

# 气象对KM2A数据影响的研究

报告人：侯博文  
高能物理研究所  
2021.10

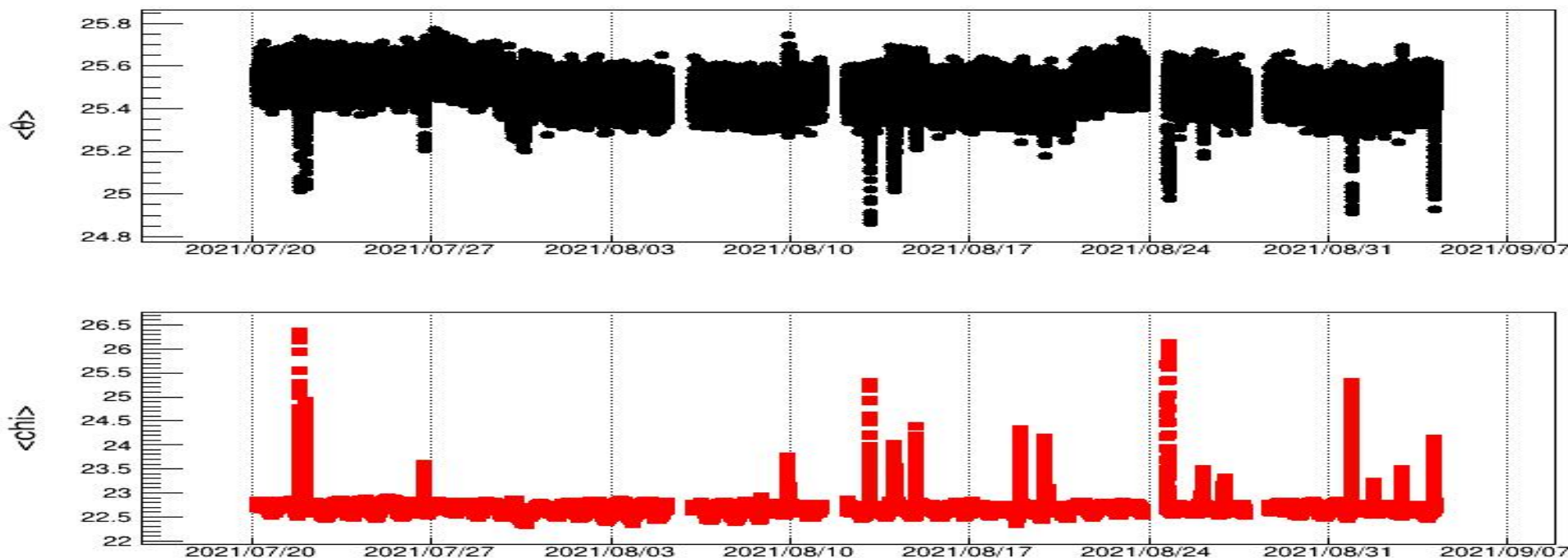
# 主要内容

- 一、研究动机
- 二、降雨的影响
  - 雨致辐射的原因
  - 雨致辐射的模型
  - LHAASO数据结果
  - 后续工作
- 三、天效应
  - 折叠数据
  - 相关分析
- 四、小结

# 一、研究动机

- 在KM2A数据质量监测时发现数据的天顶角分布均值、拟合开方均值等存在异常数据，可能与下雨有关。
- 另外，KM2A数据参量均值存在天周期的调制，可能与温度和气压相关。
- **主要动机：研究气象因素（降雨、温度、气压）对KM2A数据的影响。**

图一：KM2A天顶角分布均值、拟合开方均值数据



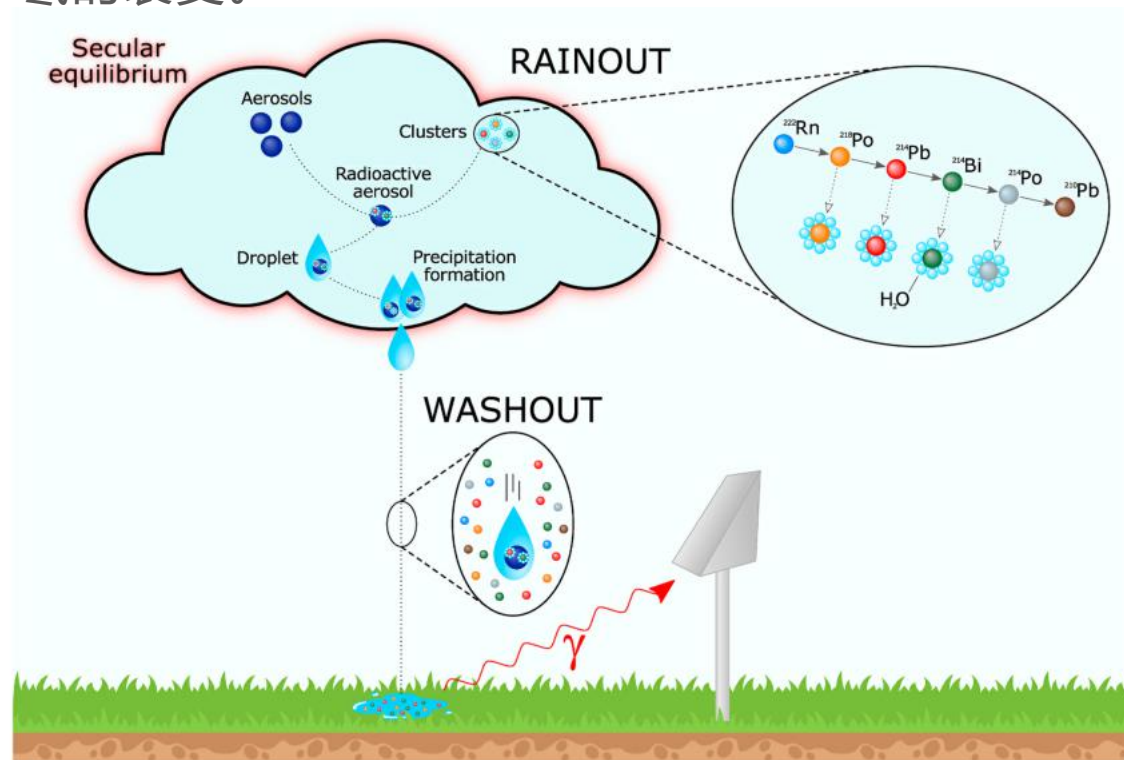


## 二、降雨的影响

- 与降雨相关的放射性背景活动的增加，主要是由于氡的衰变。
- 其中 $^{214}\text{Pb}$ 和 $^{214}\text{Bi}$ 的半衰为 $\beta$ 衰变且半衰期较短。
- 其特征能量在百keV量级，主要发生康普顿散射。

同位素	半衰期	衰变途径	或者
$^{222}\text{Rn}$	3.8天	$\alpha$ 衰变	
$^{218}\text{Po}$	3.10分钟	$\alpha$ 衰变	$\beta \rightarrow ^{218}\text{At} \rightarrow \alpha$
$^{214}\text{Pb}$	26.8分钟	$\beta$ 衰变	
$^{214}\text{Bi}$	19.9分钟	$\beta$ 衰变	$\alpha \rightarrow ^{210}\text{Tl} \rightarrow$
$^{214}\text{Po}$	0.1643毫秒	$\alpha$ 衰变	
$^{210}\text{Pb}$	22.3年	$\beta$ 衰变	
$^{210}\text{Bi}$	5.013天	$\beta$ 衰变	
$^{210}\text{Po}$	138.376天	$\alpha$ 衰变	
$^{206}\text{Pb}$	稳定		

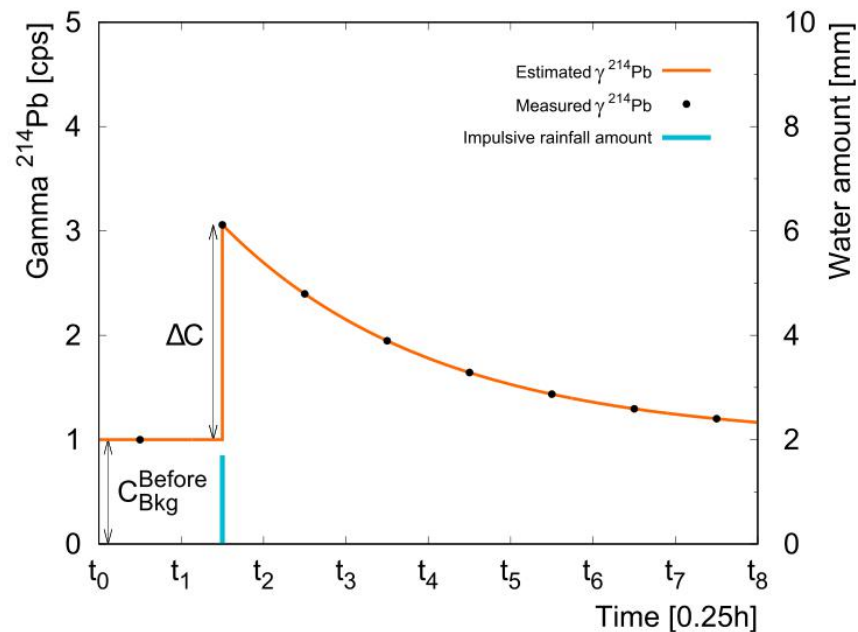
图三 (维基百科)：氡衰变链



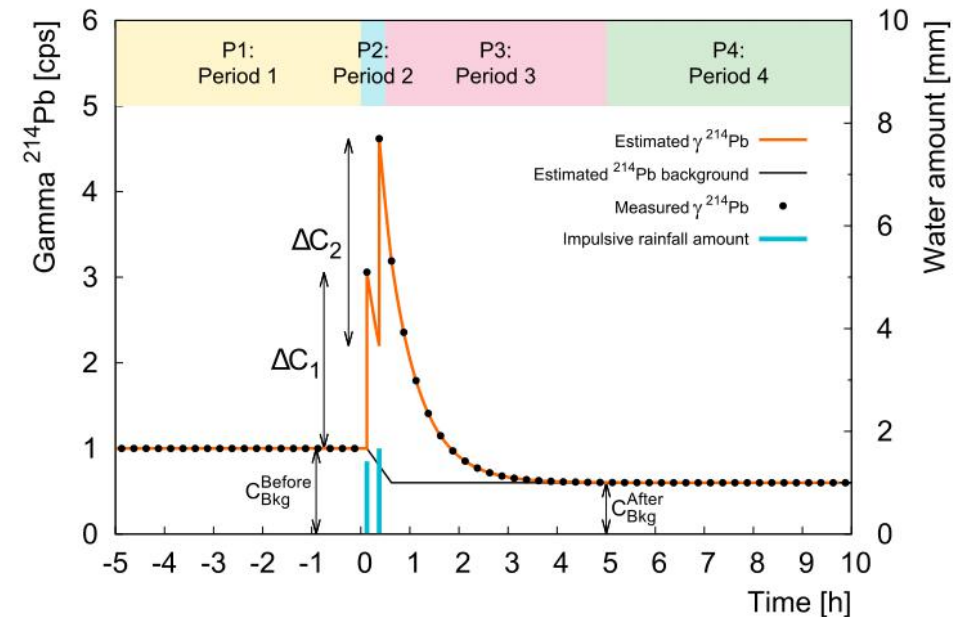
图二<sup>[1]</sup>：放射性气凝胶产生示意图

# 雨致辐射的模型

- 降雨一旦发生，辐射量瞬间增加。
- 对于单次（短时）降雨，雨致辐射呈现指数衰变。对于多次（持续）降雨，雨致辐射视为多次单次（短时）降雨的叠加。



图四<sup>[1]</sup>: 单次（短时）降雨模型

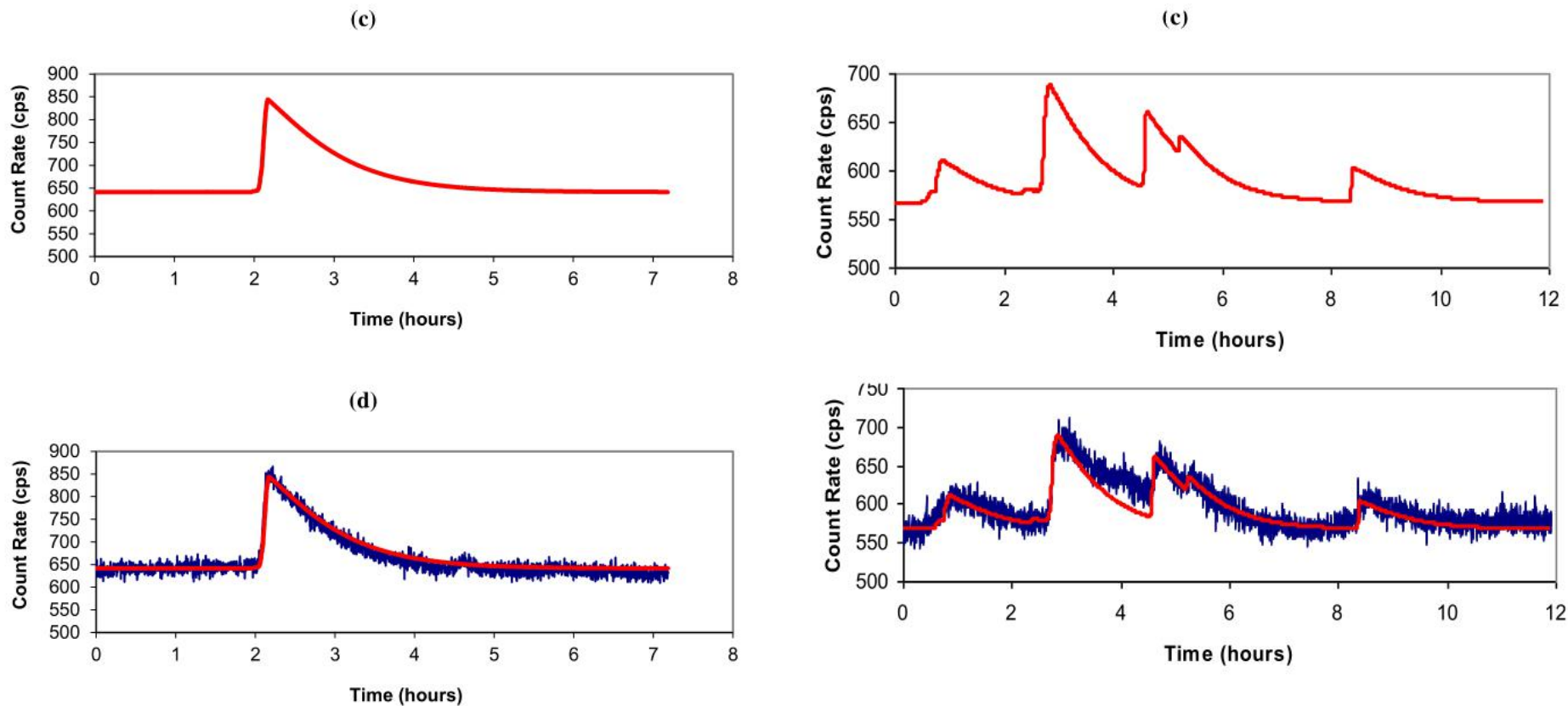


图五<sup>[1]</sup>: 多次（持续）降雨模型

# 雨致辐射的模型

- 其他实验

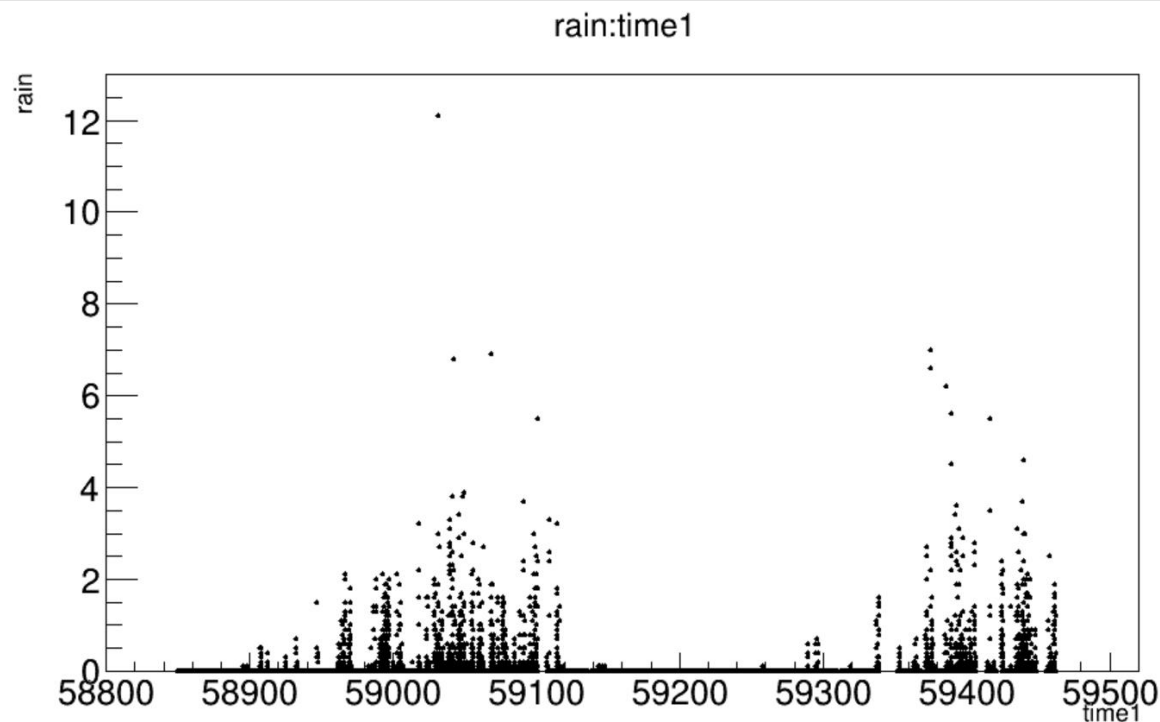
图六<sup>[2]</sup>: 单次降雨与多次降雨致辐射的模拟 (红) 与实测 (蓝) 对比



# LHAASO气象数据

- 数据来源:
- 气象数据: 稻城县气象局 (测控基地南) 气象塔数据 (2019.10.28-2021.9.5), 半小时一个数据, 包括降雨量 (mm)、温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )、气压 (hPa) 等。吴超勇老师提供。

图七: 气象数据



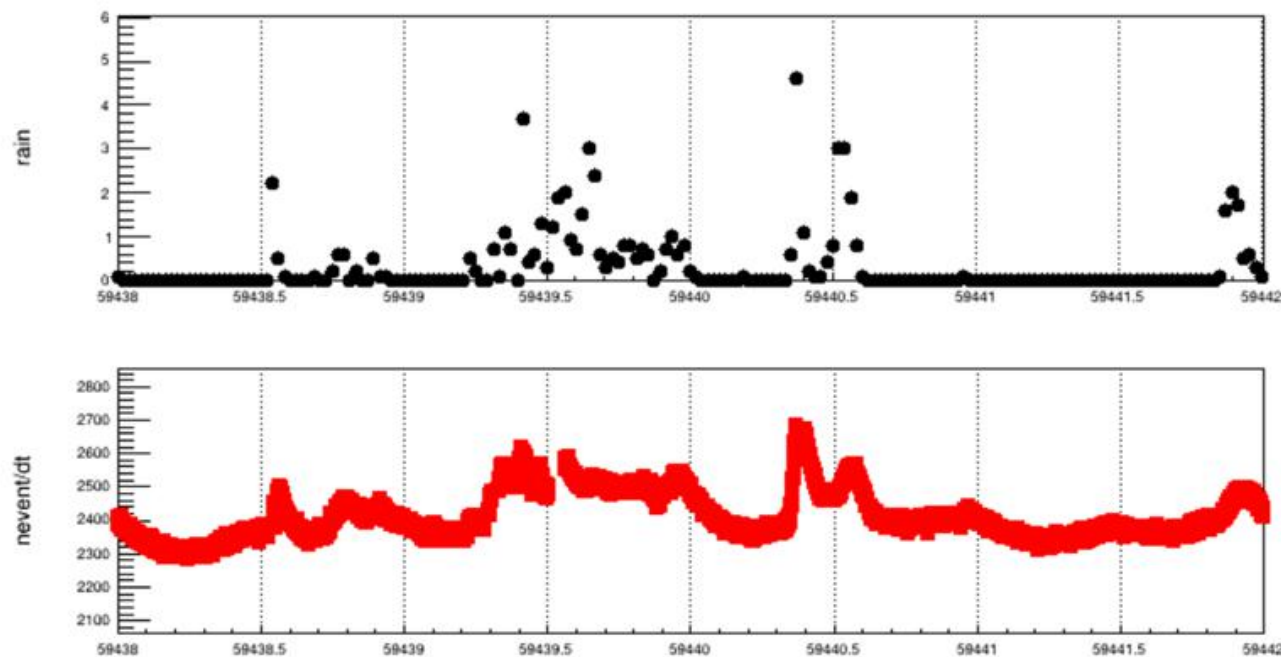
# LHAASO实验数据

- 数据来源:
- 探测器数据: KM2A3/4阵列 (2020.12.1-2021.7.22) 与full阵列 (2021.7.5-2021.9.5) 重建数据, 目前主要盯触发计数率这一指标。
- 其中3/4阵列的主要分布在非雨季, full阵列的数据分布在雨季, 因此对降雨影响的观察主要利用 **full阵列数据**。



# LHAASO数据与降雨的关联

- 观察探测器数据，可以直观地发现，在降雨发生的时候，探测器触发率会增加。

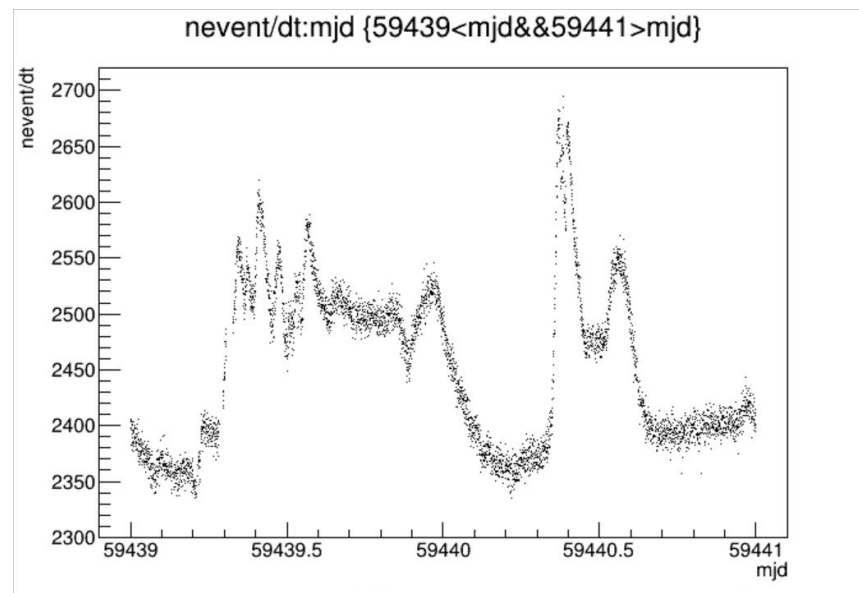
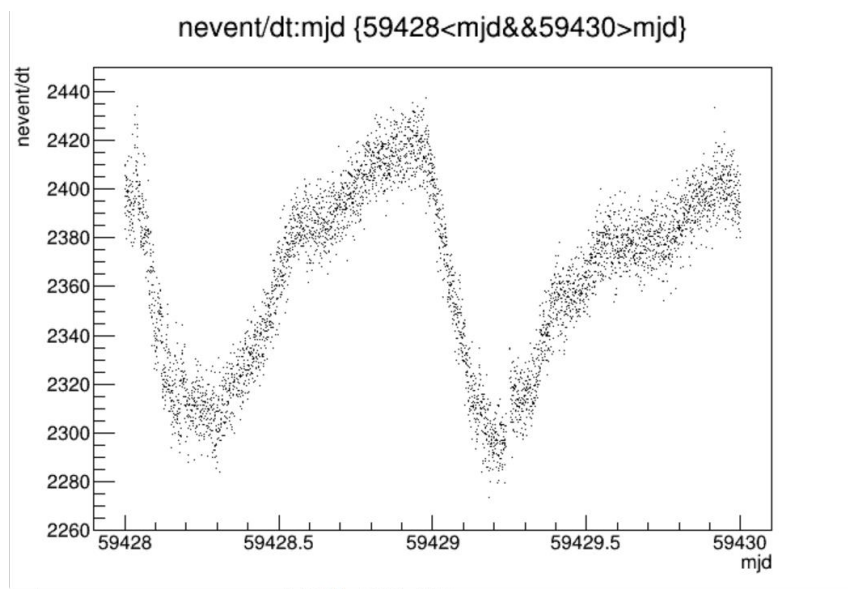


图八：全阵列数据mjd59438-59442（2021.8.12-16），降雨对探测器触发率的影响

# LHAASO数据结果

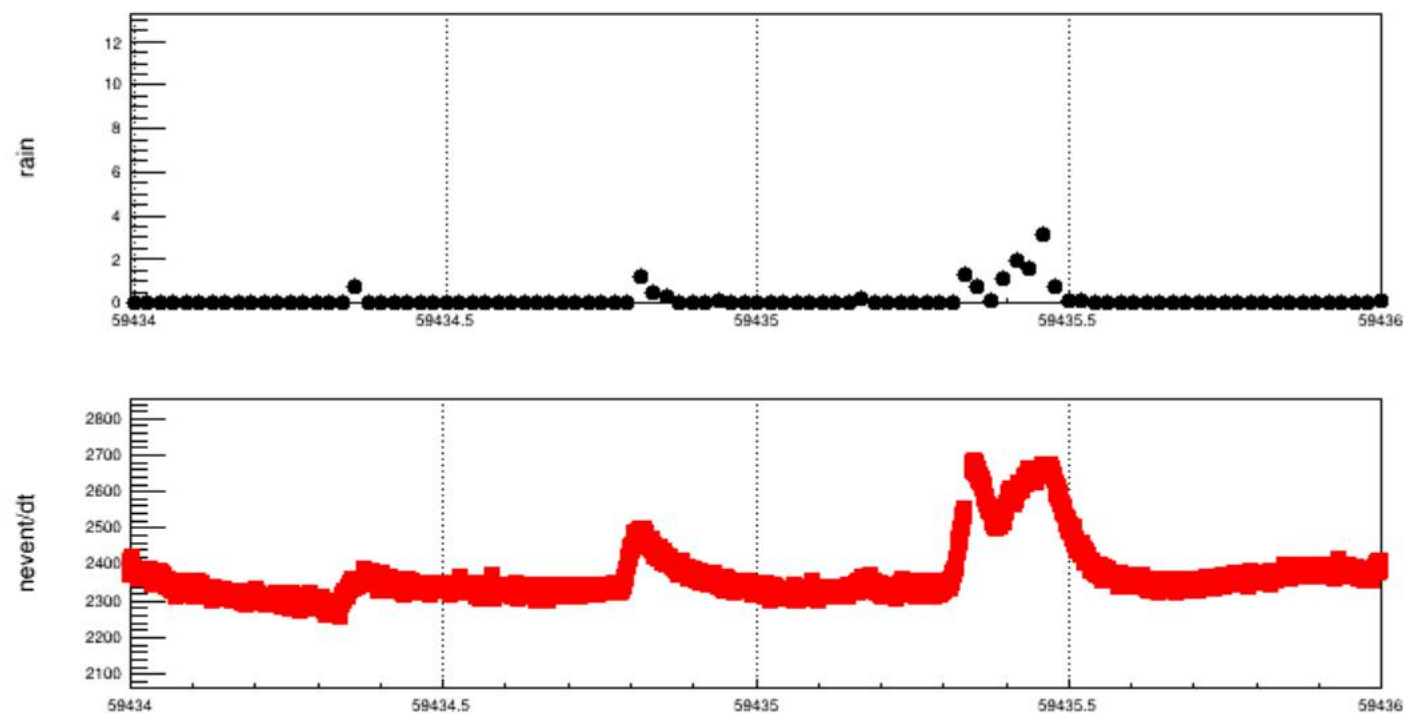
- 有无雨对比

图九：选择相邻有无降雨的两段时间。无雨时探测器为天效应周期变化（左下），有雨时计数率明显增加（右下）。



# LHAASO数据结果

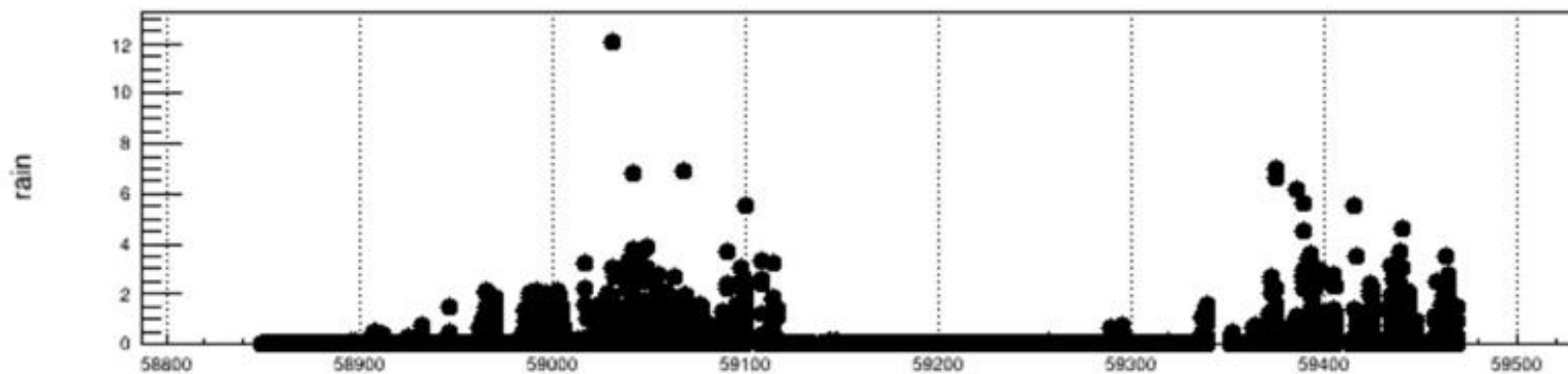
- 实测情况：
- 降雨发生立即有响应
- 雨停后探测器缓慢恢复
- 雨量越大，响应幅度越大
- 持续降雨时，再次降雨后响应再次变大，但幅度小于第一次（空气中氦总量有限）



图十：2021.8.8-10号实测数据

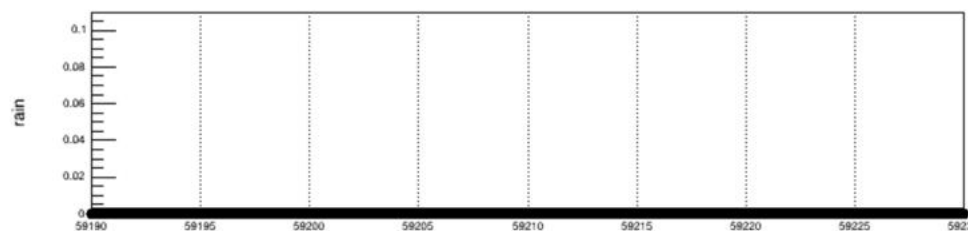
# 三、天效应

- 基本无雨时间：mjd59120-59285 (2020.9.28-2021.3.12)

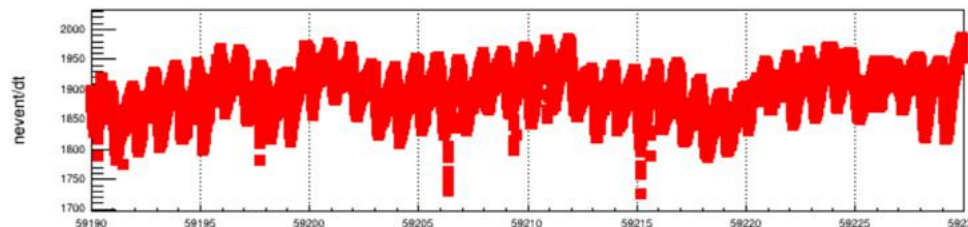


图十一：降雨数据

- 完全无雨时间：mjd59190-59230  
(2020.12.7-2021.1.16)



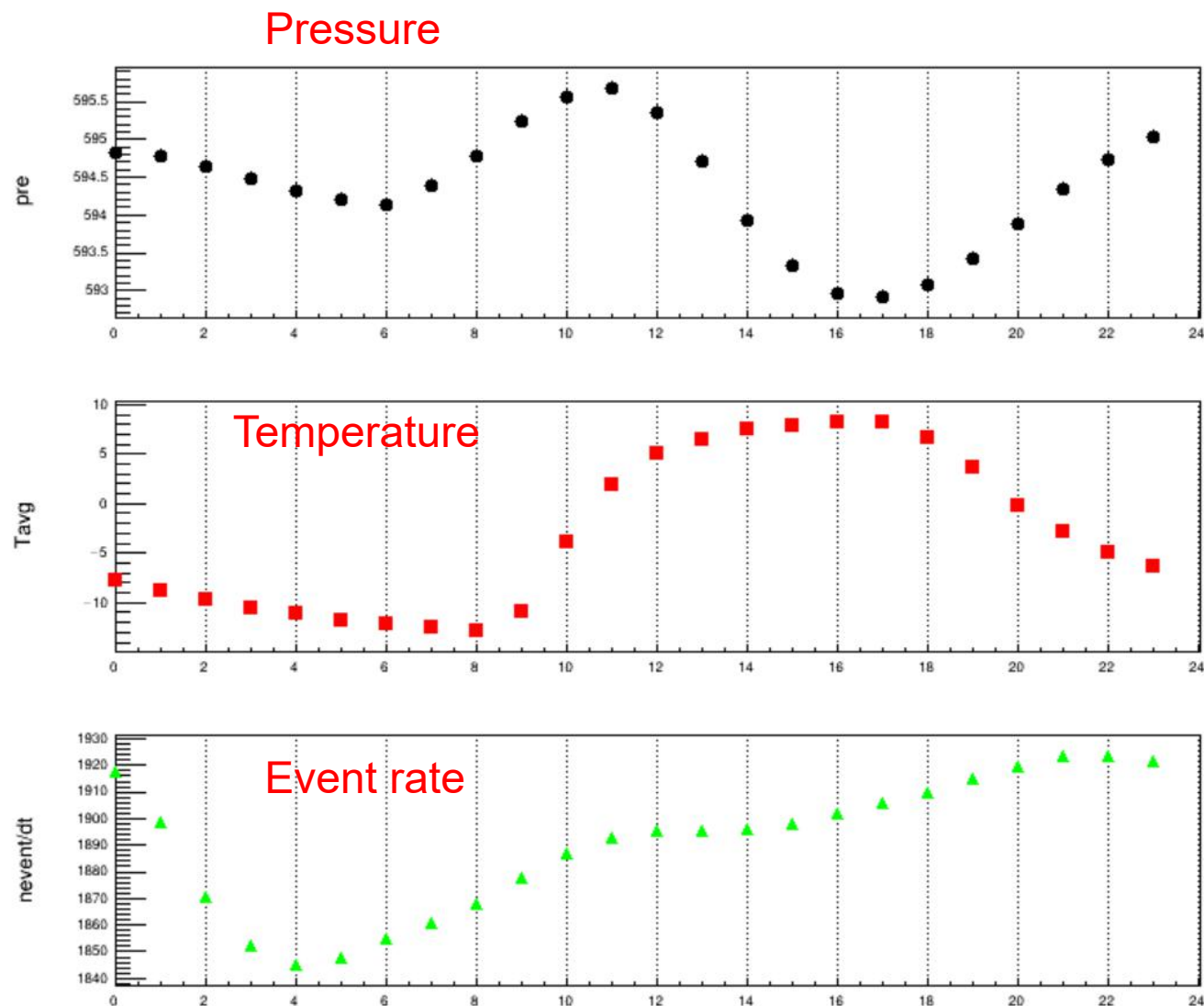
图十二：完全无雨状态下，  
探测器有明显的天效应





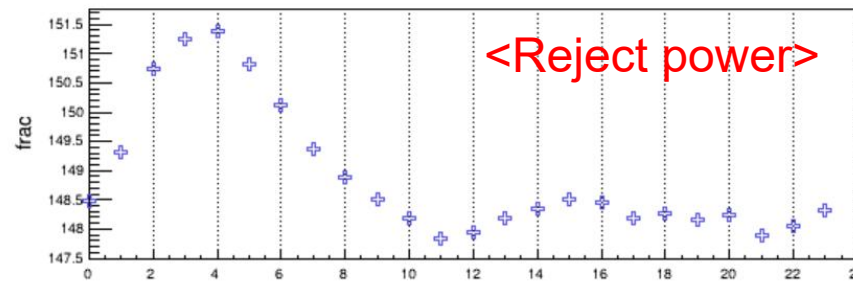
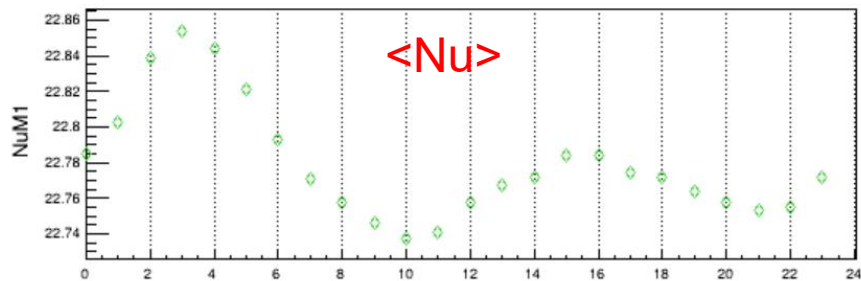
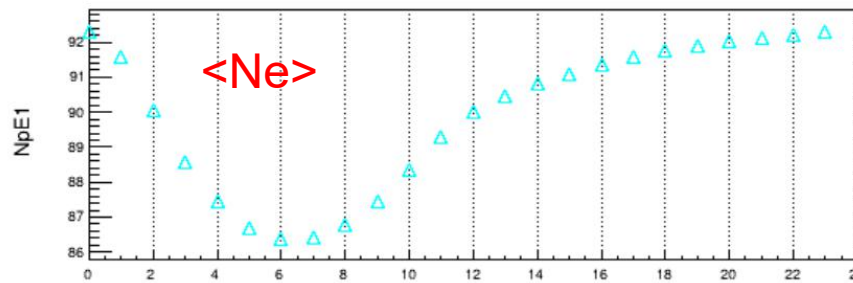
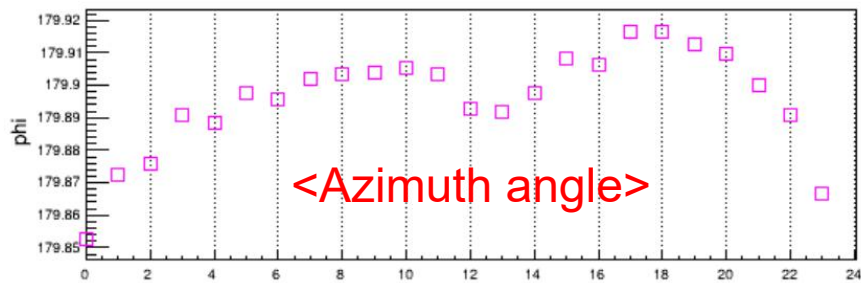
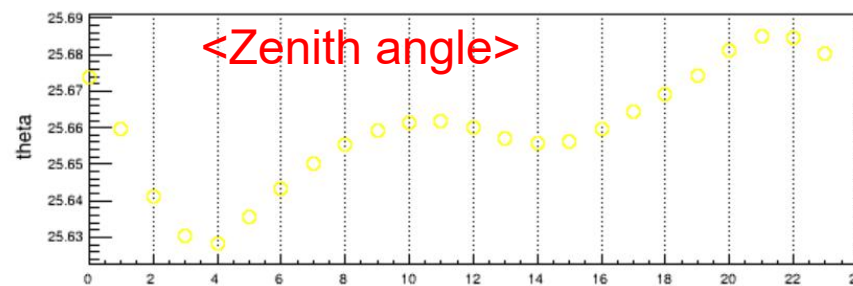
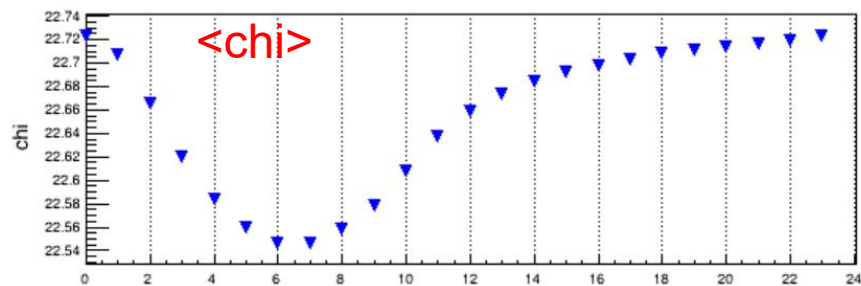
# 折叠数据

图十三：以天为周期折叠每小时数据。  
从上到下为气压、温度、触发计数率。  
所用数据为mjd59120-59285（2020-  
2021年非雨季）



# KM2A其他数据参量折叠

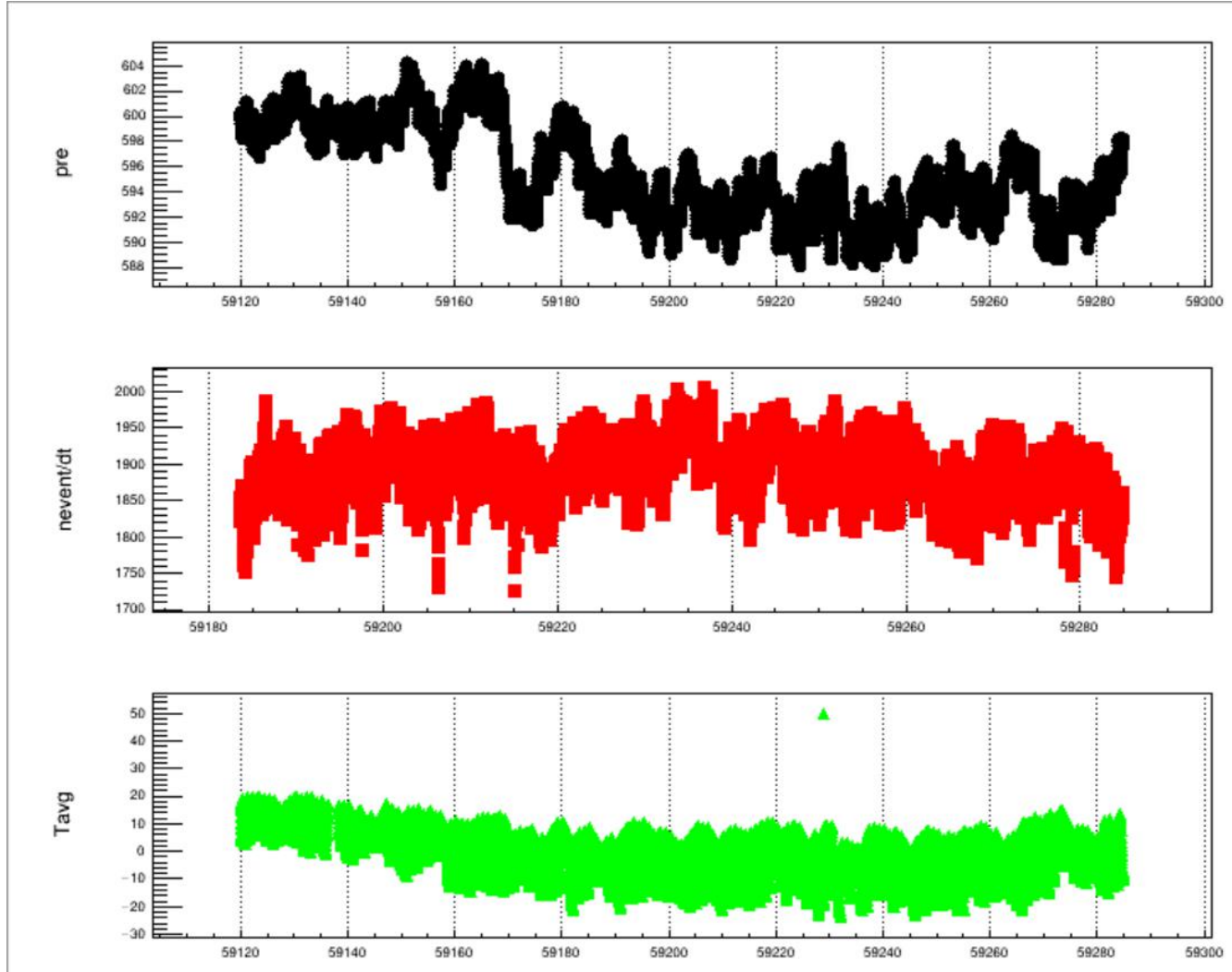
图十四：其他探测指标的天效应。所用数据为mjd59120-59285（2020-2021年非雨季）



# 触发计数率与温度、气压的长期变化

- 59120-59285
- 气压、计数率、温度
- 温度数据有一个明显不正常，予以剔除，其他数据均保留

图十五：所用到的气压、计数率、温度数据



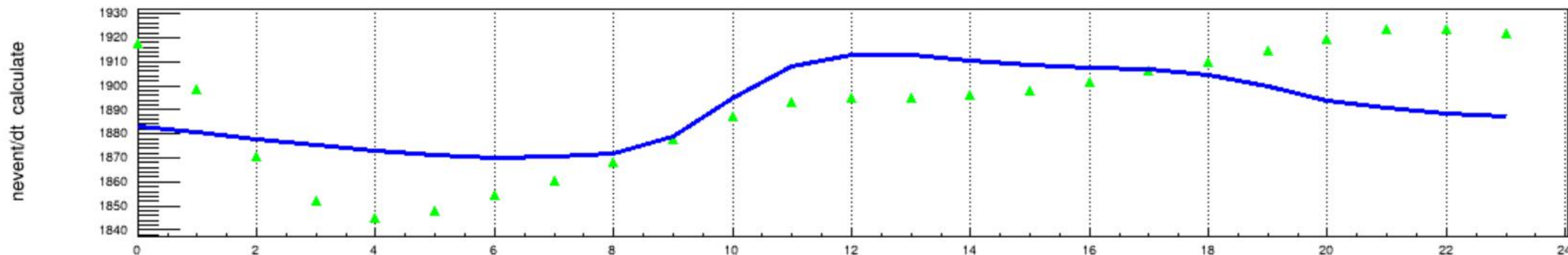
# 计数率与温度、气压的相关分析

- 线性回归:  $y = m_1 * P + m_2 * T + b$

- 拟合结果:
 

m2	m1	b
2.11965303	5.205587806	-1197.015321

- 判定系数  $r^2 = 0.365$  (y计算值与实际值只有弱相关性)



图十六: 计数率实际值 (绿) 与计算值 (蓝) 对比



## 小结

- 下雨明显影响KM2A的触发率升高及数据平均参量的变化，这是雨致辐射引起。下步将研究下雨对不同能量事例的影响。
- 研究了非雨期不同参量的天变化规律，不同变量存在明显天效应变化，但是与气压或温度效应变化规律明显不同，下一步将深入研究其变化原因。

# 谢谢各位

# 参考文献

- [1]Rain rate and radon daughters' activity. Carlo Bottardi .etc. Atmospheric Environment 238 (2020) 117728
- [2]Rain-Induced Increase in Background Radiation Detected by Radiation Portal Monitors. RJ Livesay .etc. Journal of Environmental Radioactivity. Volume 137, November 2014, Pages 137-141