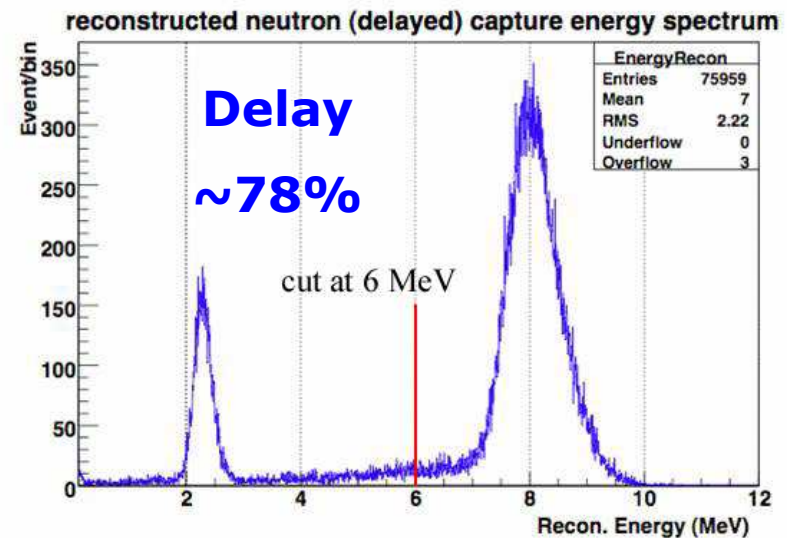
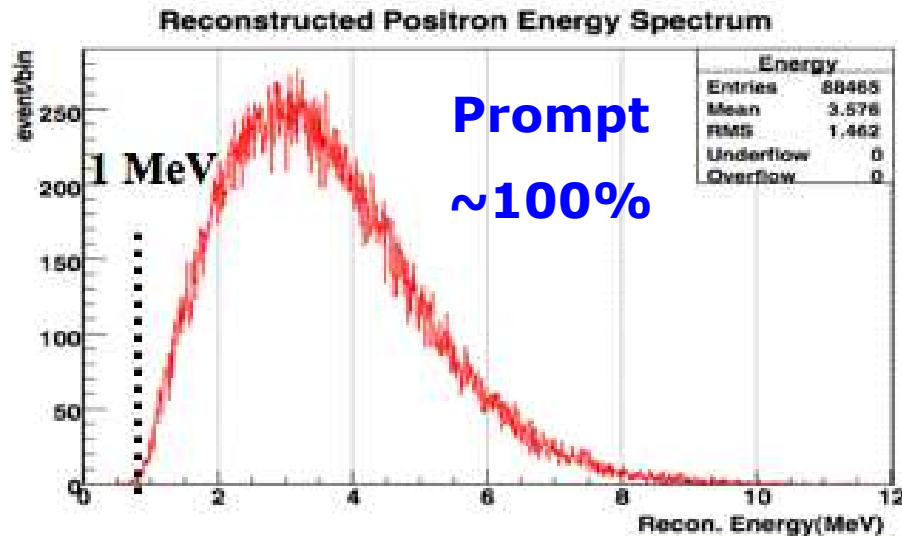
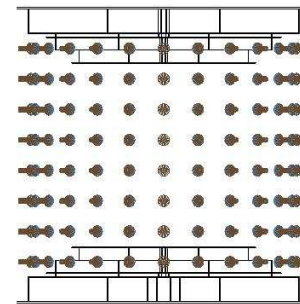
10-40 keV

1.8 MeV: 阈值



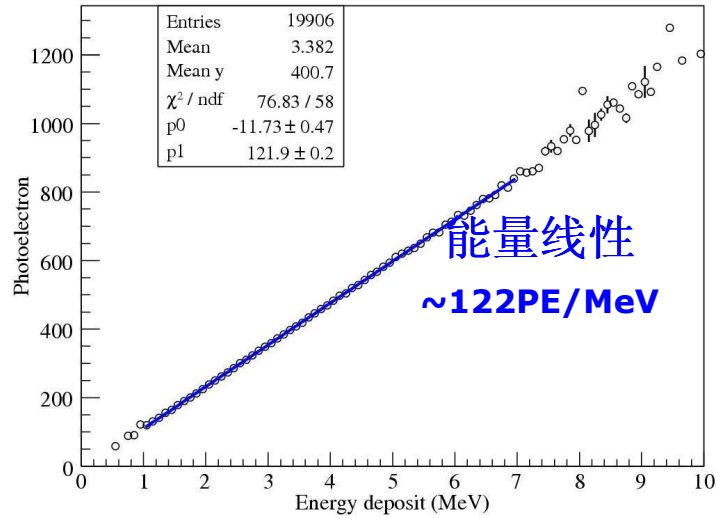
大亚湾反中微子探测器 预期性能

- 目标信号：
 - 正电子+中子俘获（时间关联）
- 通过Geant4的MC模拟，我们初步预期了反中微子探测器的主要性能指标：
 - 能量响应：线性、分辨率、均匀性
 - 时间响应
 - 探测效率

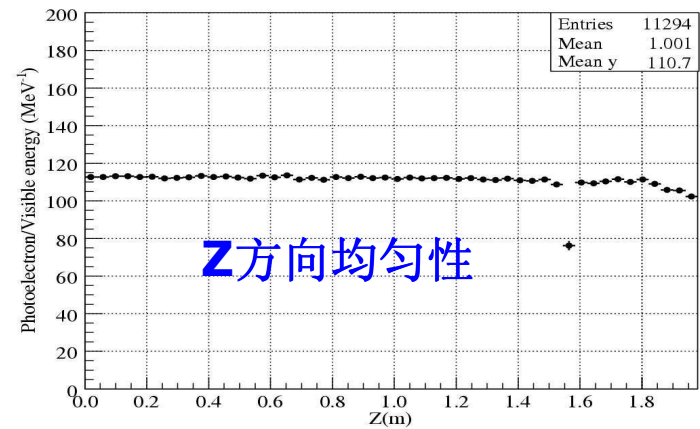
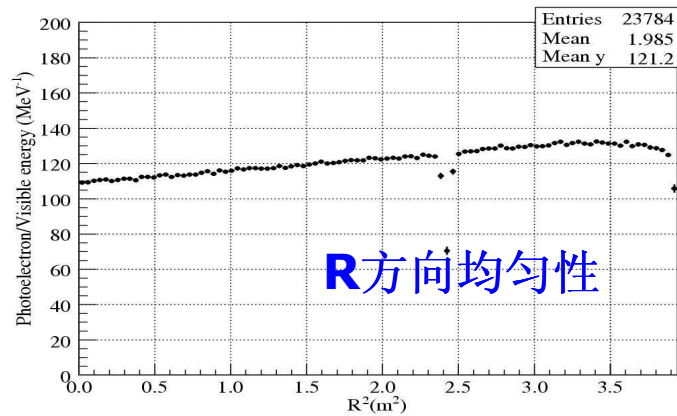
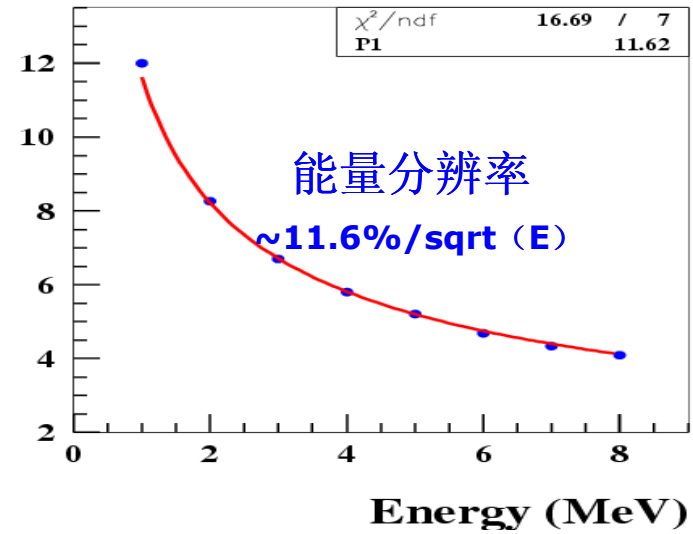




预期性能

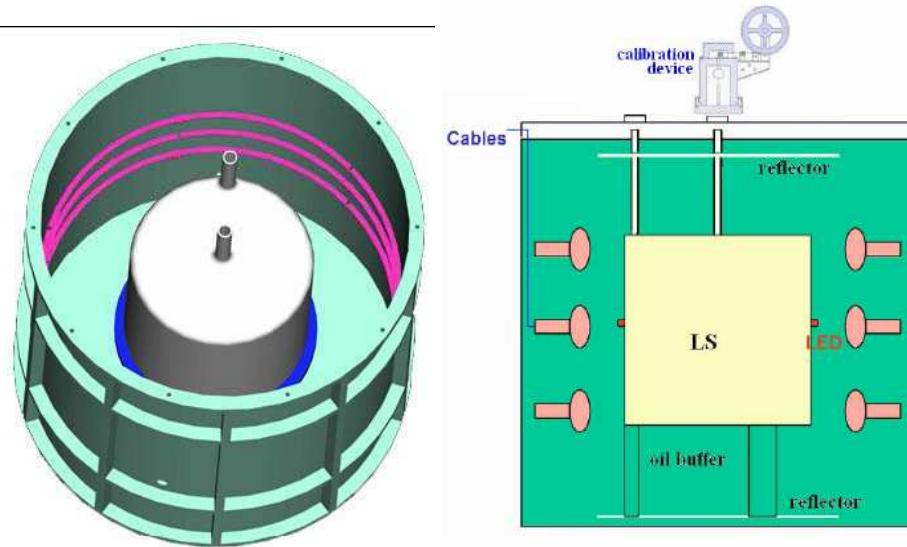


Resolution (%)





大亚湾反中微子探测器的模型验证



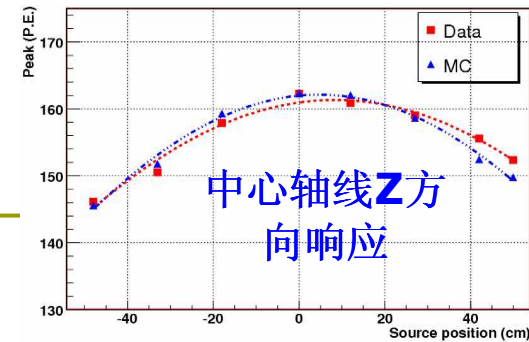
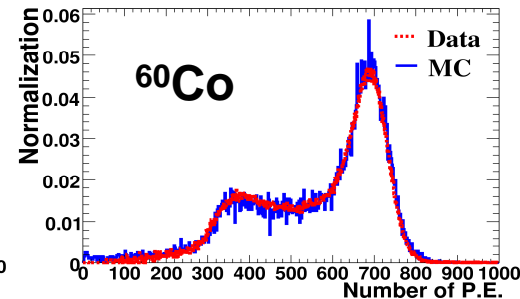
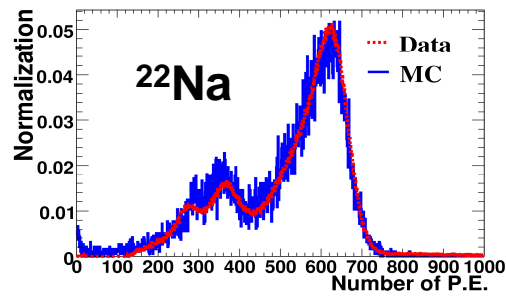
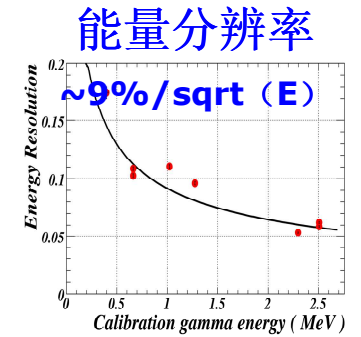
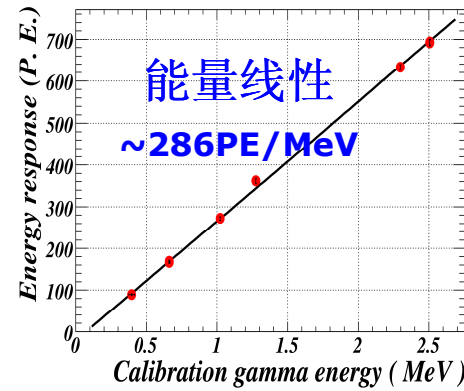
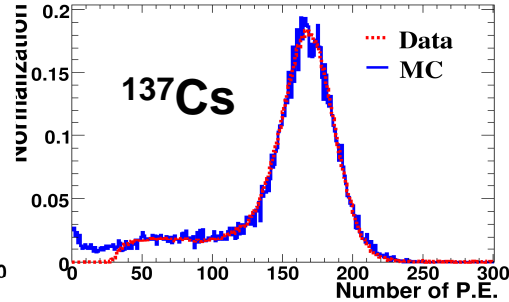
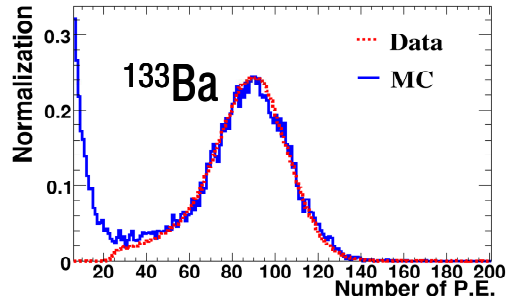
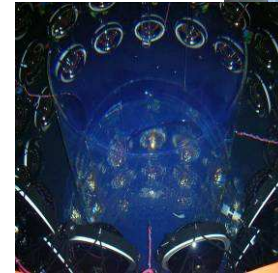
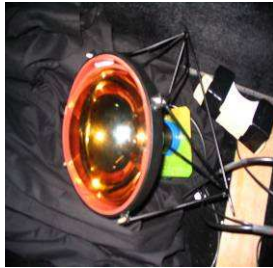
- 高能所模型探测器结构：
 - (1) 内外两层同心圆柱结构。
 - (2) **3圈45只 8' PMT**;
 - (3) 上、下反射板;

- (1) 验证大亚湾反中微子探测器设计：探测器能量响应、反射板的作用、电子学等。
- (2) 研制普通和掺钷液体闪烁体：配方，性能，稳定性等；
- (3) 积累大型液体闪烁体探测器建造、系统调试、刻度测量的经验；
- (4) **Geant4**模拟程序调试、光学参数测量，准确模拟探测器响应；
- (5) **PuC**中子源研究：新型 (γ , n) 事例源；同时实现 γ 、正电子能量刻度。



模型验证

探测器建造

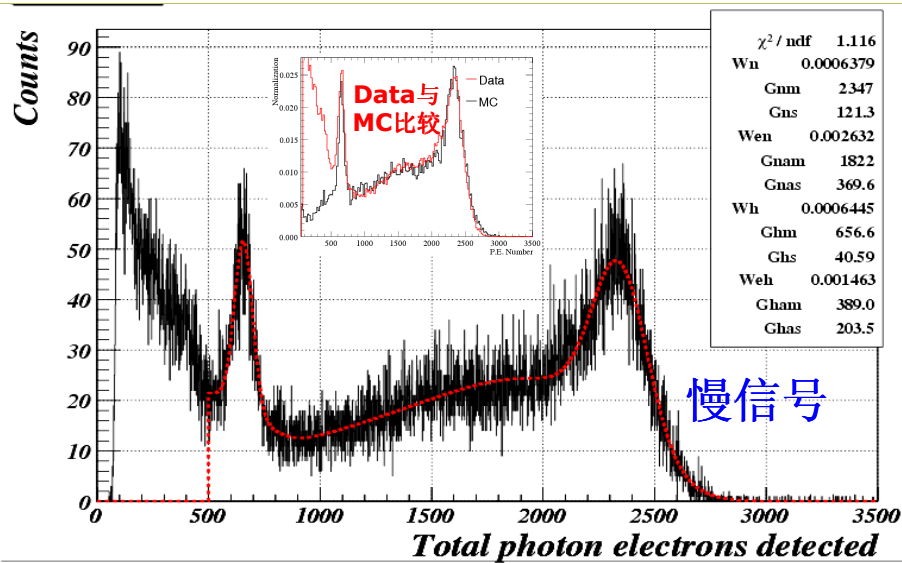
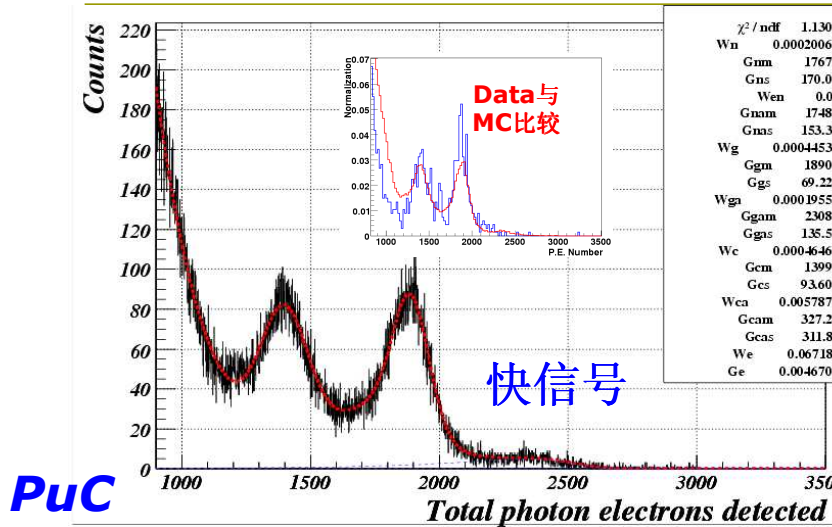


2010-4-18

王志民 & IHEP, 第八届高能物理年会(南昌)

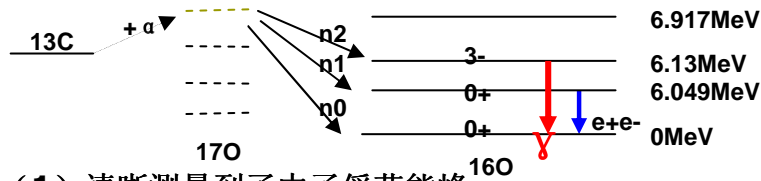


模型验证: PuC中子源与GdLS



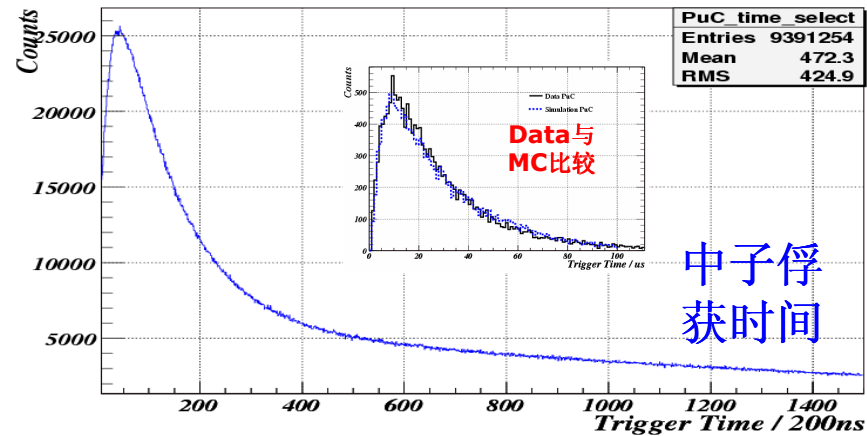
α from ^{238}Pu $E_\alpha \sim 5.48 \text{ MeV}$

$\alpha + ^{13}\text{C} \rightarrow ^{16}\text{O} + n + 2.216 \text{ MeV}$



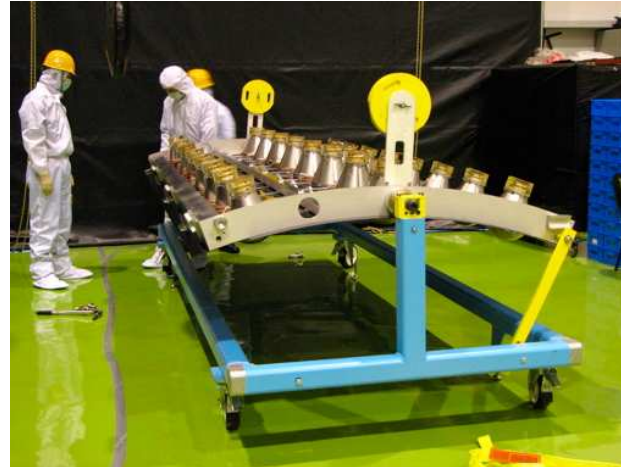
(1) 清晰测量到了中子俘获能峰。

(2) 快信号、慢信号、中子俘获时间谱，均与模拟取得了较好的一致性。





当前大亚湾反中微子探测器的建造状态



2010-4-18

王志民 & IHEP, 第八届高能物理年会(南昌)

10



总结

- 大亚湾反中微子探测器是具有独特设计的探测器,其设计、性能满足了大亚湾实验的基本要求。
- 高能所反中微子探测器模型的建造与测量,检验了大亚湾中微子探测器的设计,积累了硬件和软件经验;检验了大亚湾电子学模型板的性能,完善了设计。
- 通过大亚湾模拟程序**G4dyb**计算结果与实验测量结果的比较,研究了模型探测器的位置响应,基本理解了探测器的位置响应特性;
- 利用**PuC**源刻度得到了模型探测器的中子俘获能谱、俘获时间谱。



谢谢