



# Installation and operation of No. 1 poof of WCDA

Li Huicai for WCDA

2019.4.14

# Outline

## ◆ LHAASO-WCDA

### ◆ 探测器安装

- 重要安装节点
- 探测器安装过程
- PMT位置测量

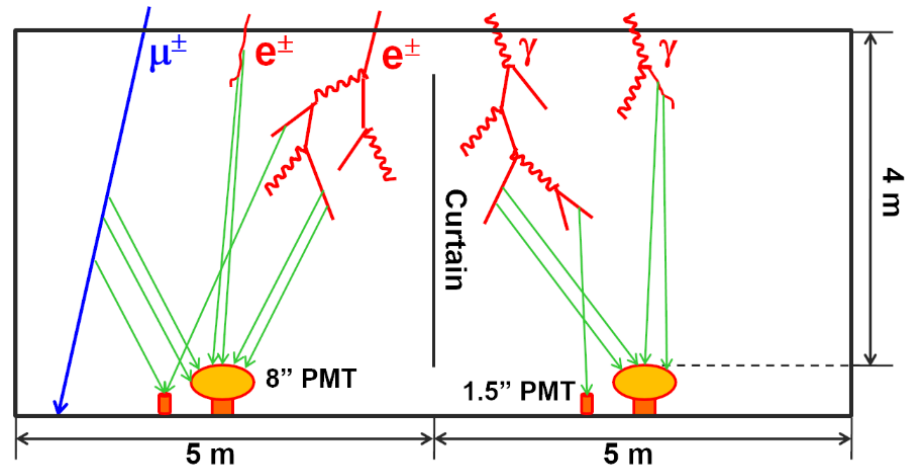
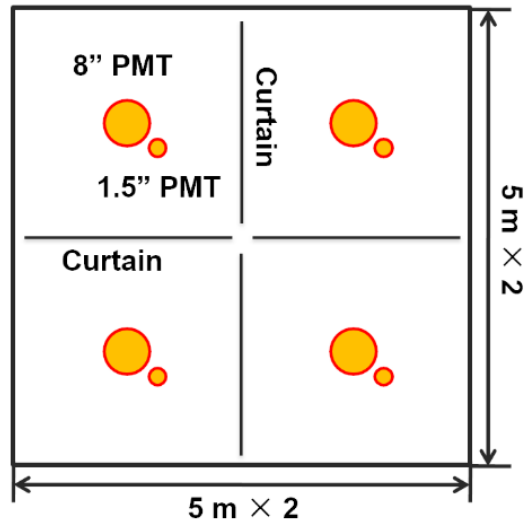
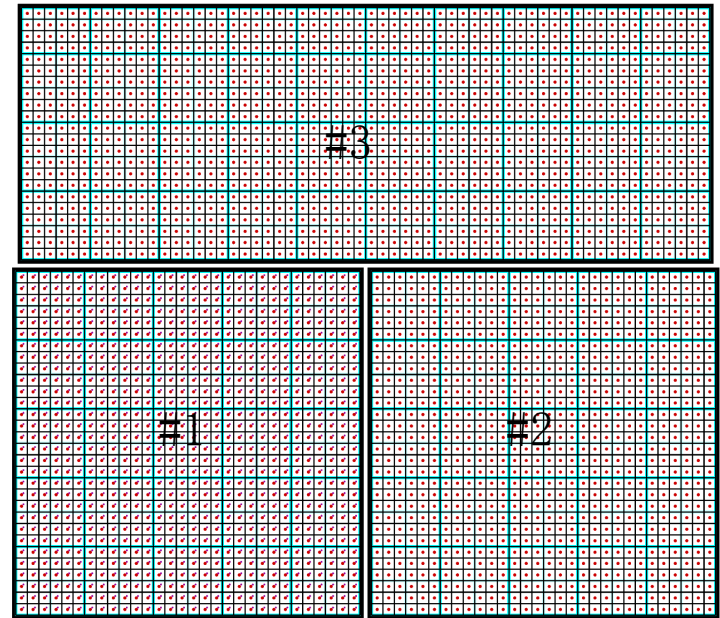
### ◆ 探测器运行

- 环境参数监测：温度、水位
- 水质测量
- Spe、Rate

### ◆ 总结

# Water Cherenkov Detector Array

- ◆ 3 water ponds:
  - 3120 cells;
  - Cells are partitioned with black curtains;
  - 4 m effective depth;
  - 78,000 m<sup>2</sup> in total;
  - 350,000 tons of purified water.

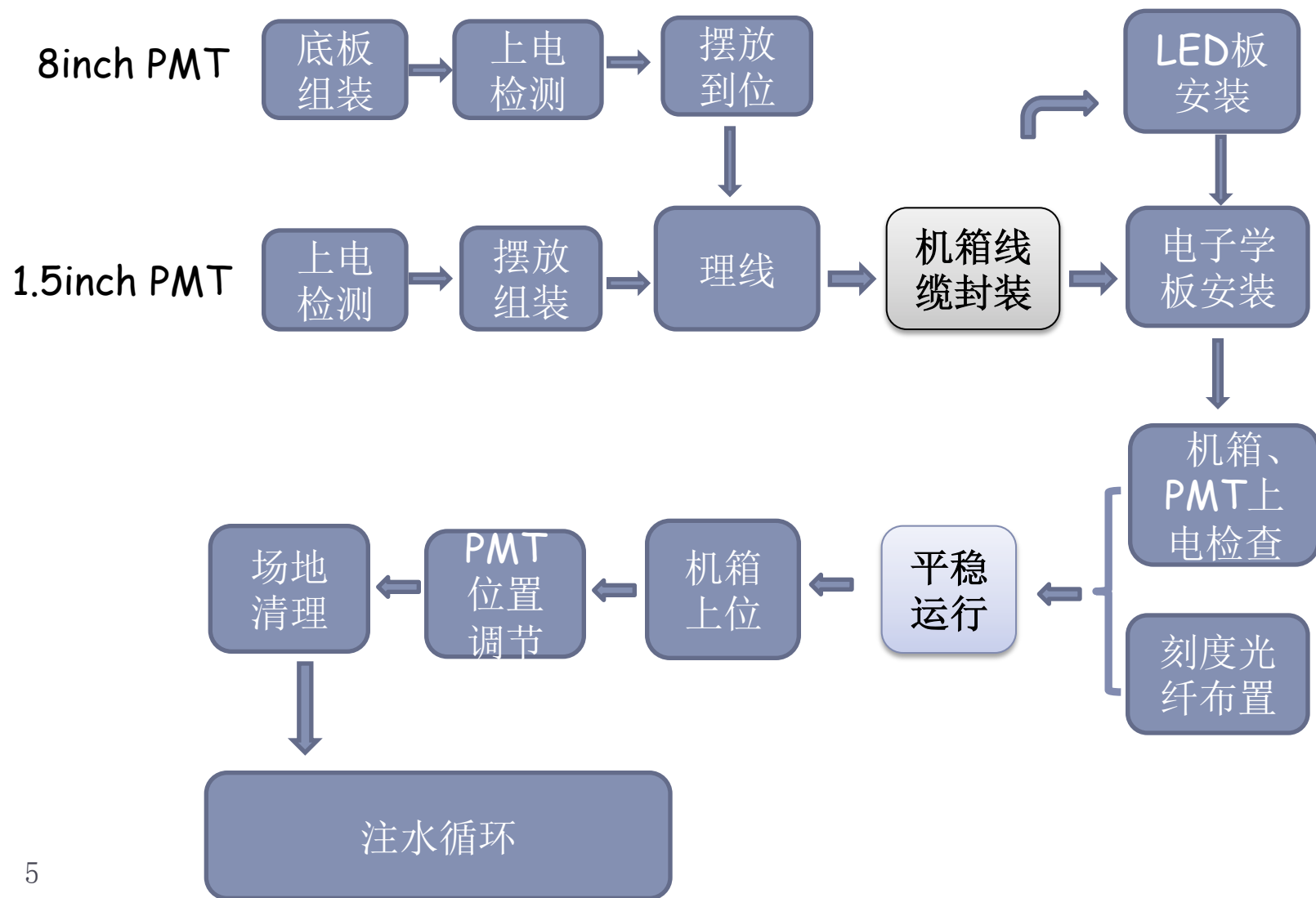


# 重要安装节点

- ◆ 2018年10月16日，开始探测器安装准备工作；
- ◆ 2019年2月22日，#1水池探测器安装调试完成；
- ◆ 2019年2月25日晚，开始正式注水；
- ◆ 2019年4月7日，水位达到4.47m，顺利完成注水；

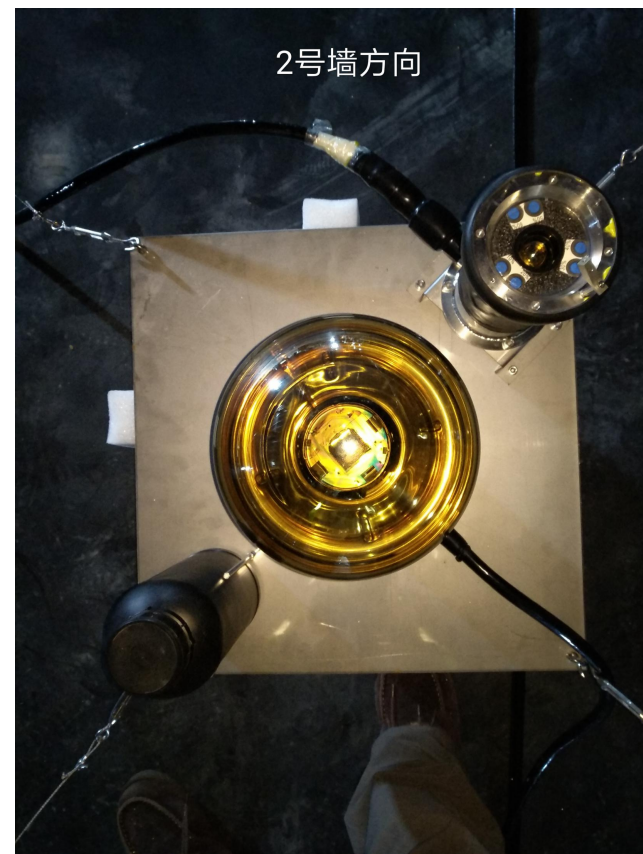


# 探测器安装流程

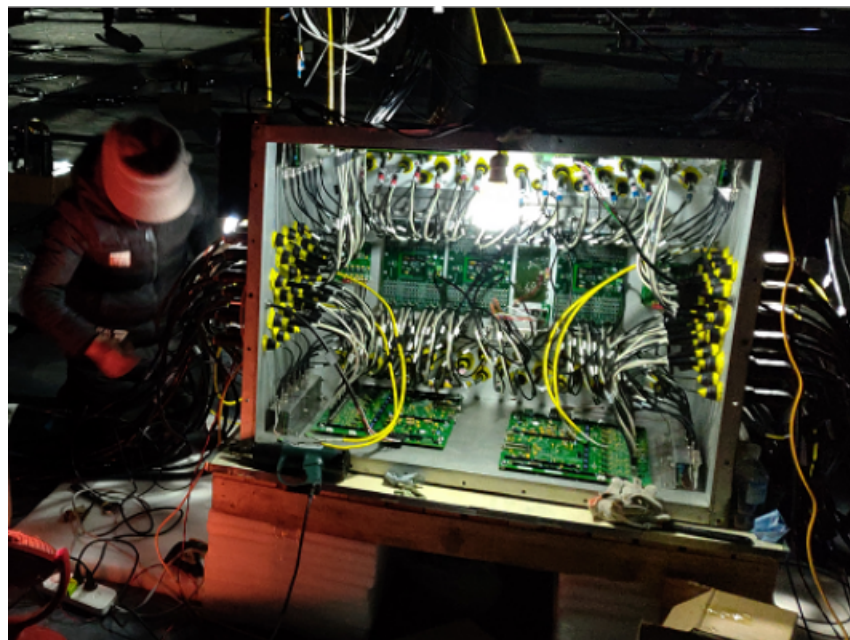


# PMT底板安装

- 10月24日：安装好第一只PMT
- 安装速度：2人/组，完成35只/组/天



# 机箱密封检测、线缆封装



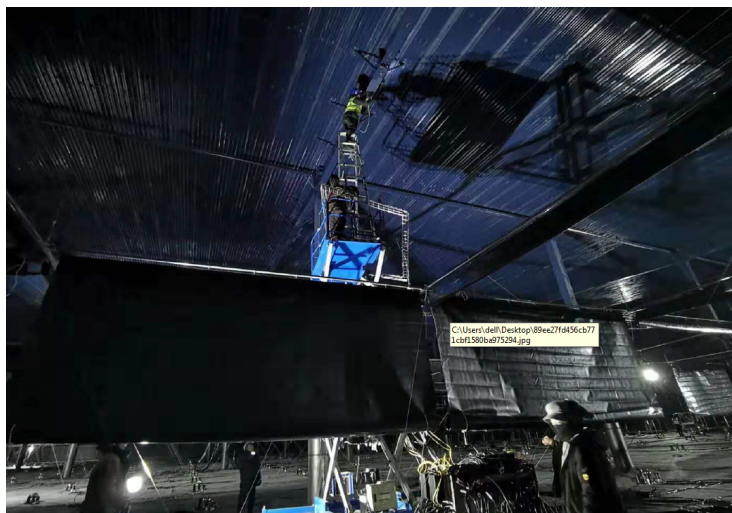


# 机箱电子学板安装



2019. 1. 11 #1水池最后一个机箱安装电子学板；科大、川大人员在安装调试电子学板；

# 机箱吊装上位



标定光纤安装

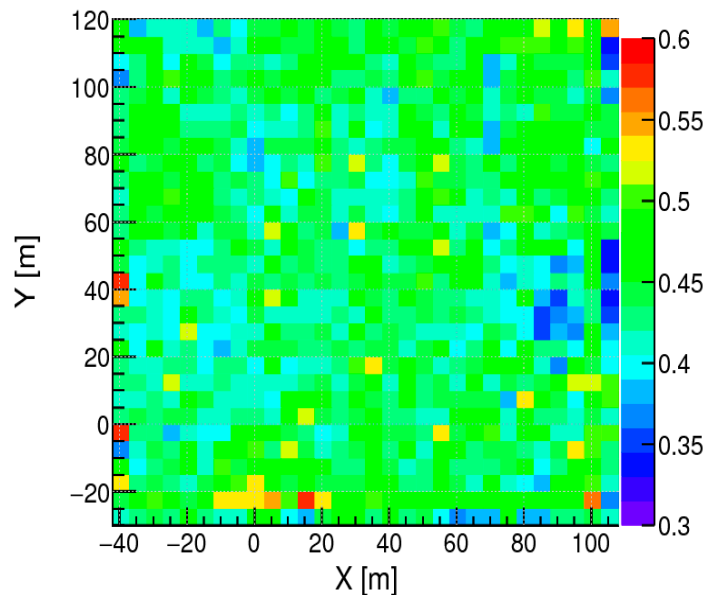
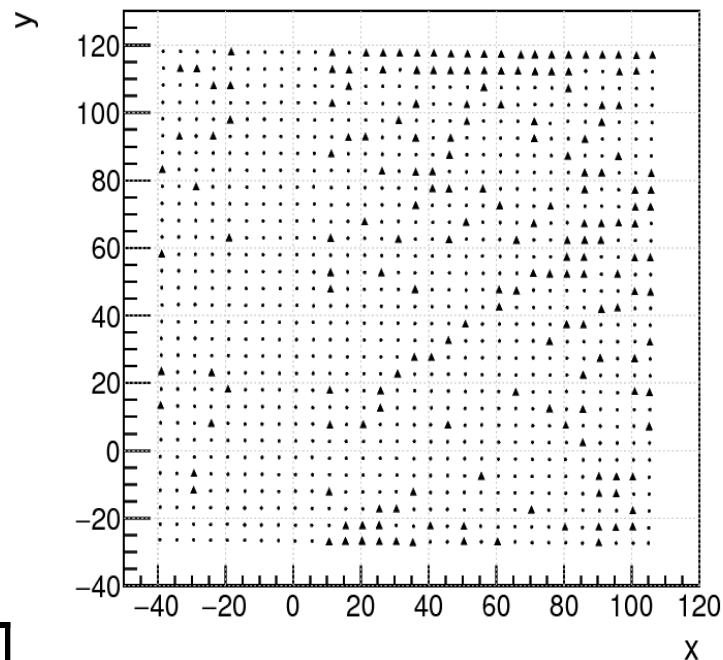
2019. 2. 25凌晨，净水站出水管道漏水，延迟注水



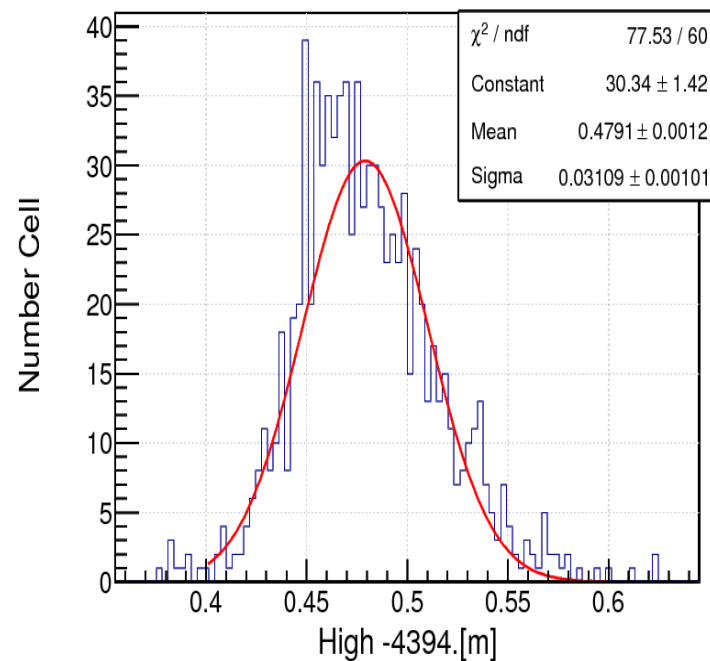
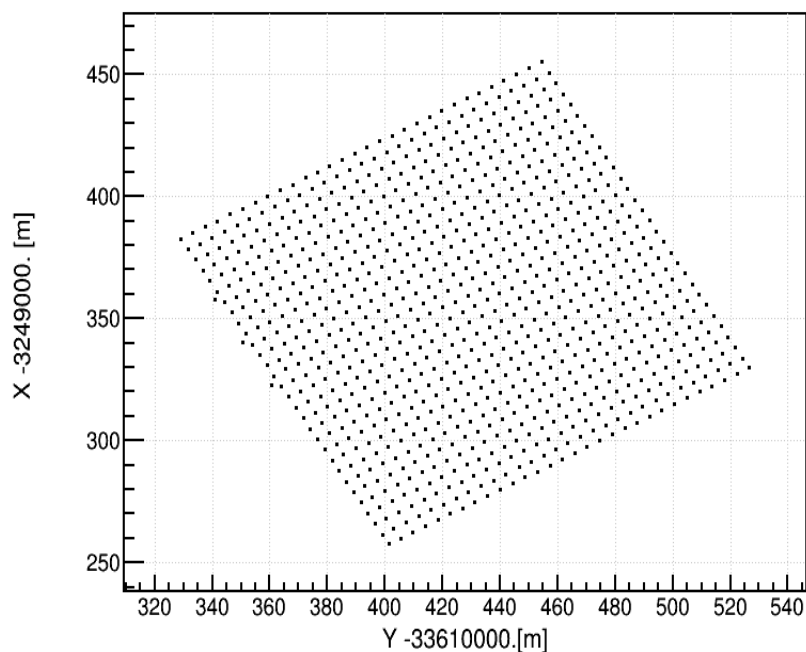
# PMT位置测量

- ◆ 全站仪，在右手系下建立坐标系，测量各个PMT的三维坐标；
- ◆ 测量墙壁上的基准点，将PMT的坐标转换为大地坐标系下的绝对坐标；

点号	X	Y	H
G-A	3249357.658	33610340.716	4398.839
A	-11.8502	-29.1536	<b>4.090</b>
G-B	3249340.334	33610350.716	4398.809
B	8.14262	-29.2954	<b>4.069</b>
G-D	3249323.030	33610360.723	4398.815
D	28.1086	-29.4304	<b>4.079</b>

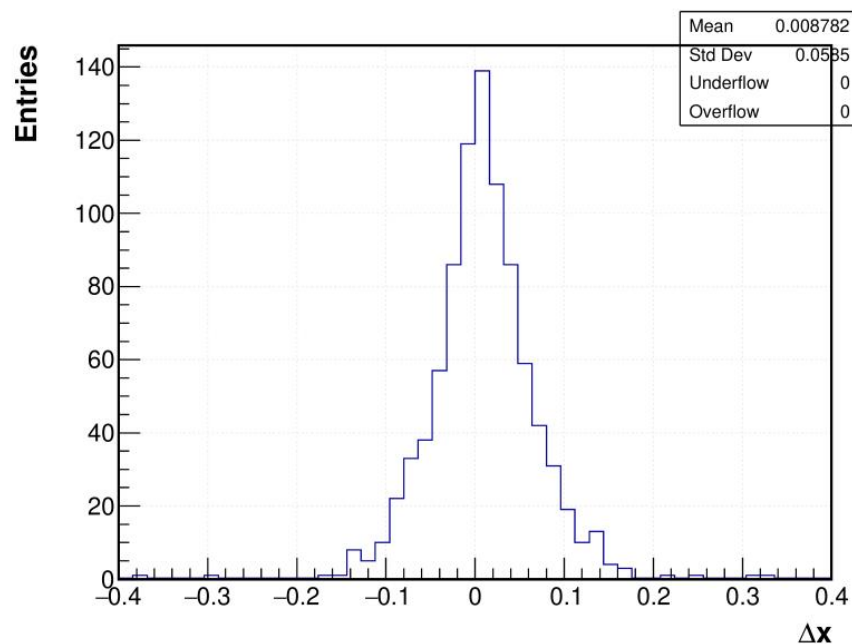
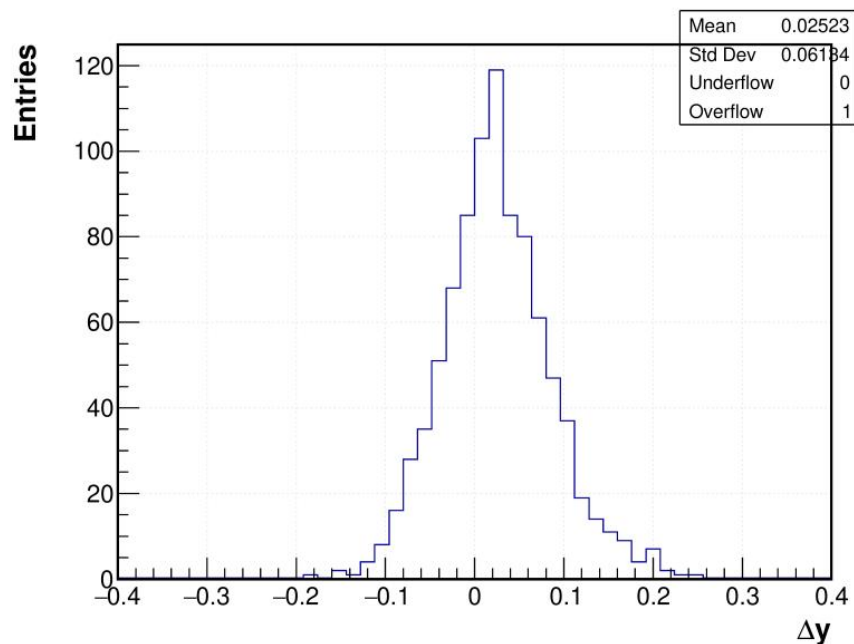


# 探测器位置测量



- ◆ PMT的绝对高度分布: Mean=3494.4791m; sigma=0.0311m;
- ◆ 阵列方向, 北偏西 $29.980^\circ \pm 0.032^\circ$  ;
- ◆ PMT绝对高度误差 $<0.8\text{cm}$ ; PMT的xy误差 $<2.0\text{cm}$ ;

# 测量的位置与CAD预设位置间的差别

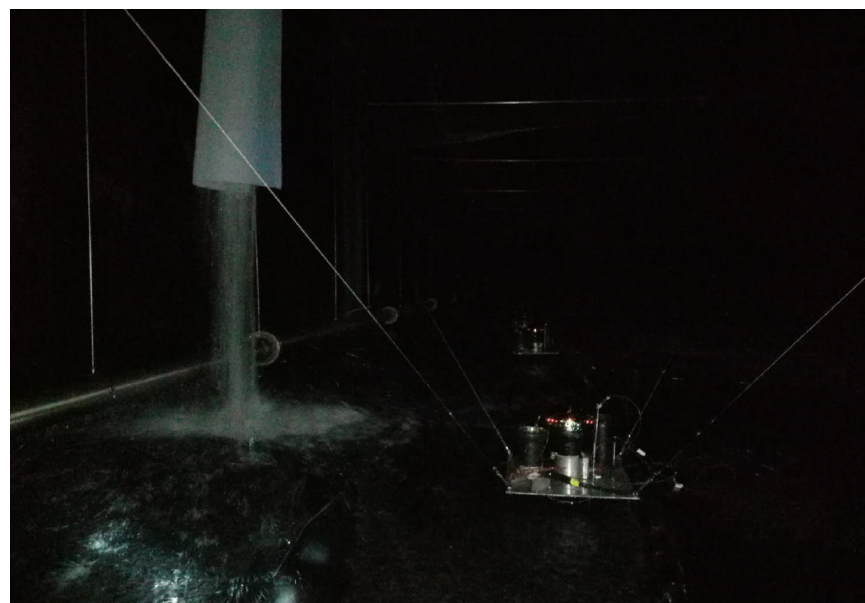


- ◆ PMT挂设的位置与CDA图上设定位置间偏差较大，尤其是X，对时间标定、重建等会有影响，待评估；
- ◆ #2、#3号水池待改进；

# 2019. 2. 25晚八点一号水池成功注水



2. 24号注水前水池内情况



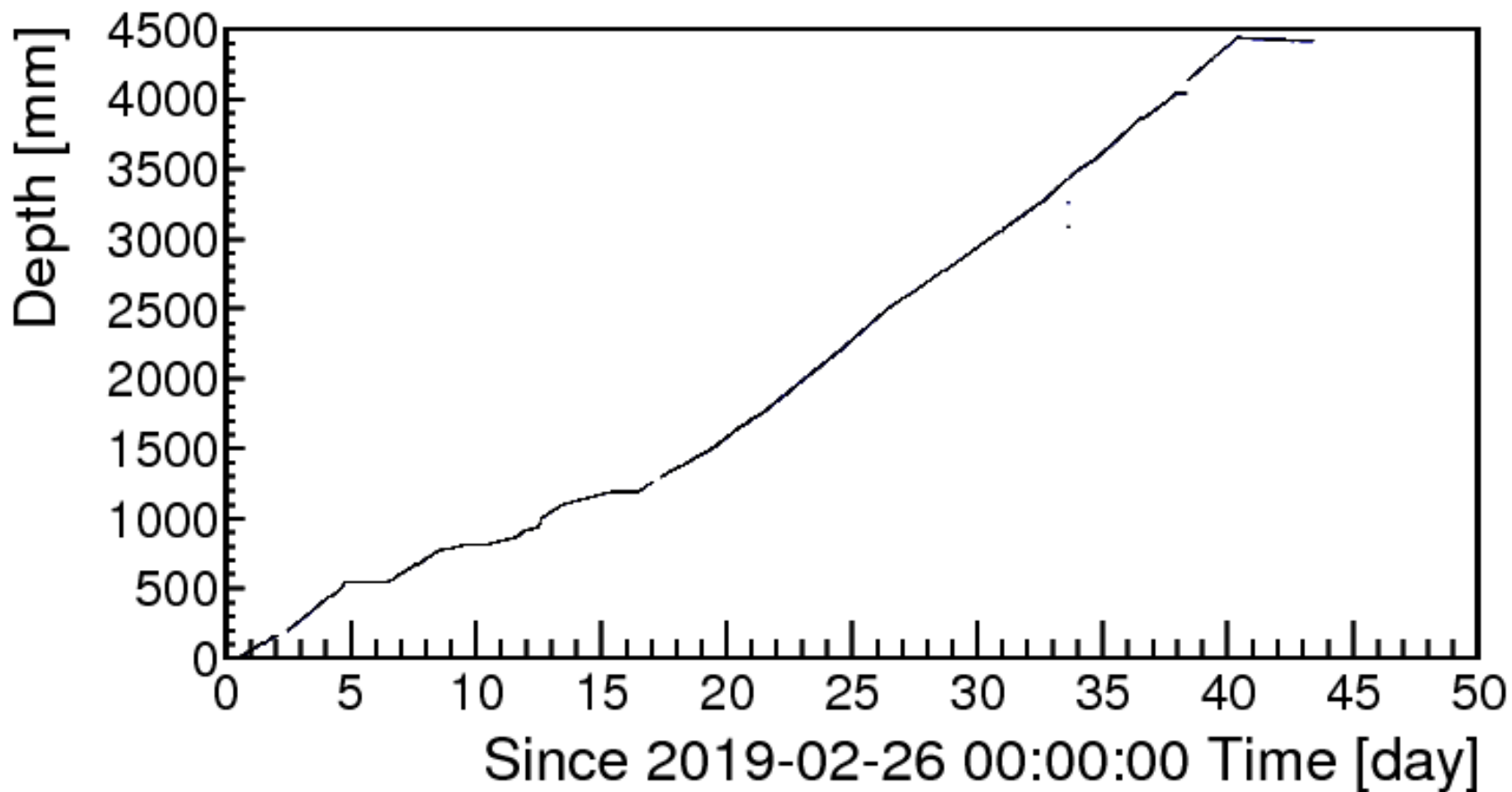
2.25号晚注水速度120吨/小时

# 探测器运行

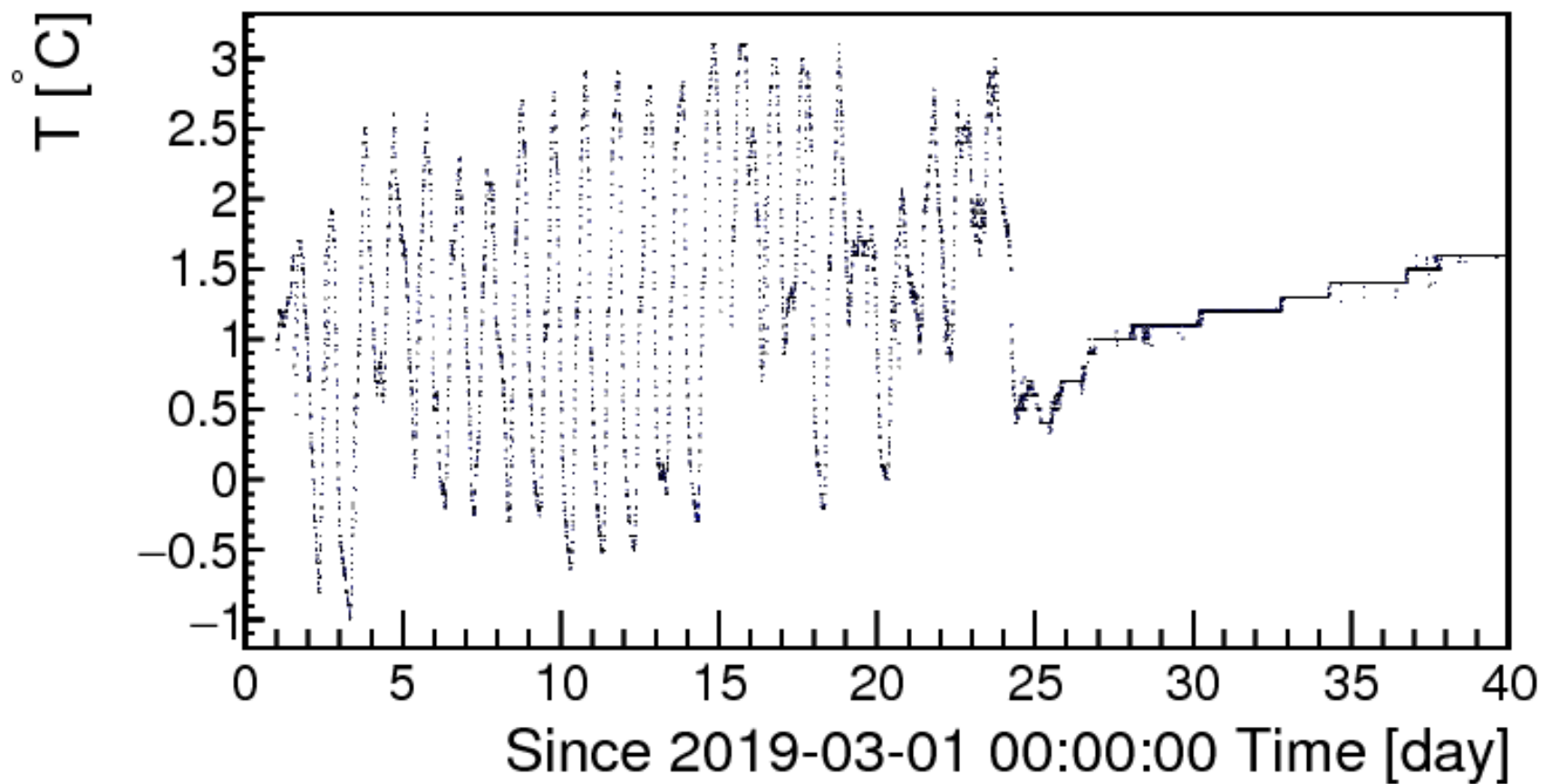
- ◆ 环境参数监测： 温度、 水位
- ◆ 水质测量
- ◆ Spe、 Rate



# 环境参数监测:水位

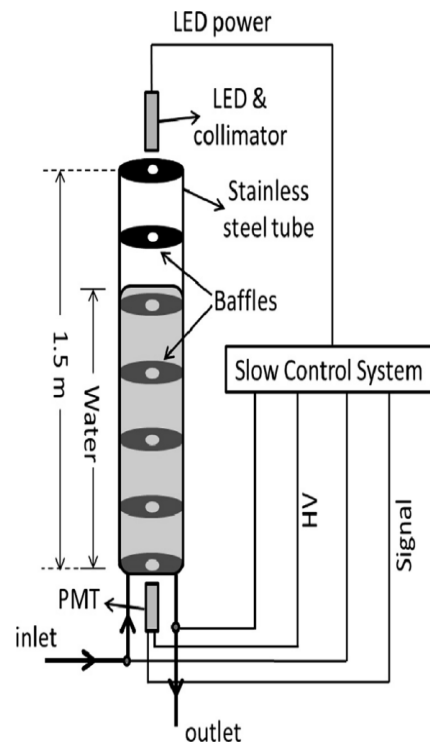
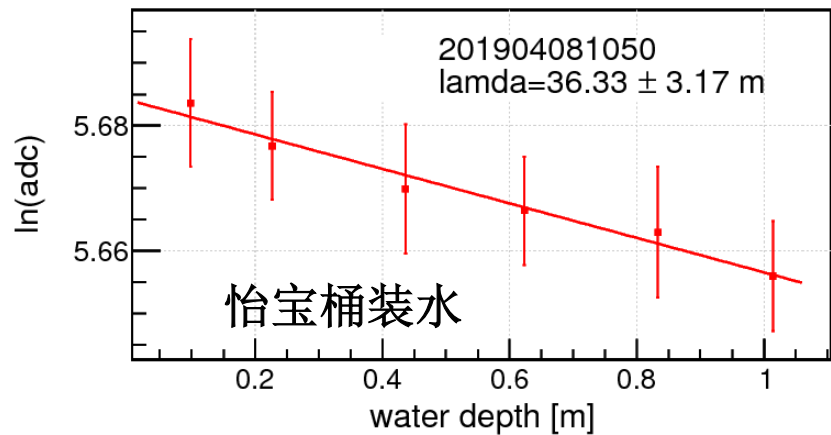
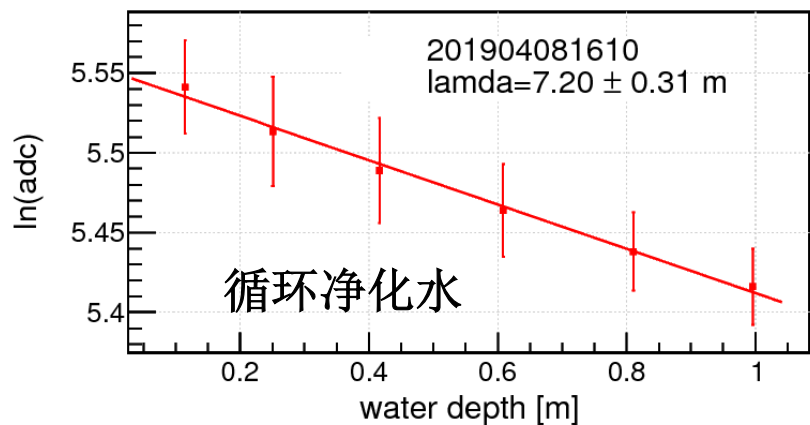
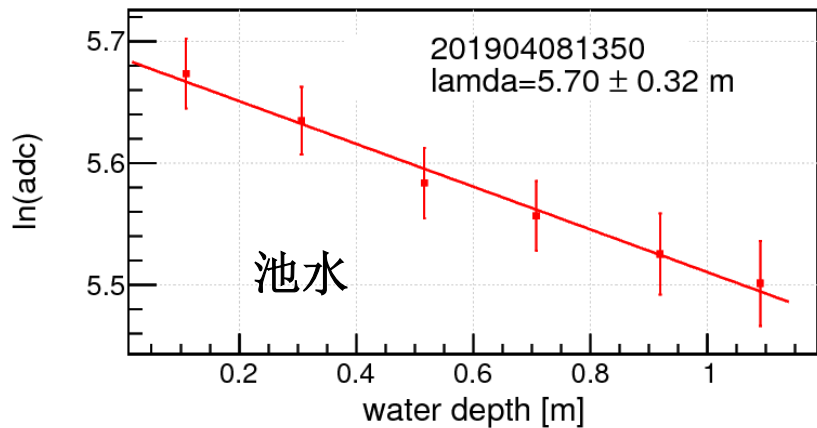


# 环境参数监测: 温度



此温度探头放在距离操作间池壁约25米处距离地面约2.5米

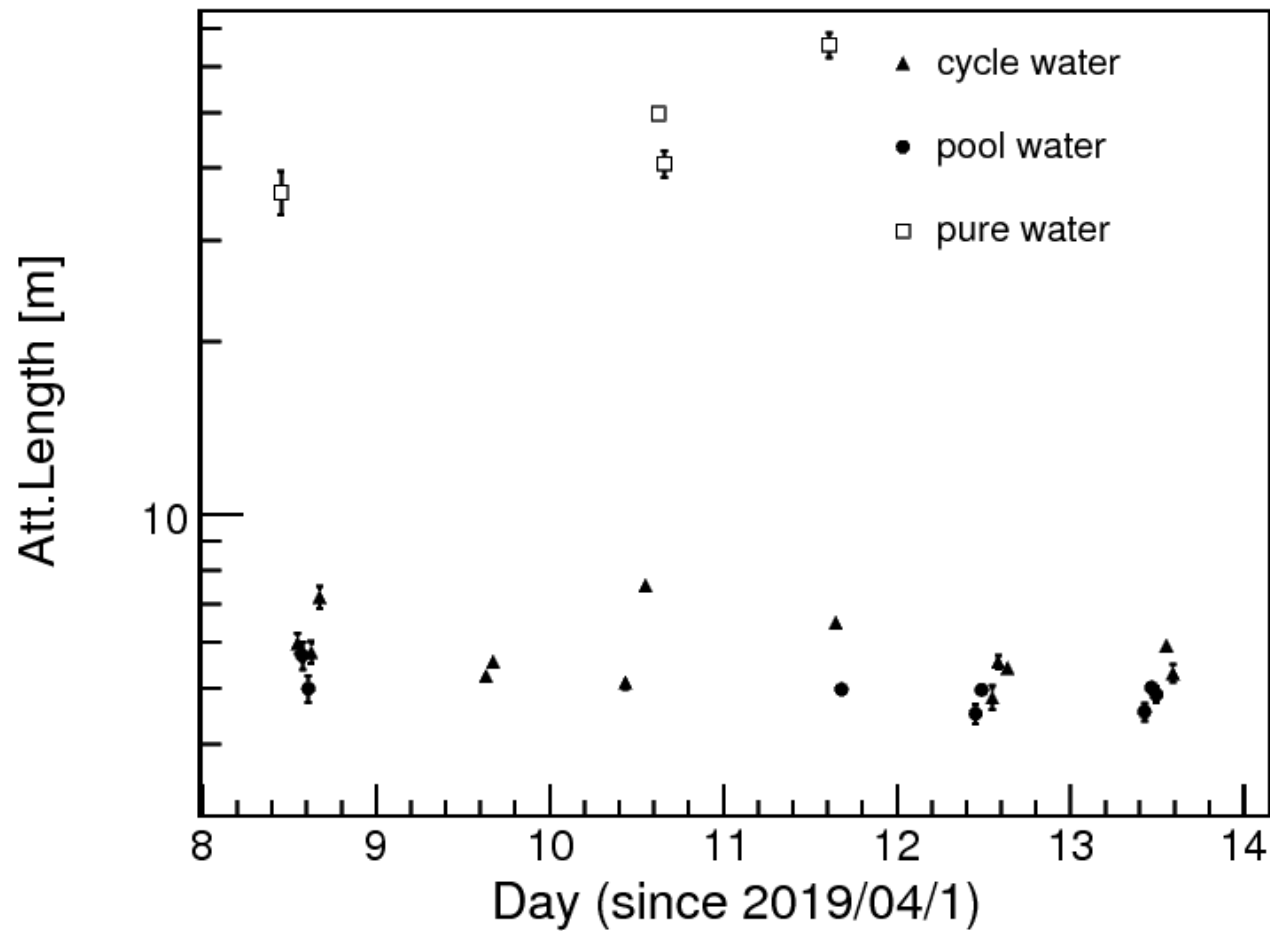
# 水质测量



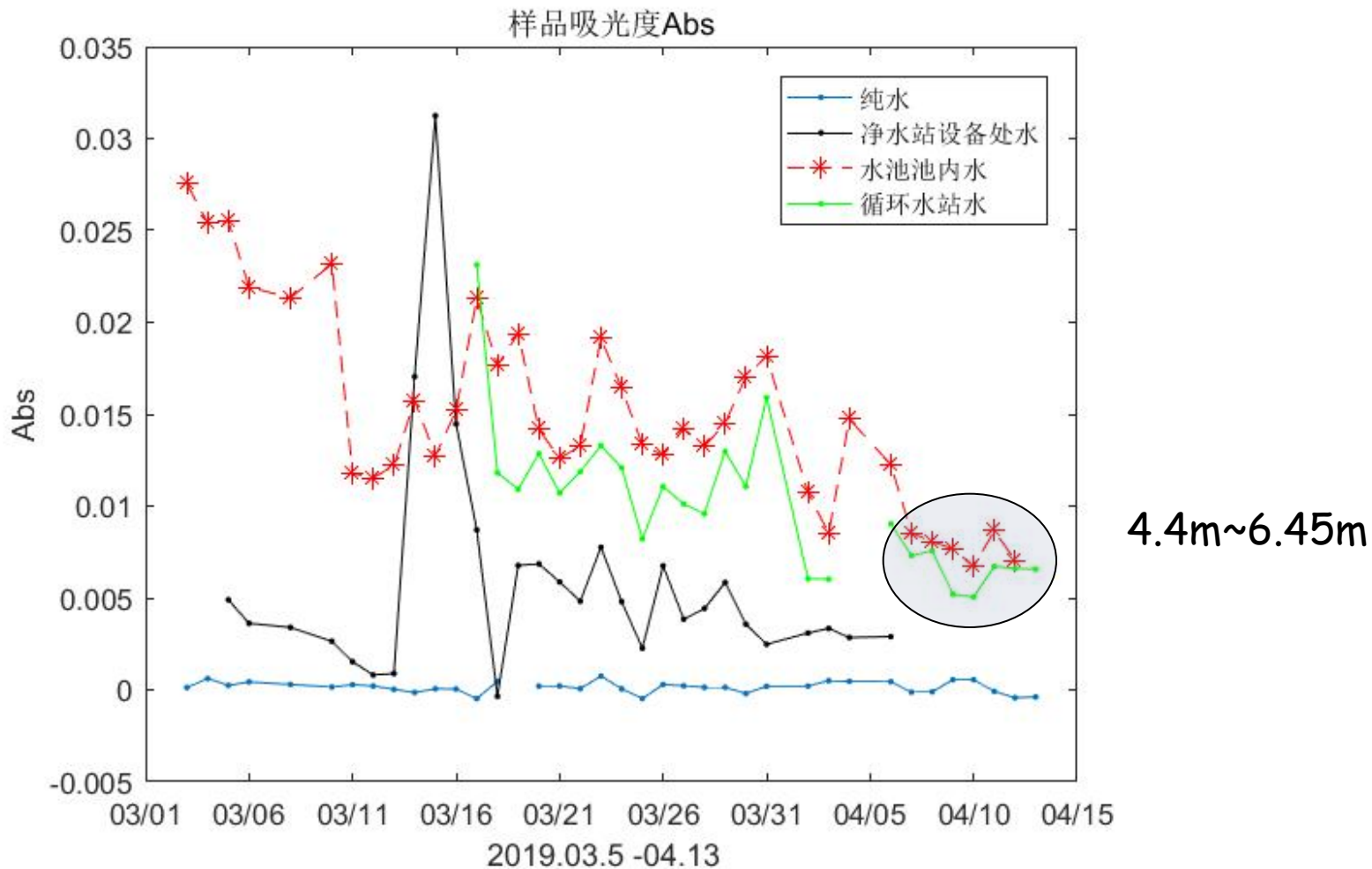
$$A = A_0 e^{-h/\lambda}$$

$$\ln A = -\frac{1}{\lambda} h + \ln A_0$$

# 水质测量



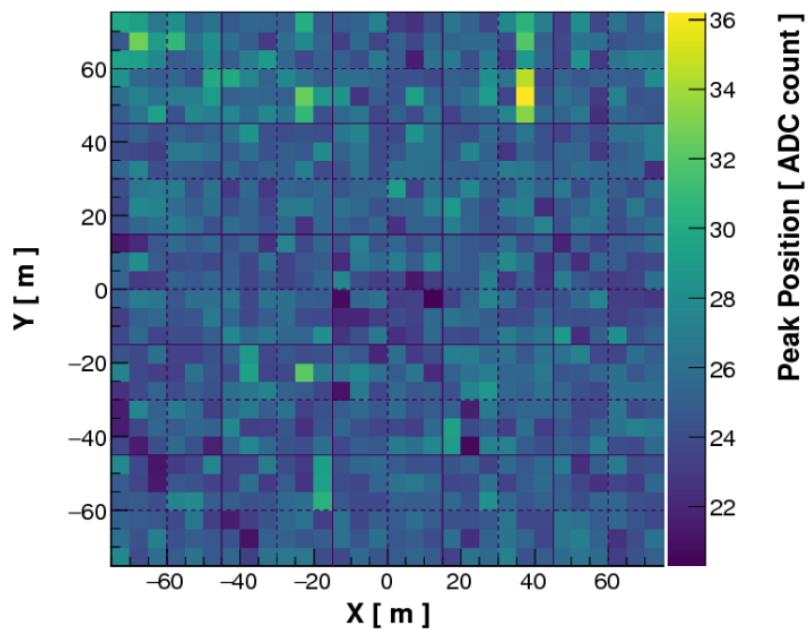
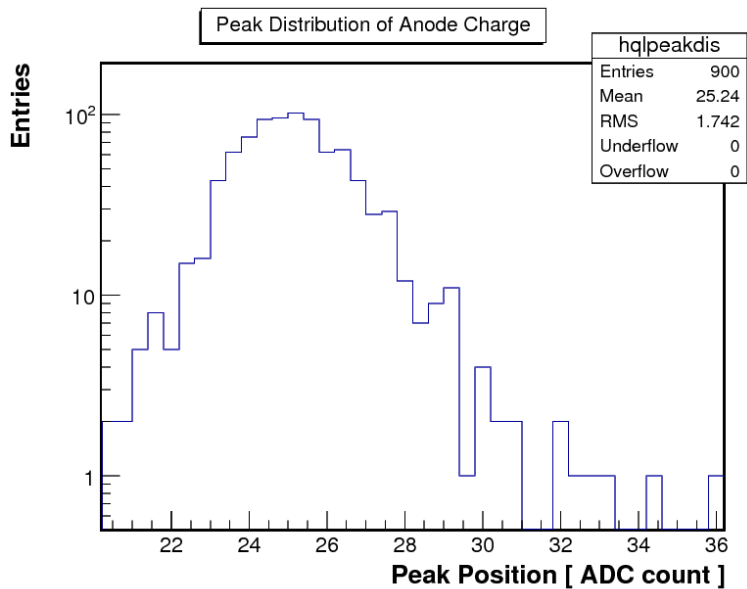
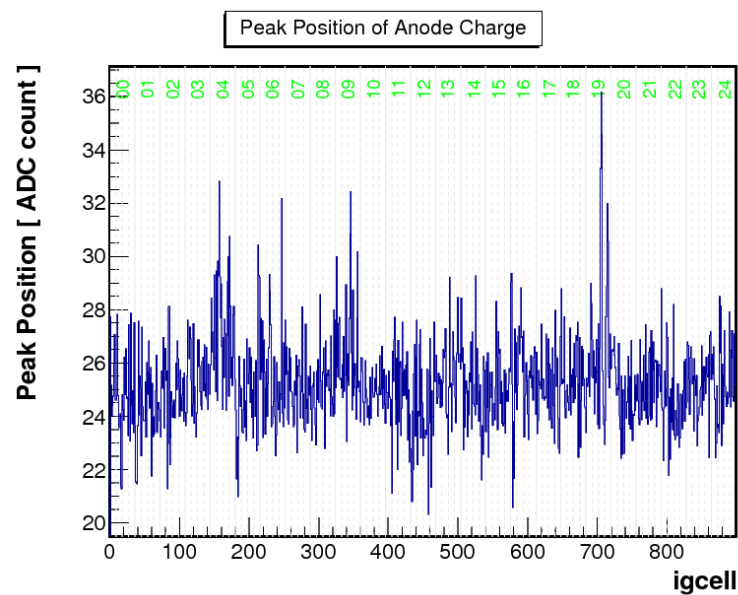
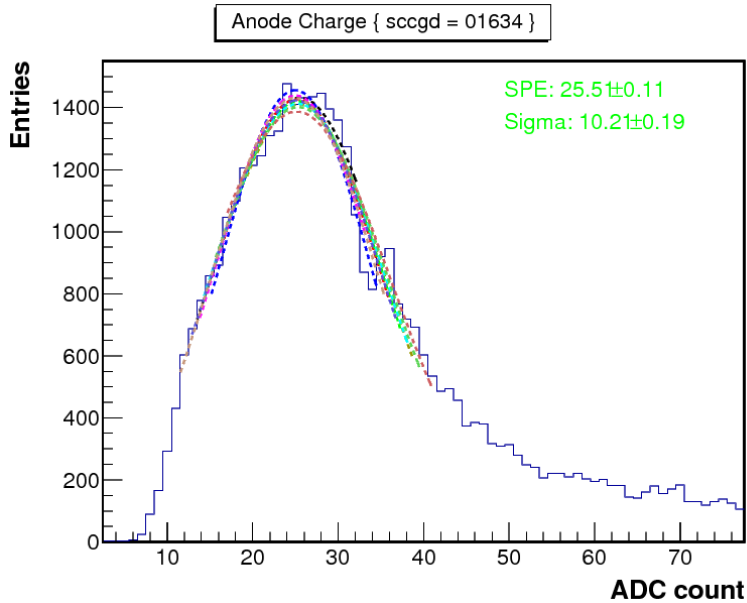
# 紫外分光光度计：样品吸光度随时间变化

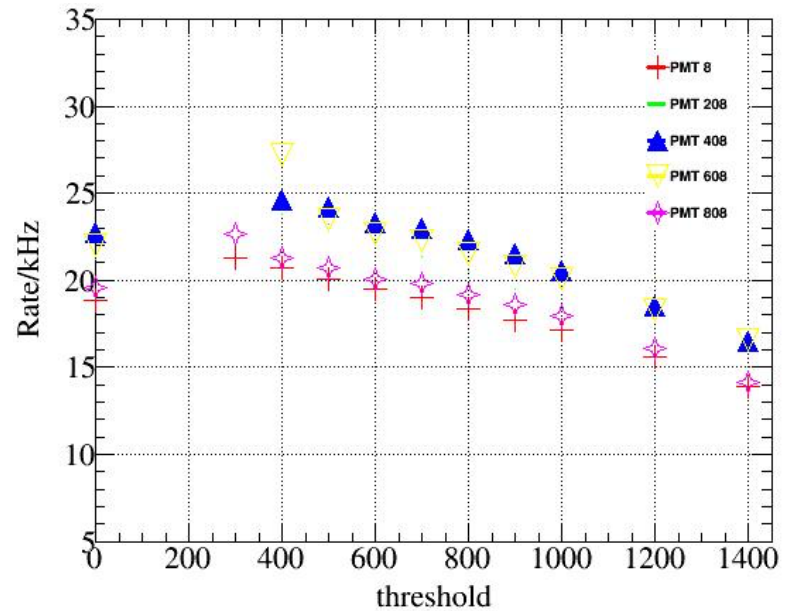
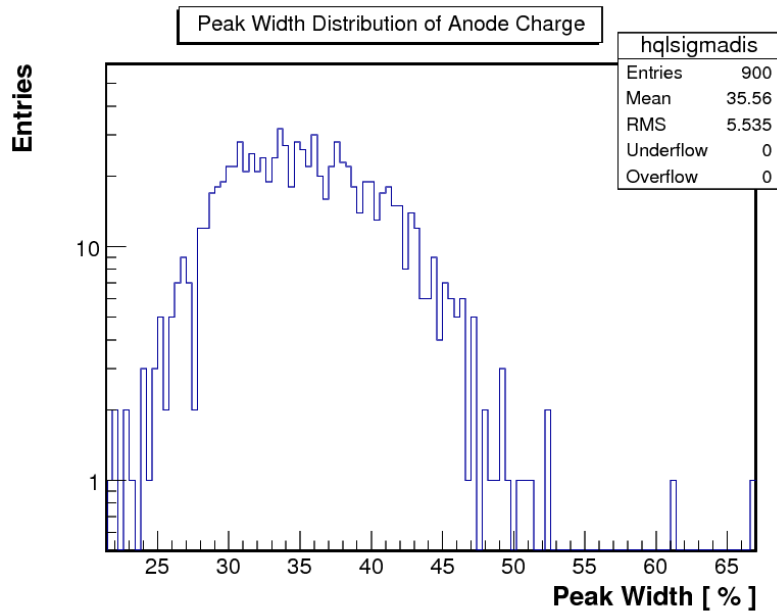
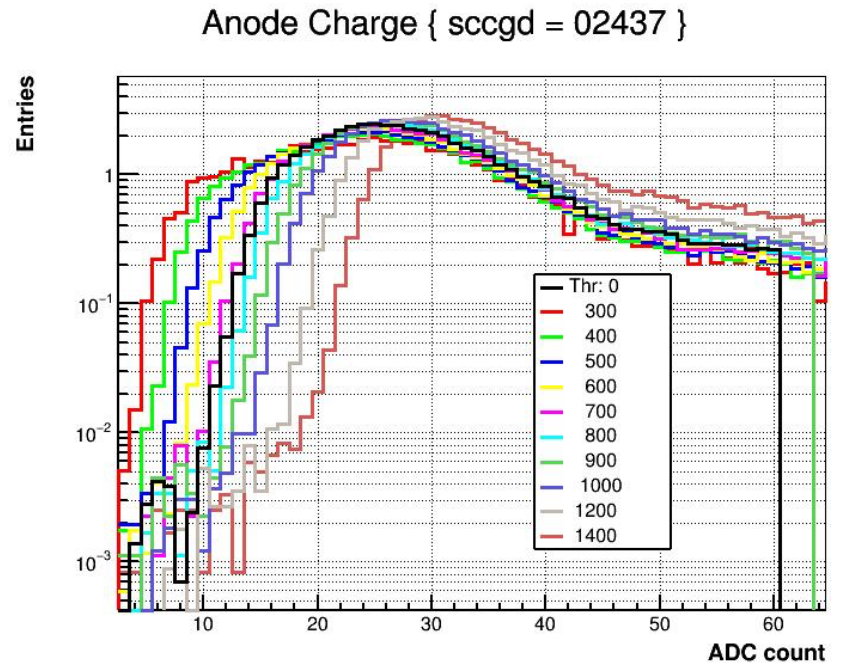
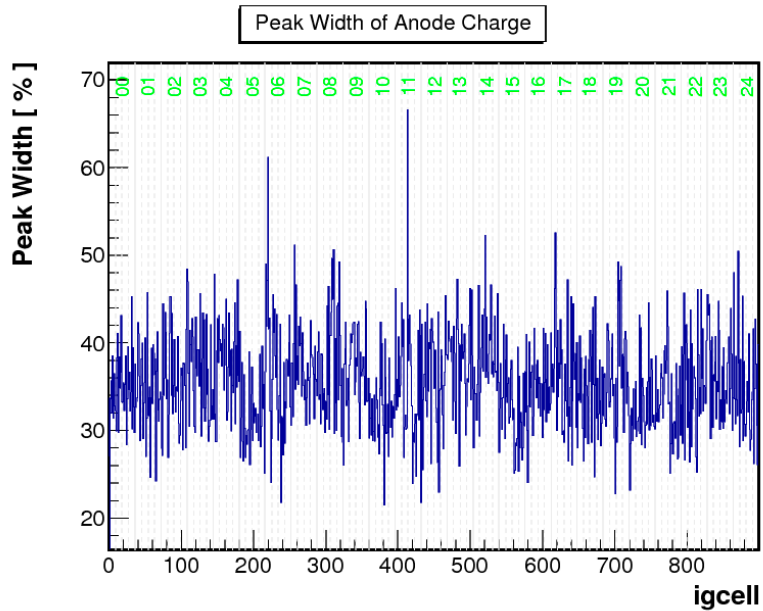


$$\text{Lamda} = -0.1 / \log(1.0 / \text{pow}(10, \text{Abs}))$$

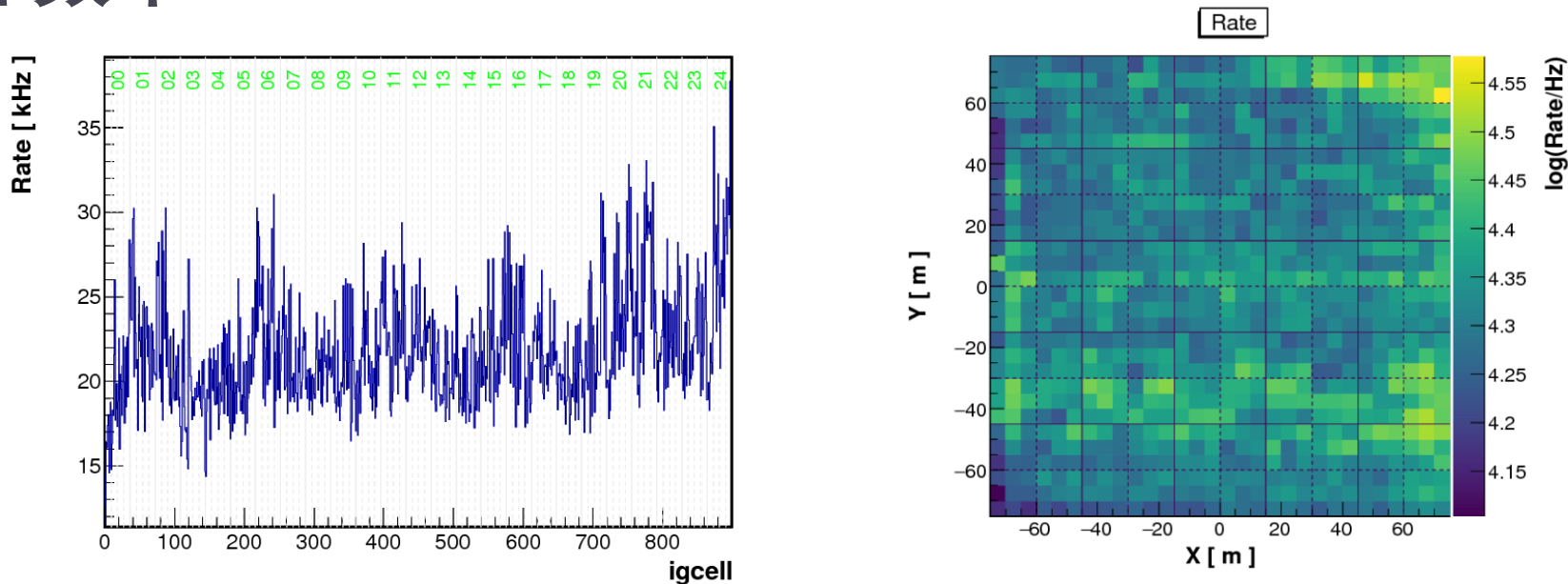


# spe





# 计数率

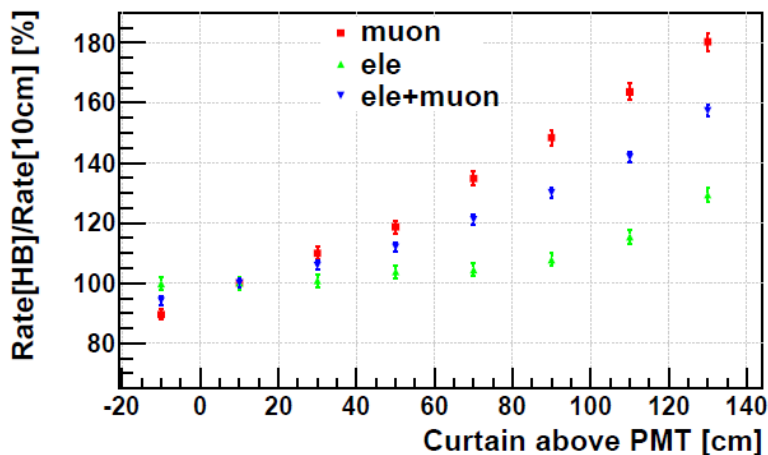


- ◆ 20190411凌晨4点半；PMT阈值设为约1/3 PE；各PMT的单路计数率均值为22 kHz；
- ◆ cell间计数率不均匀性，有些隔光帘悬浮没有到底引起；
- ◆ 22 kHz计数率基本符合目前水质情况下的预期。

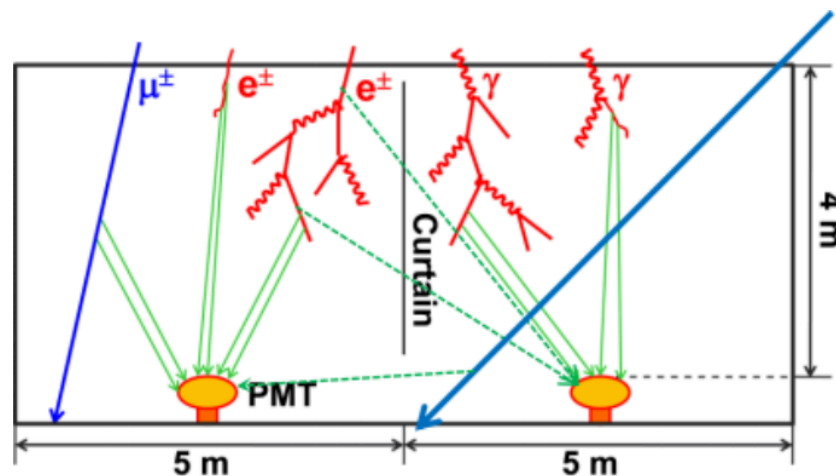
# 计数率

- ◆ 右表：4.0 m有效水深，水质20 m [405nm]；
- ◆ Curtain下放时，底部悬浮若70cm，考虑其他次级粒子成分n-p的贡献；则计数率比正常情况下会高12%--15%；

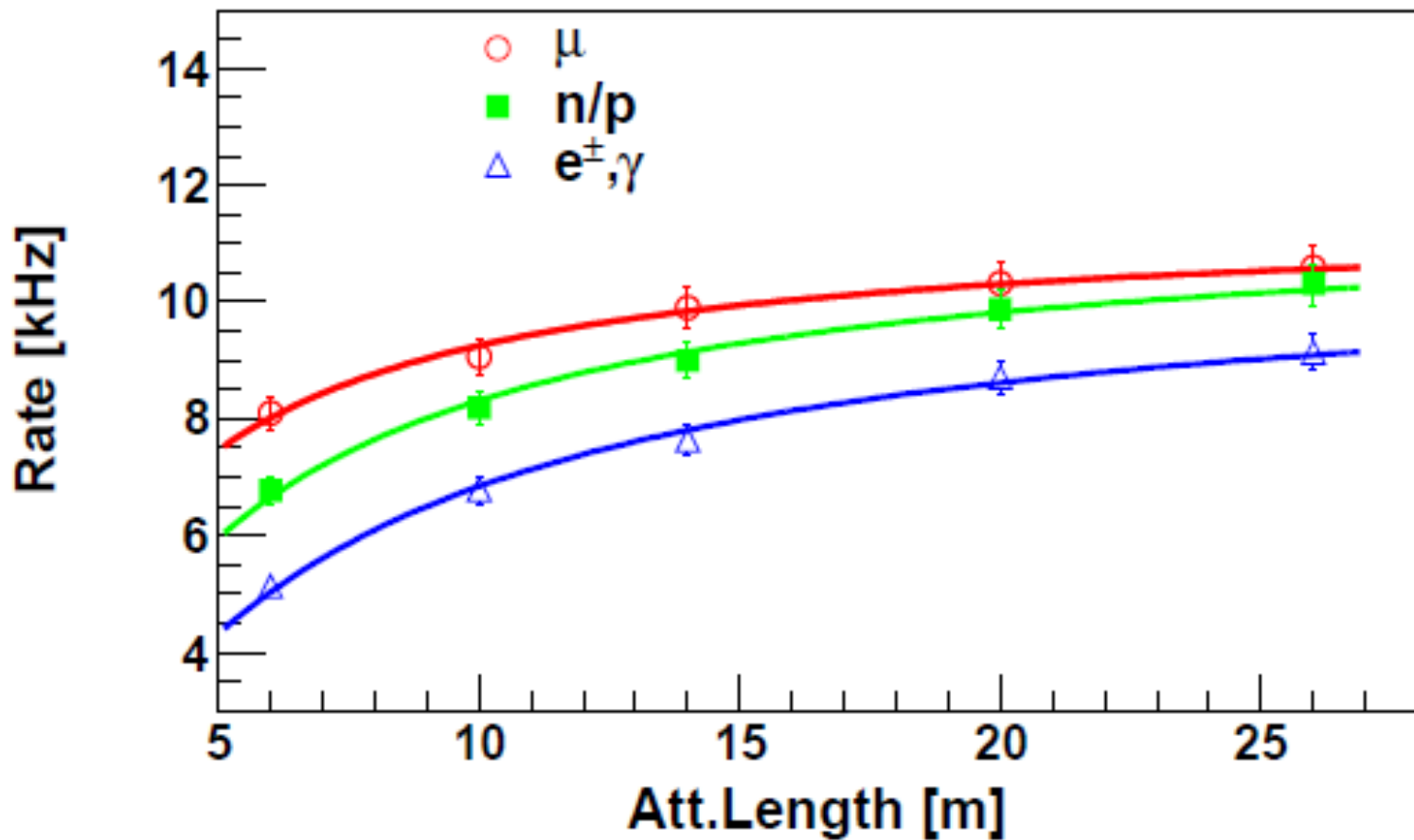
primary CR	rate/kHz	secondary particles	rate/kHz
P	20.37	$\mu$	10.27
He	5.69	n-p	9.91
CNO	1.94	$e^\pm, \gamma$	8.82
MgAlSi	0.68		
Fe	0.36		
total	29.04	total	29.00
corrected	APR: 3.0%	dark noise: 1.5 kHz	
MC		31.4 kHz	
data		30.5 – 32.2 kHz	



次级粒子的Rate随隔光帘底部距离PMT表面的距离



隔光帘高度变化导致计数率变化的示意图



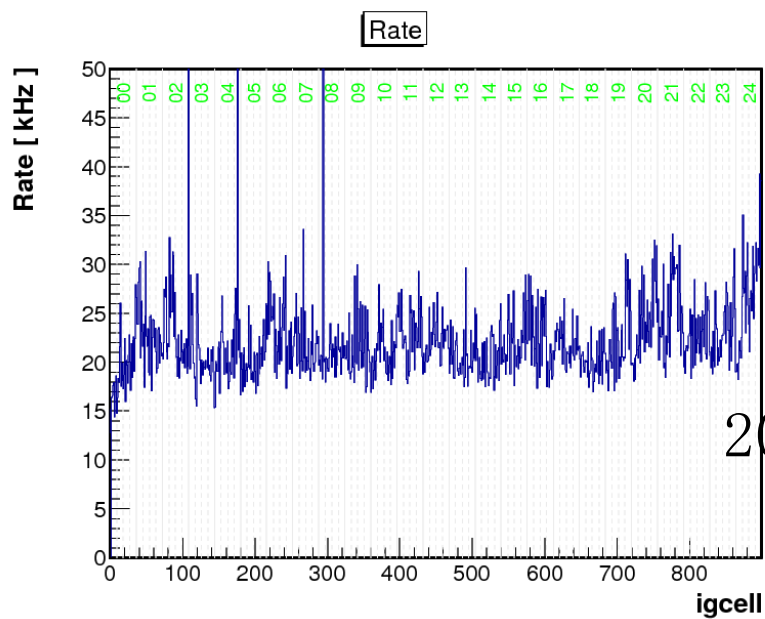
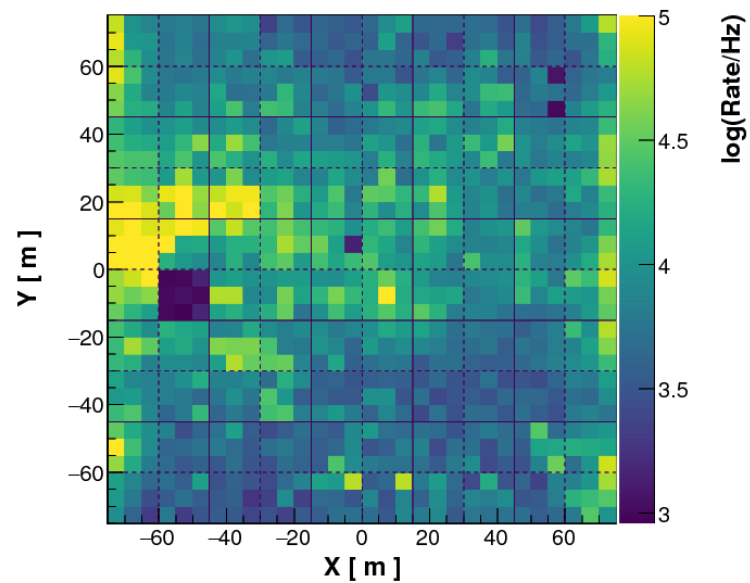
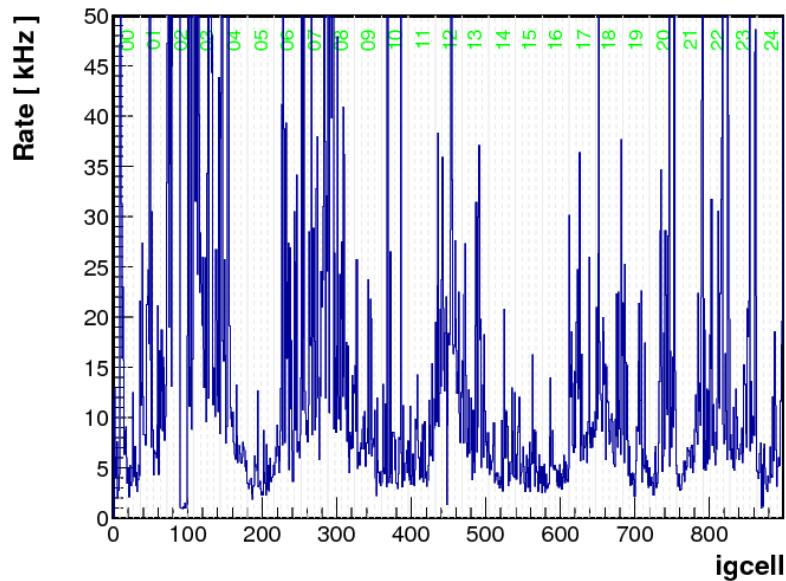
MC得到的计数率和水衰减长度的关系，未包括暗噪声，后脉冲等。



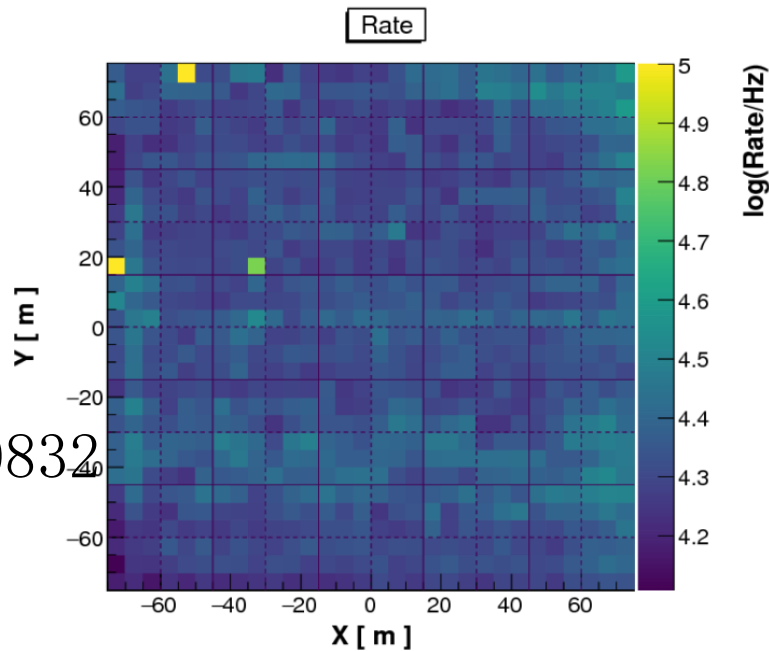
# 总结

- ◆ #1水池安装历时四个月，顺利完成；
- ◆ 目前探测器整体运行稳定；
- ◆ 大量的细致数据分析进行中；
- ◆ 池水水质尚未达标，需进一步循环；
  
- ◆ 经验
  - 土工膜防护保护措施加强；
  - 实验用品、PMT、物资的运输；
  - 安全防护方面；
  - ...

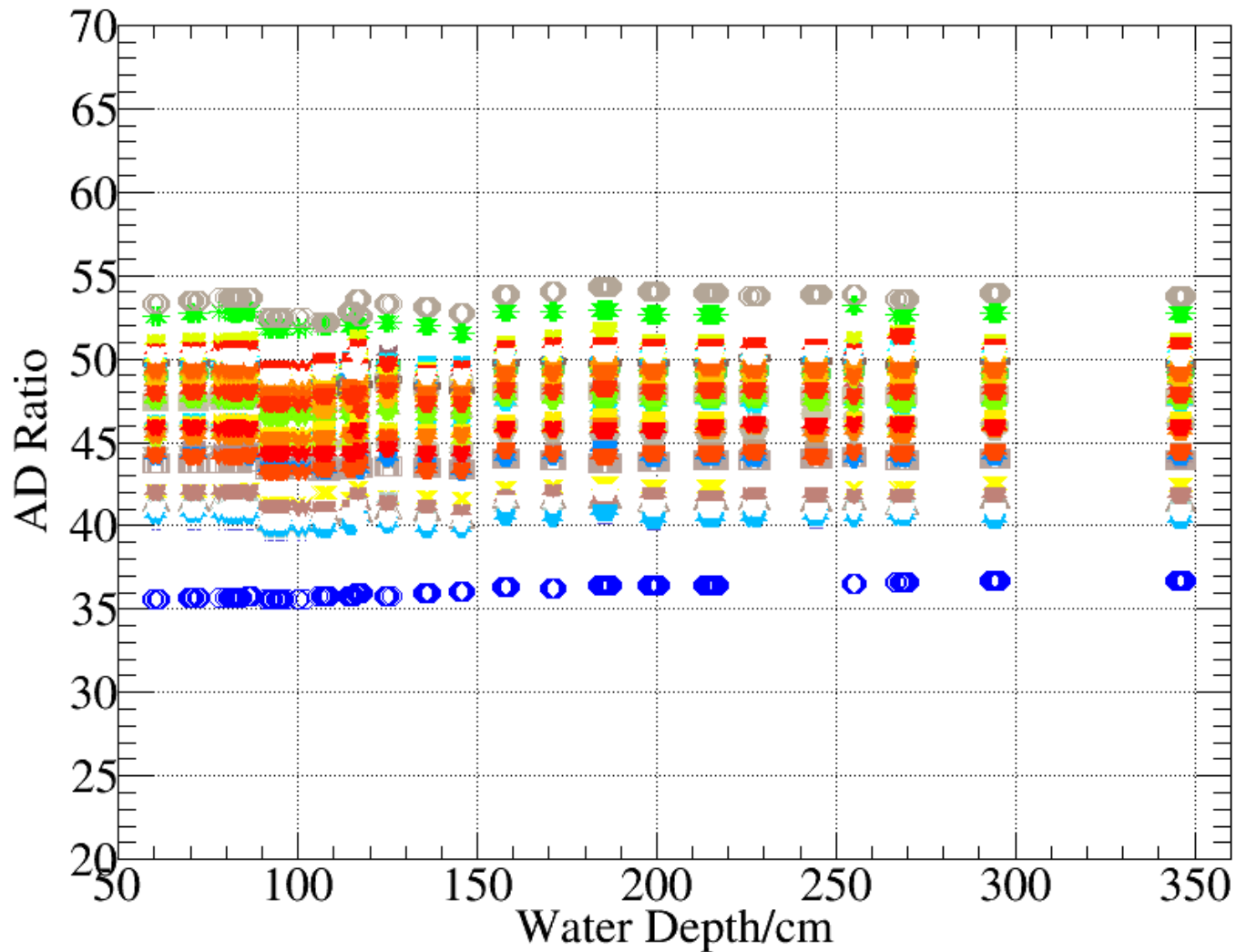
# 201901261740墙壁和屋顶漏光



2019041110832



# 100 PMTs AD ratio

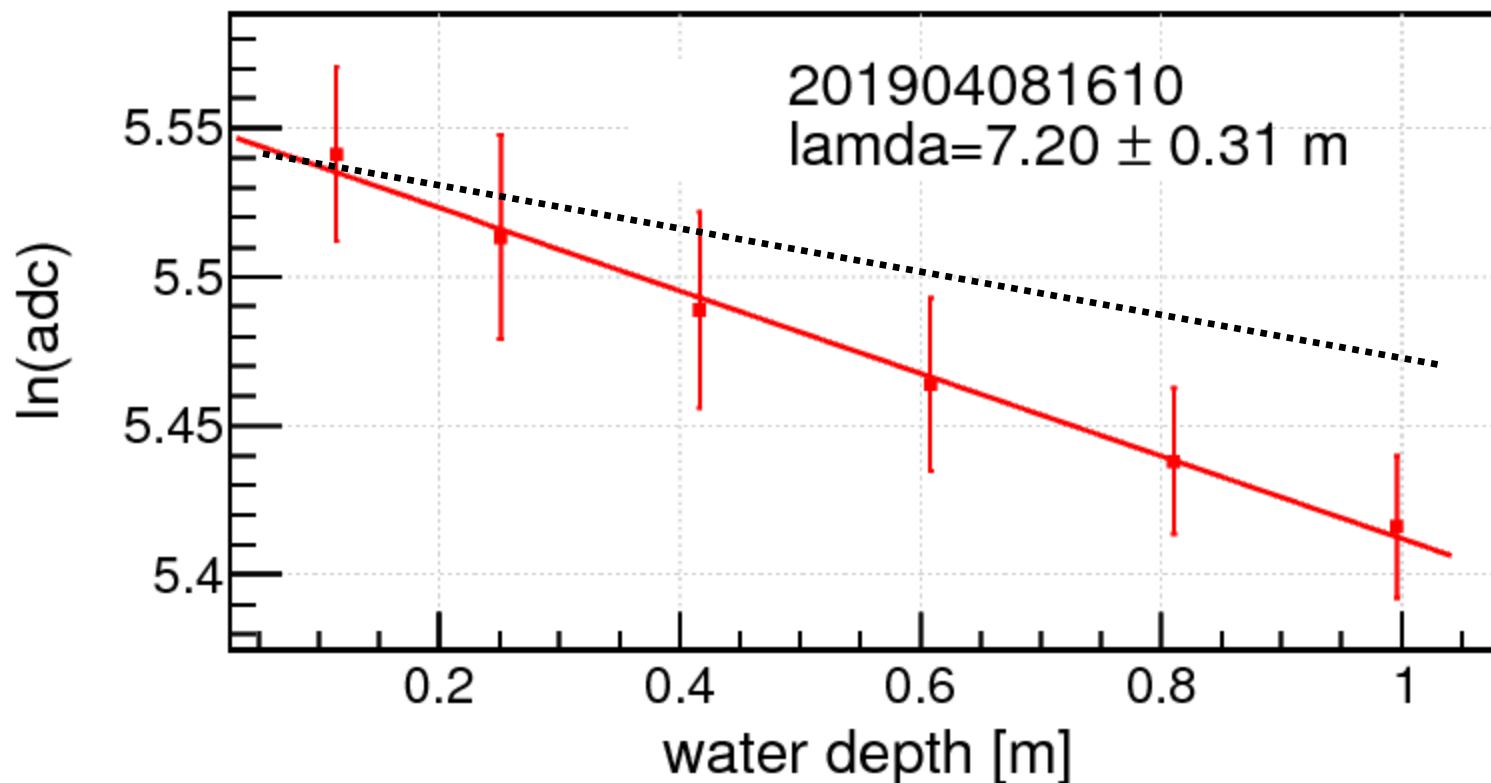


# 宾得数字全站仪

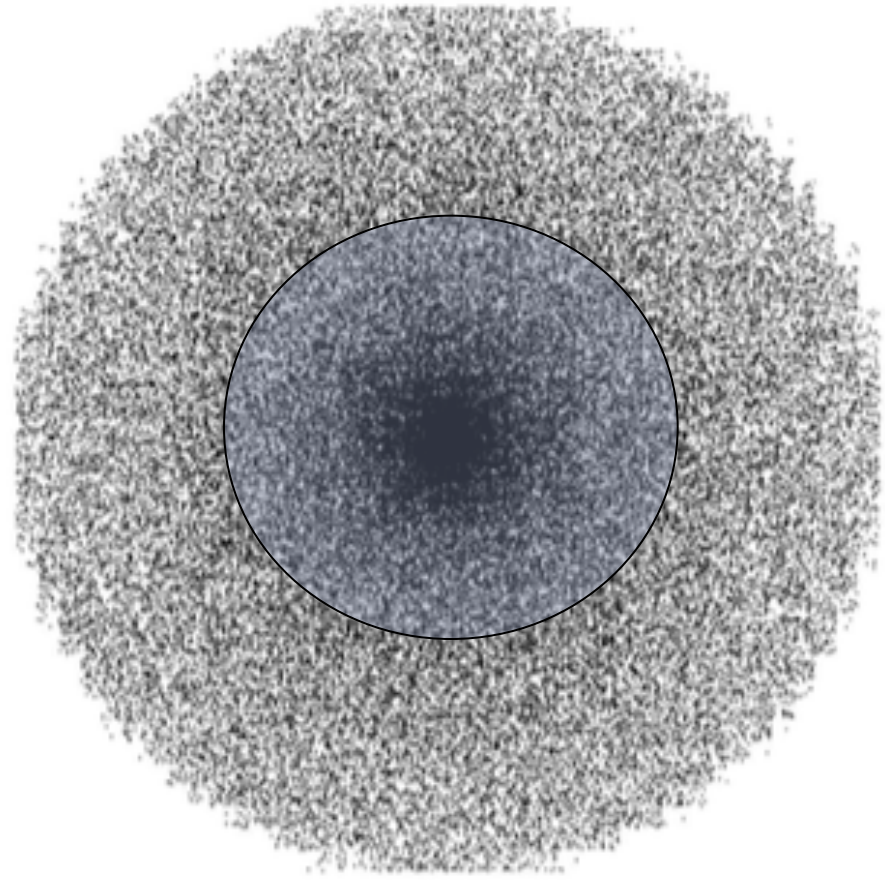


- ◆ 数字全站仪测角精度：±2"；
- ◆ 测量距离精度：±(3mm+2ppm×D)

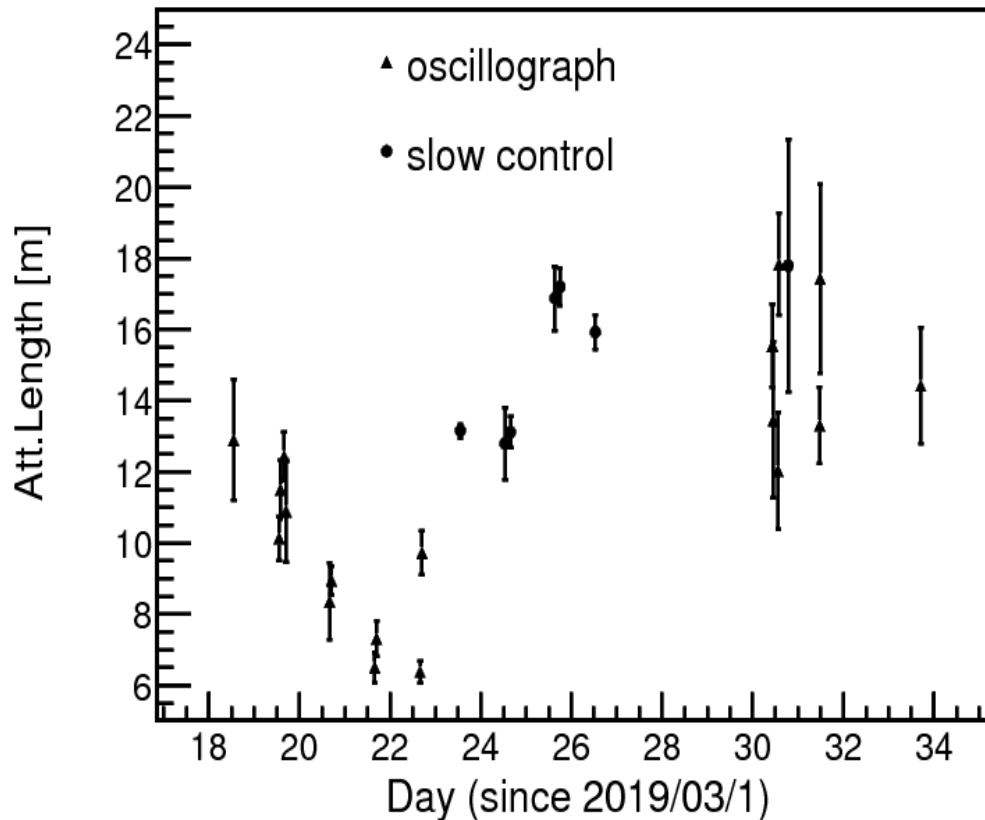
仪器类型		R-202NE Power 型
望远镜	物镜孔径	45mm (EDM 孔径 45mm)
	放大倍率	30 ×
	视场角	1° 30'
	分辨率	3"
	最短视距	1.0m (手动对焦)
距离测量	迷你棱镜	1.5m-800m(1000m)
	单棱镜	2,200m
	三棱镜	3,000m
	免棱镜	350m
	棱镜/反射贴片精度	±(2mm+2ppm×D)
	免棱镜精度	±(3mm+2ppm×D)
测距时间	正常测量	2.0 秒 (正常), 1.2 秒 (快速)
粗测模式	跟踪模式	0.4 秒
角度测量	测角精度	2"
	测角方式	绝对编码度盘
	最小读数	1"/5"
显示	显示器	双面 (字母数字键盘)
倾斜补偿器	方式	单轴
	补偿范围	±3'
对中器		可见激光对中: 对中精度: ±1.0mm (仪器高度 1.5m)
调焦范围		0.5~∞
场视角		3° 30'
耐用性	防水防尘等级	IP54
	工作温度	-20℃~+50℃



如果LED光斑太大，超过了PMT的光阴极；水位高时，光线进入水时折射，光斑变小；PMT接收到更多的光；即得到的信号偏高；会导致类似虚线的测量结果；即测量结果虚高。



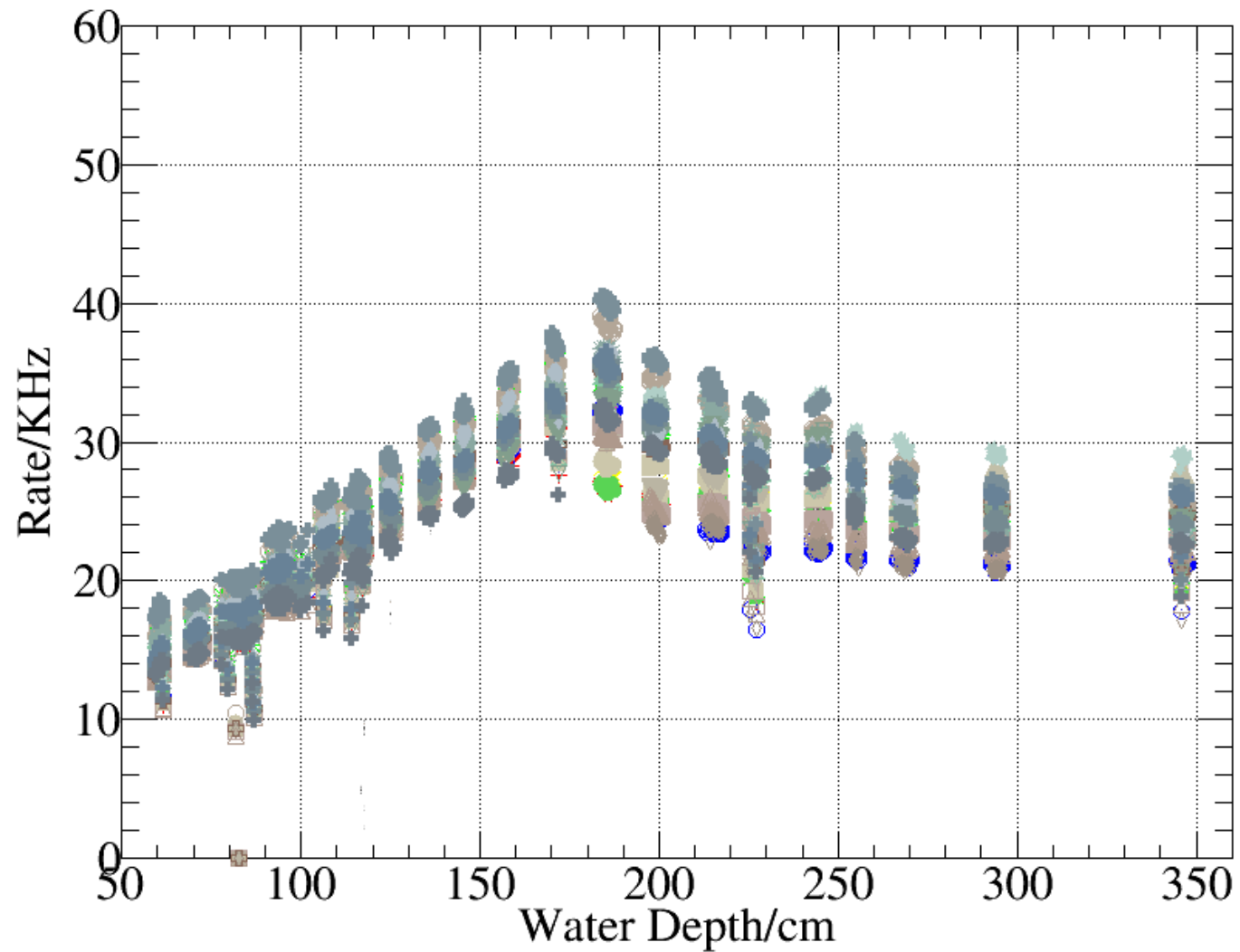
# 水质监测



- ◆ 19号---26号下放隔光帘；
- ◆ 18号开启两台循环水泵，循环流量150吨/时；
- ◆<sup>3</sup>20号开启四台循环水泵，循环流量300吨/时；



# Cluster 13



# 测量过程中带来的偏差

```
0 0 01 120.629 002
270 00 06 42.049 000
180 00 01 29.128 001
90 00 00 107.879 010
```

```
180 00 14 29.127 000
270 00 26 42.040 001
0 00 09 120.627 003
```

```
180 00 13 29.124 001
270 00 24 42.042 002
0 00 09 120.639 001
```

```
180 00 17 29.124 002
270 00 15 42.048 000
89 59 54 107.874 005
```

- ◆ 整个测量过程中，通过对标记点的重复测量对比得到：
  - ◆ PMT位置xy的误差 $<1.0\text{cm}$ ;
  - ◆ PMT高度的测量误差 $<0.5\text{cm}$ ;
- ◆ 注释：测量时PMT上放置一个支架，支架安装一个反光板；用于确定测量的点。
- ◆ 支架是否摆放在PMT的正上方，是否准直；通过多次测量，给出了对结果带来的最大误差， $xy < 1.0\text{cm}$ ； $z < 0.3\text{cm}$ ;
- ◆ 综述： $xy < 2.0\text{cm}$ ； $z < 0.8\text{cm}$ ;

# 漏水率监测

- ◆ 55cm水位下降2.16mm/day;
- ◆ 3月17号--4月3号间:水位下降2.67mm/day;
- ◆ 4月3号-4月4号, 屋顶一根斜拉管掉落;
- ◆ 447cm水位下降7.91mm/day;

