



清华大学

Tsinghua University

粒子物理模拟

大作业 -- 水基液闪性能模拟与分析

王喆

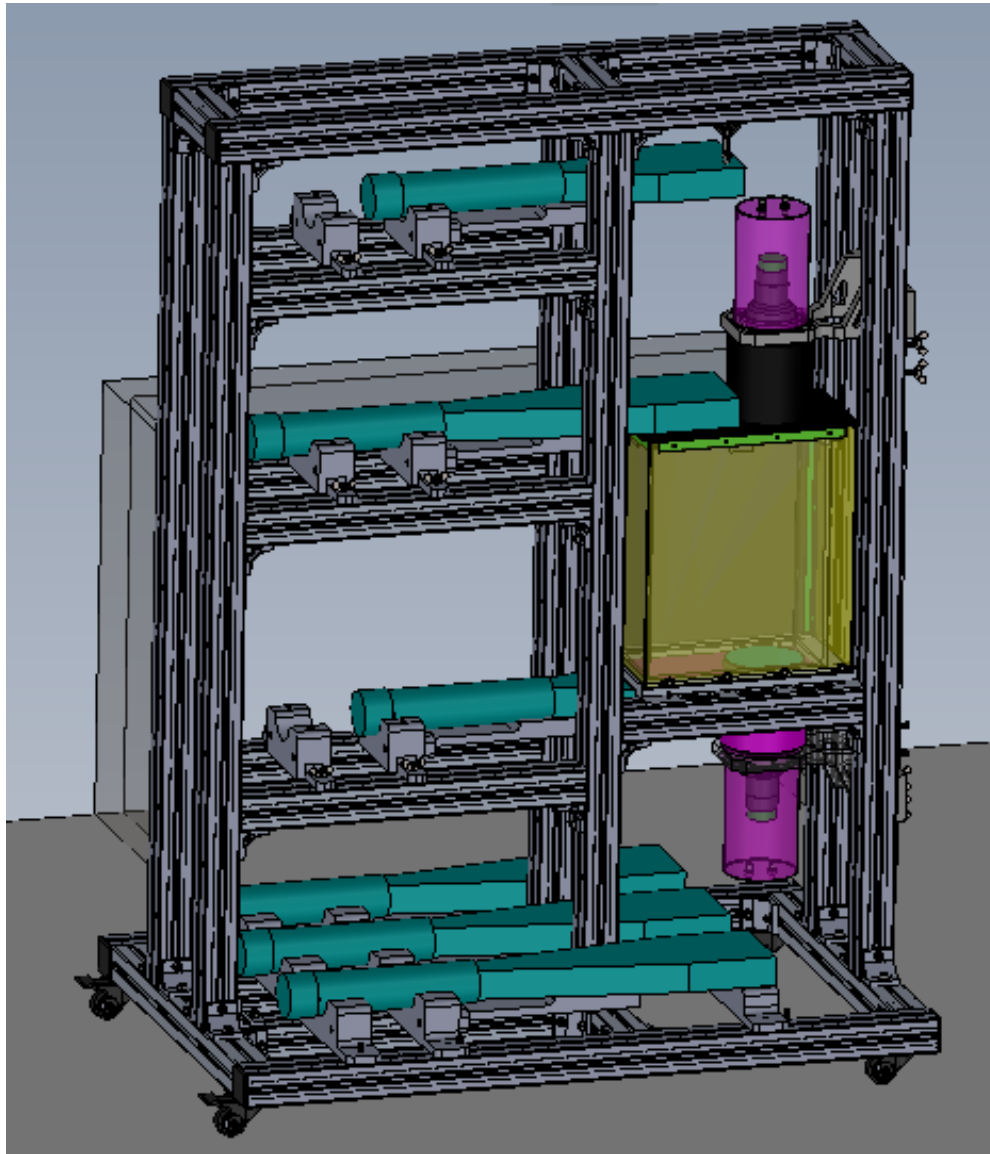
清华大学

水基液闪测试平台实物照片





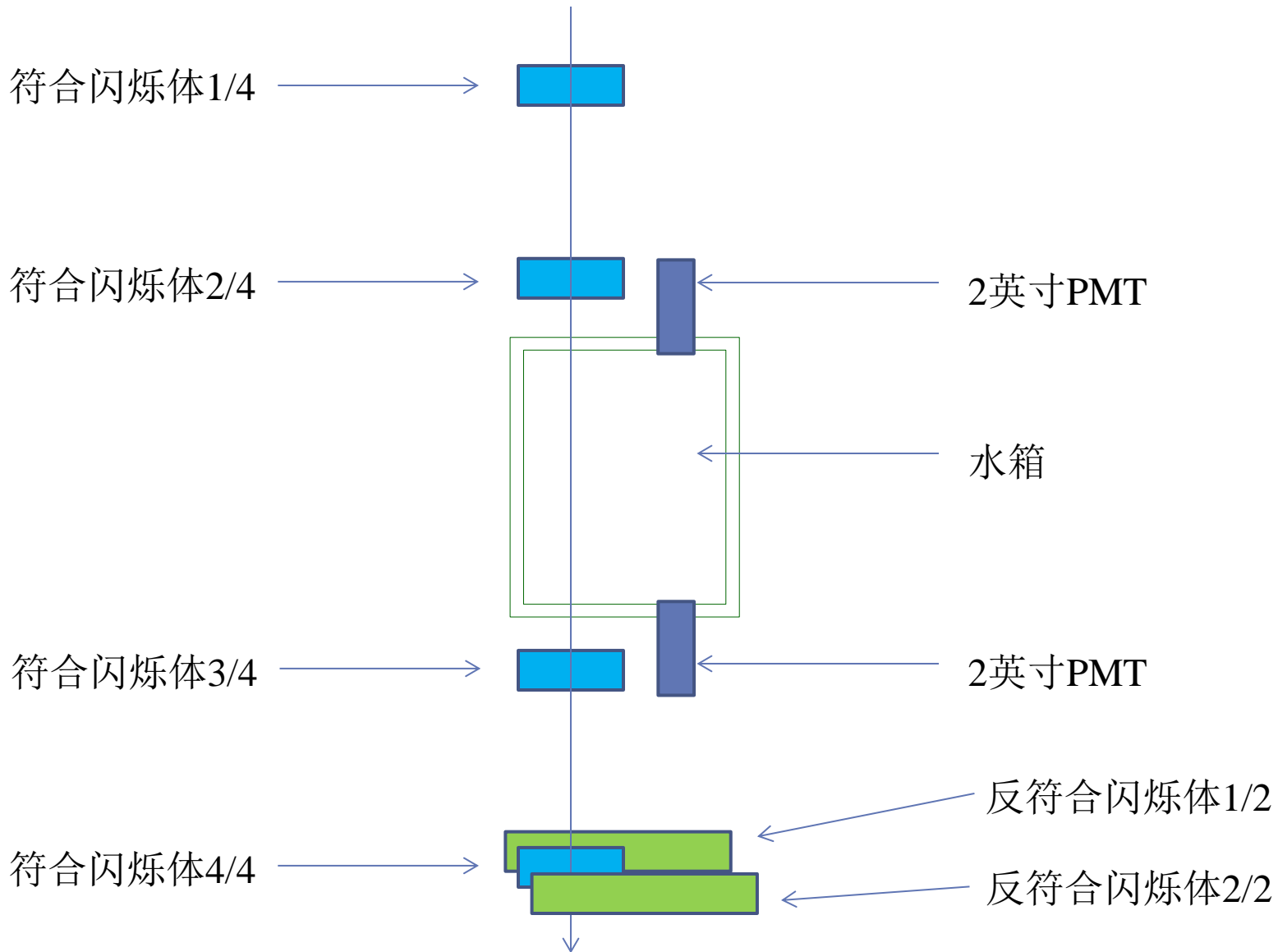
水基液闪测试平台示意图



细节如与实物不同，
参照实物图



水基液闪测试平台关键需模拟部件

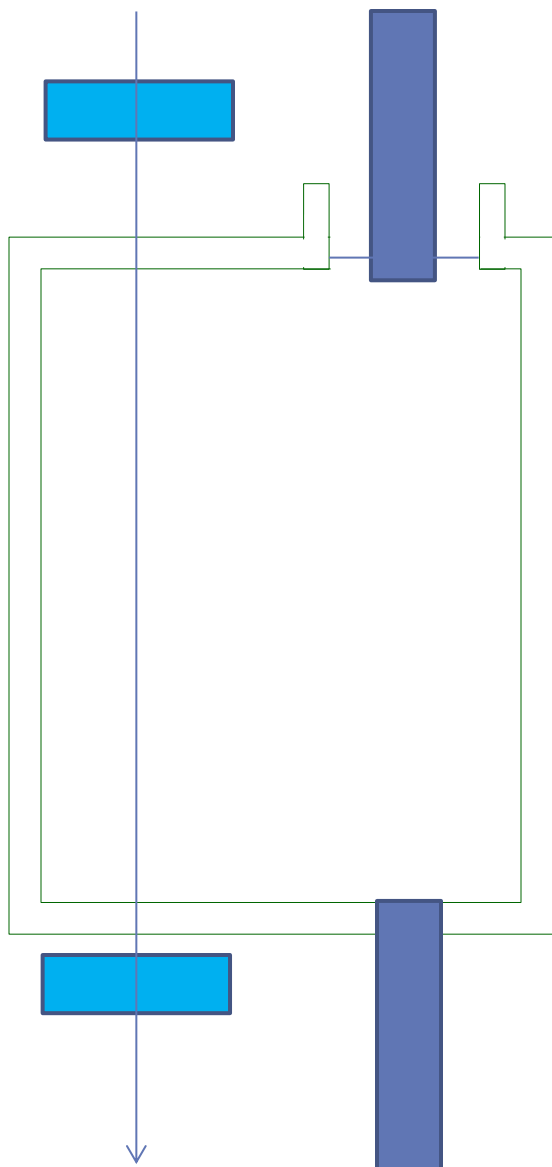




目的

- ▶ 目标是利用4个符合探测器和2个反符合探测器，确定单根的宇宙线缪子，即最小电离缪子。
- ▶ 利用最小电离缪子的性质，研究它与水箱中物质的相互作用
- ▶ 模拟Cherenkov光的产生，闪烁光的产生
- ▶ 模拟PMT上的波形
- ▶ 利用已知的Cherenkov光的产额，确定闪烁光的产额（假定其未知）

细部



- ▶ 水箱厚度8 mm
- ▶ 符合闪烁体尺寸（4个）：
150 mm×150 mm×50 mm
- ▶ 反符合闪烁体尺寸（2个）：
150 mm×300 mm×50 mm
- ▶ 水箱尺寸：
300 mm×370 mm×150 mm
- ▶ 水箱本体为Acrylic。内部贴黑色特氟龙，反射率为5%-10%，漫反射
- ▶ 上部圆洞口径：100 mm
- ▶ 上下PMT中心全部对准水箱侧面中心：75 mm×25 mm处



其他

液体性质

- ▶ 水基液闪，假定为 H_2O
- ▶ 密度 0.85 g/cm^3
- ▶ 折射率：1.4824

符合与反符合探测器：

- ▶ 符合探测器、水箱之间的间距：
1/4 - 27 cm - 2/4 - 3.5 cm - 水箱 - 4 cm - 3/4 - 30 cm
- ▶ 反符合探测器与符合探测器间的水平位移：9 cm (边界到边界)



大气中宇宙线缪子通量

海平面缪子流强公式（Gaisser Formula）

适合缪子天顶角 θ 小于70度

$$\frac{dI}{dE_{\mu}d\cos\theta} = 0.14 \left(\frac{E_{\mu}}{GeV} \right)^{-2.7} \left[\frac{1}{1 + \frac{1.1E_{\mu}\cos\theta}{115GeV}} + \frac{0.054}{1 + \frac{1.1E_{\mu}\cos\theta}{850GeV}} \right]$$



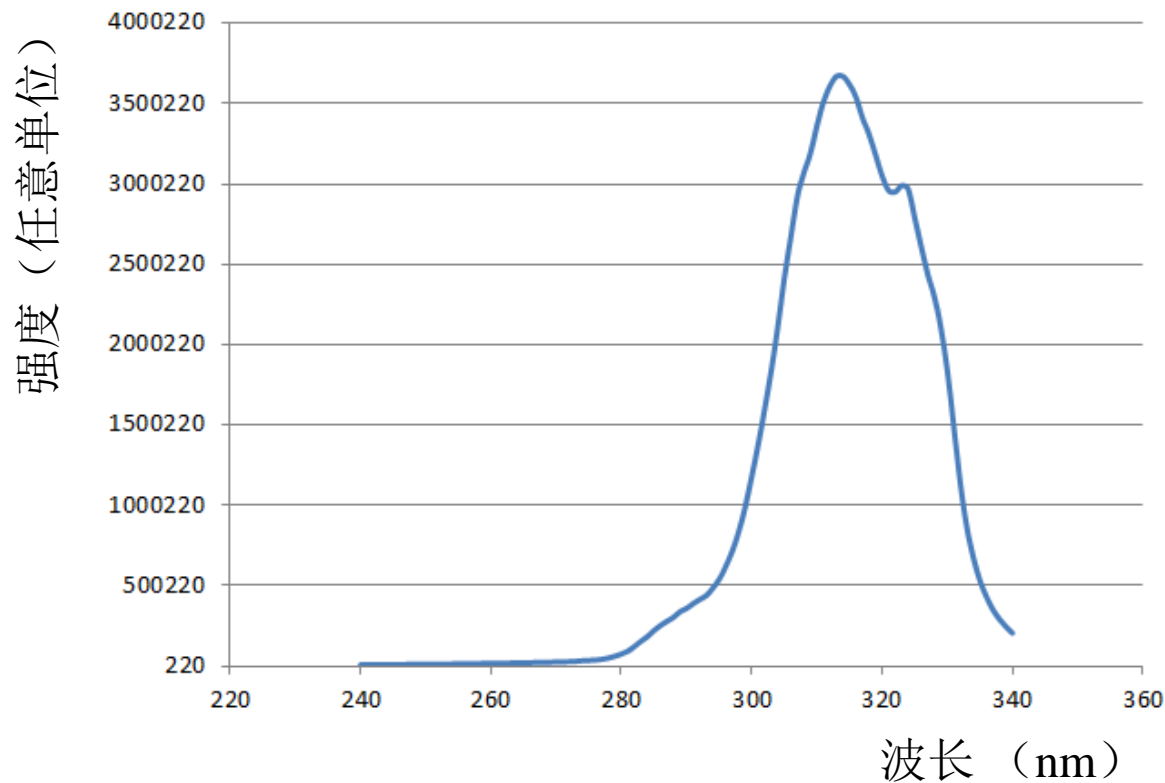
塑料闪烁体模拟

- ▶ 符合与反符合探测器都使用塑料闪烁体
- ▶ 符合的要求：4个符合探测器中都为单个缪子，符合最小电离缪子的能量沉积分布
- ▶ 反符合探测器要求：2个反符合探测器中的能量不能大于最小电子缪子能量沉积的 $1/5$



需自行添加的闪烁光过程

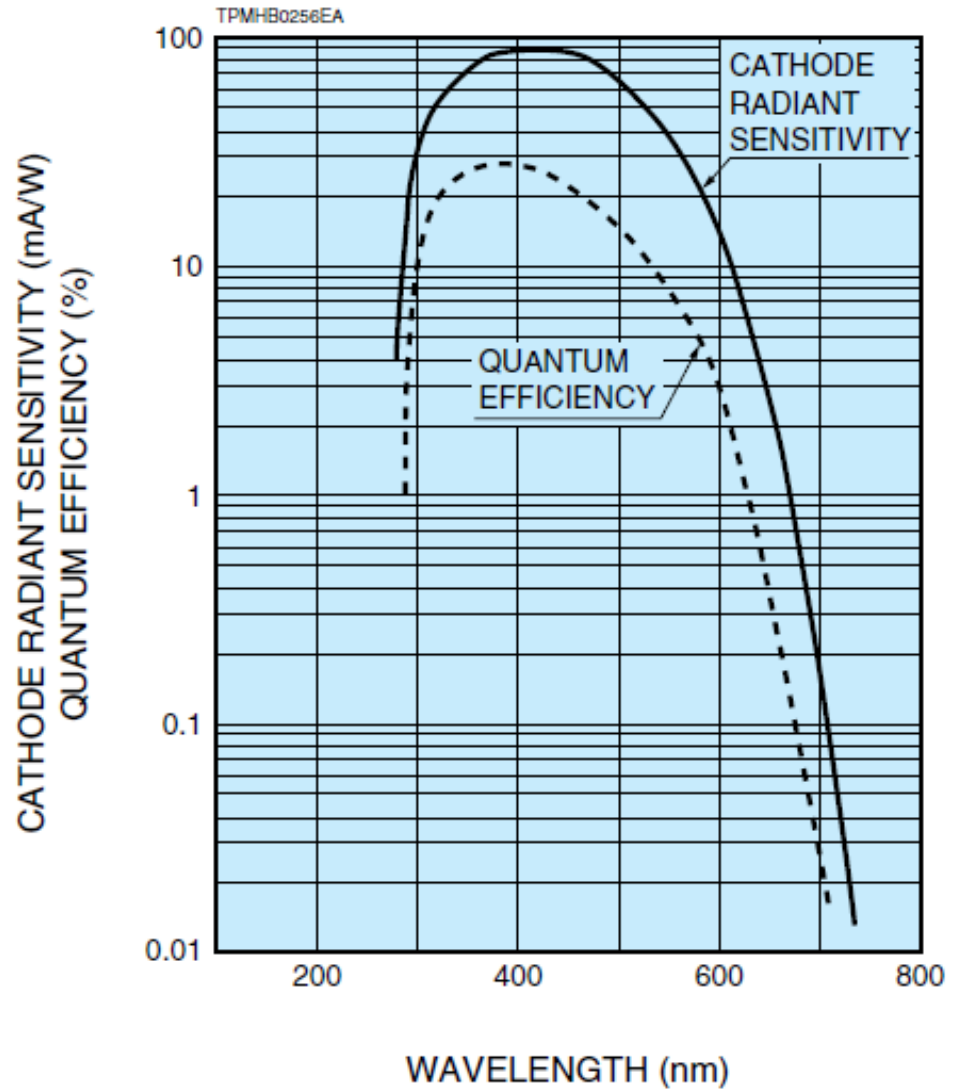
- ▶ 闪烁光发光寿命：200 ns
- ▶ 光产额：1000/MeV
- ▶ 闪烁光发射谱





PMT量子效率谱

- ▶ 大约只有10-20%的光子可以转化成电子



电子学模拟

- ▶ 对每个接收到的光子，都要做量子效率的模拟，产生光电子
- ▶ 对每个光电子，做如下模拟：
PMT增益 1×10^7 ，采样电路阻抗50欧姆，都要做FWHM为5 ns的高斯展宽，然后叠加，模拟上下PMT所得的波形





模拟要求

- ▶ 完备的几何
- ▶ 要求模拟Cherenkov光
- ▶ 要求自行添加闪烁光
- ▶ 模拟宇宙线缪子的符合与反符合
- ▶ 模拟上下两个光电倍增管接受到的脉冲信号
- ▶ 分别观察上下PMT的波形图
单事例与多事例叠加的情形
- ▶ 观察上下PMT的总电荷分布
- ▶ 通过波形分析Cherenkov光与闪烁光的产额，并与输入量闪烁光产额对比