



中国通量观测研究联盟  
ChinaFLUX

**LI-COR**

# CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O和CH<sub>4</sub>分析仪设计、工作原理及日常安装使用维护





# 主要内容



中国通量观测研究联盟

ChinaFLUX

## 1 红外气体分析仪测量CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O浓度基本原理

- 开路式CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O气体分析仪简介
- 闭路式CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O气体分析仪简介

## 2 CH<sub>4</sub>激光分析仪测量原理简介

## 3 气体分析仪日常安装使用维护

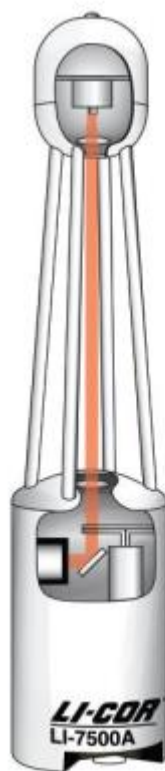


LI-COR

# 1 红外气体分析仪测量CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O浓度基本原理

## 测量原理

- 朗伯比尔定律
- 非色散红外光谱法
- CO<sub>2</sub>和H<sub>2</sub>O不同吸收峰
- 计算红外线衰减程度得到浓度



$$[\text{CO}_2] \sim \alpha \sim f(e, L, c)$$

其中：

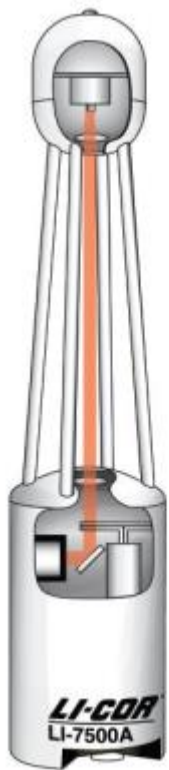
$\alpha$ : 吸收率

$e$ : CO<sub>2</sub> 摩尔吸收率

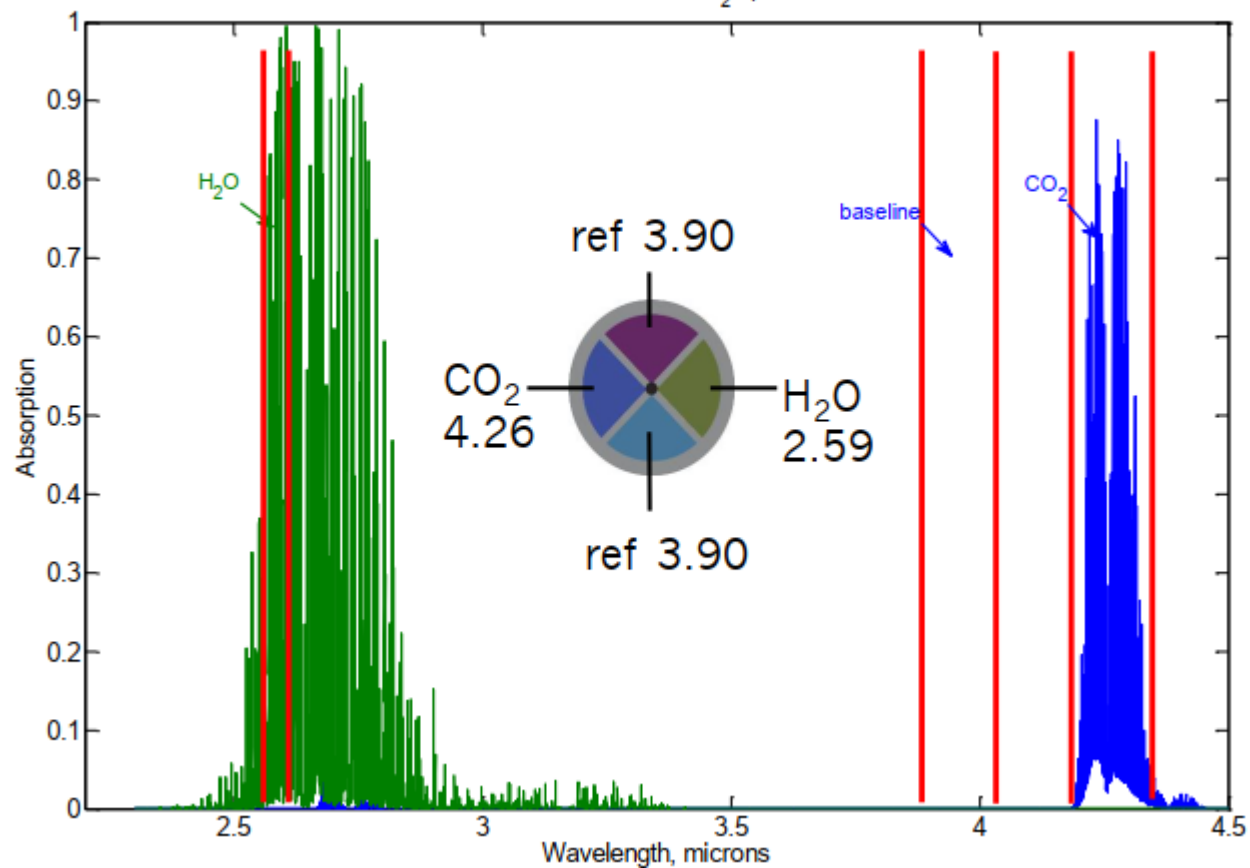
$c$ : CO<sub>2</sub>密度

$$\text{密度} = f \left( \frac{I_0 - I}{I_0} \right)$$

# 1 红外气体分析仪测量CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O浓度基本原理



HITRAN simulation of water and CO<sub>2</sub> spectra in mid-infrared



$$\alpha_i = \left(1 - \frac{A_i}{A_{i0}}\right)$$

$A_i$ : 在吸收波段检测到的信号强度

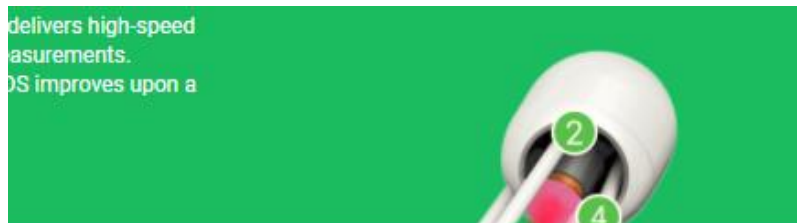
$A_{i0}$ : 在非吸收波段检测到的信号强度



# 1 红外气体分析仪测量CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O浓度基本原理



中国通量观测研究联盟  
ChinaFLUX



- 1 空气温度传感器和气体测量同位点
- 2 恒温检测器组件，测量准确、可靠
- 3 精确的光学组件，适用于各种环境
- 4 蓝宝石镜面，坚固耐磨，益于清洁。
- 5 无刷电机，保证了仪器长期耐用。



## 2 开路式气体分析仪简介



LI-7500系列开路CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O分析仪

- 广泛应用于全球涡度协方差碳通量监测领域，全球90%以上的碳通量观测网络（FLUXNET）选用了该分析仪。
- 20年前安装的一些分析仪还在野外正常工作。



## 开路式分析仪特点：

- 高频响应：响应频率可达40Hz
- 高精度度：RMS 0.11ppm CO<sub>2</sub>, 0.0047 ppt H<sub>2</sub>O, @10Hz
- 无需泵，安装、拆卸、移动方便
- 无抽气管路带来的时滞、CO<sub>2</sub>和H<sub>2</sub>O的损失
- 稳定性高，适用于各种环境

闭路式分析仪特点：

- 需用泵将气体抽到检测室
- 浓雾环境，仍有较高的有效数据
- 不需WPL修正
- 高频损失
- 耗电高、清洁、维护成本高
- 雨天也可测得CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O，但此时超声测量已不可靠



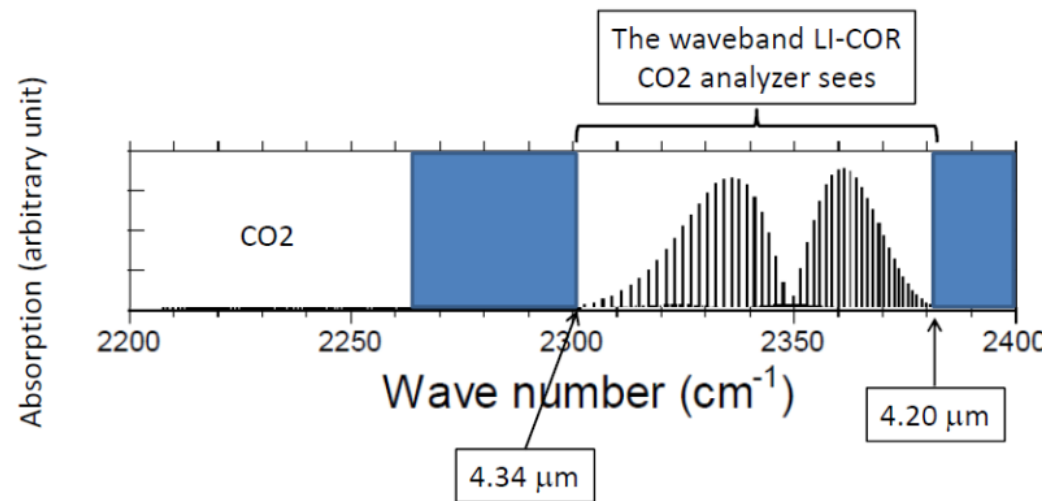
LI-7200闭路式CO<sub>2</sub>\H<sub>2</sub>O分析仪



## 2 CH<sub>4</sub>激光分析仪测量原理简介



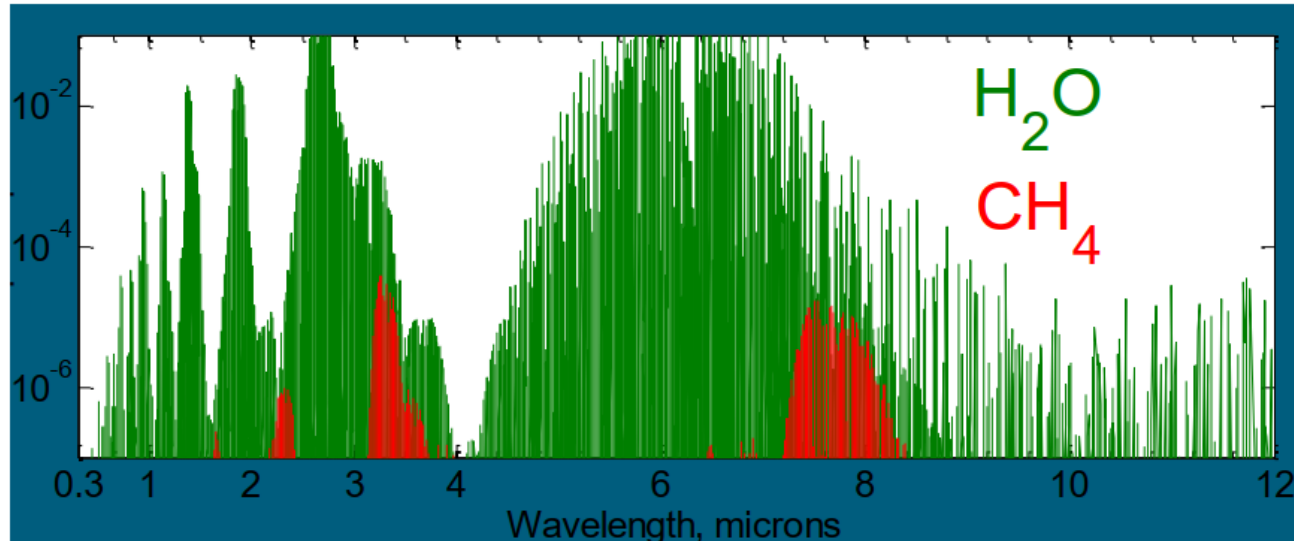
- 0.1 m 路径长度
- 1个标准大气压
- 25°C
- 400ppm CO<sub>2</sub>
- 吸收率  $\frac{I_0 - I}{I_0} = 0.1$



CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O 红外分析仪与 CH<sub>4</sub> 激光分析仪比较

- 吸收峰宽
- 吸收率高

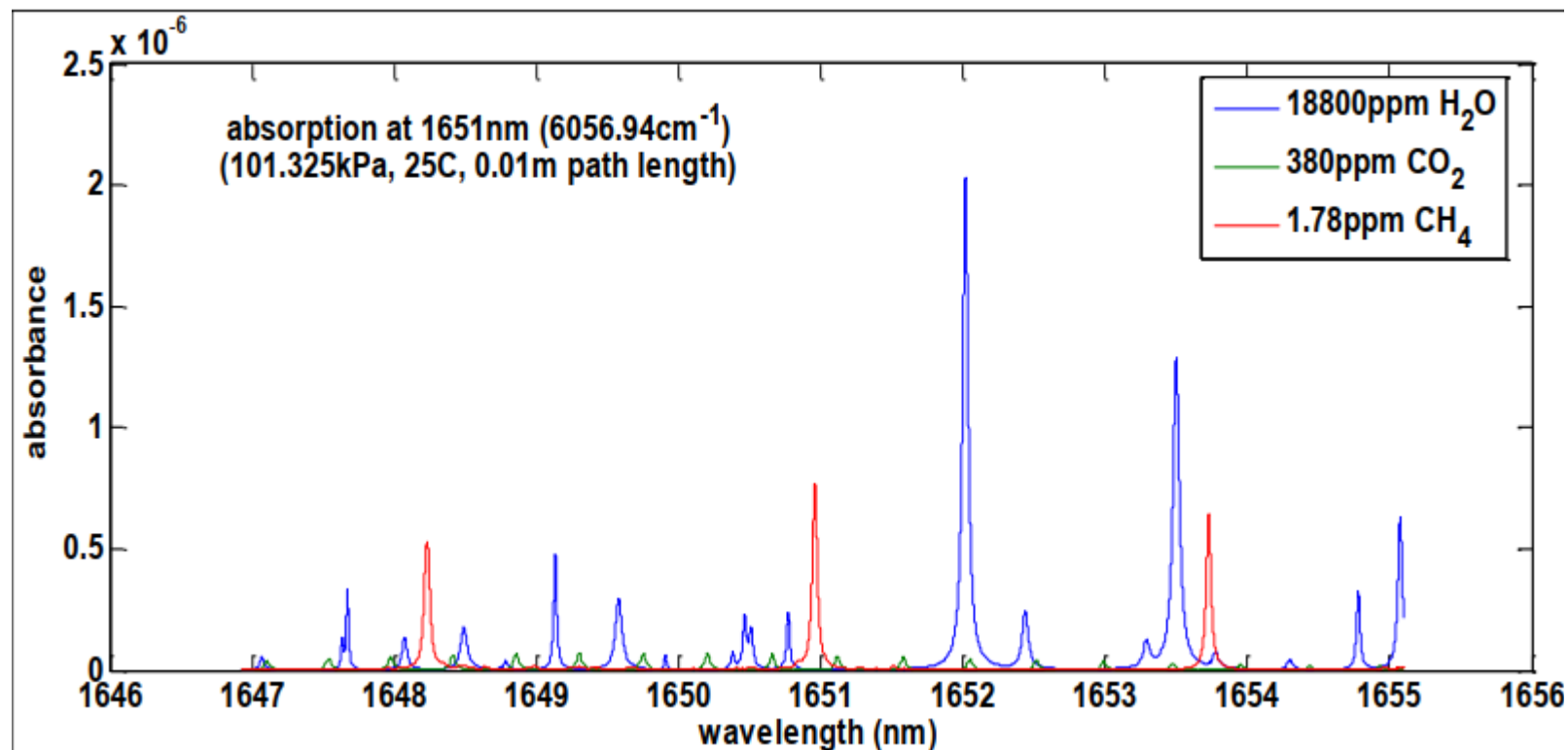
## 2 CH<sub>4</sub>激光分析仪测量原理简介



CH<sub>4</sub>激光分析仪与CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O红外分析仪比较

- CH<sub>4</sub>特点：痕量气体
- 吸收率低10<sup>-6</sup>
- 长波长波段CH<sub>4</sub>激光仪需要液氮冷却

## 2 CH<sub>4</sub>激光分析仪测量原理简介



0.1m 光路长度

1个标准大气压

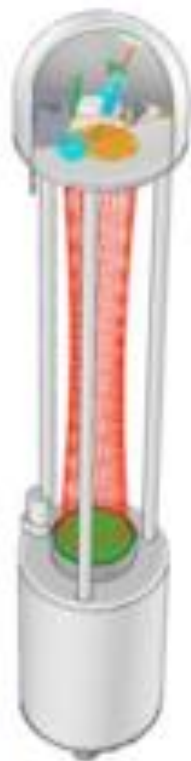
25°C

1.78 ppm CH<sub>4</sub>,

吸收率:  $1.0 \times 10^{-5}$

LI-7700测量波段: 1651 nm

## 2 CH<sub>4</sub>激光分析仪测量原理简介

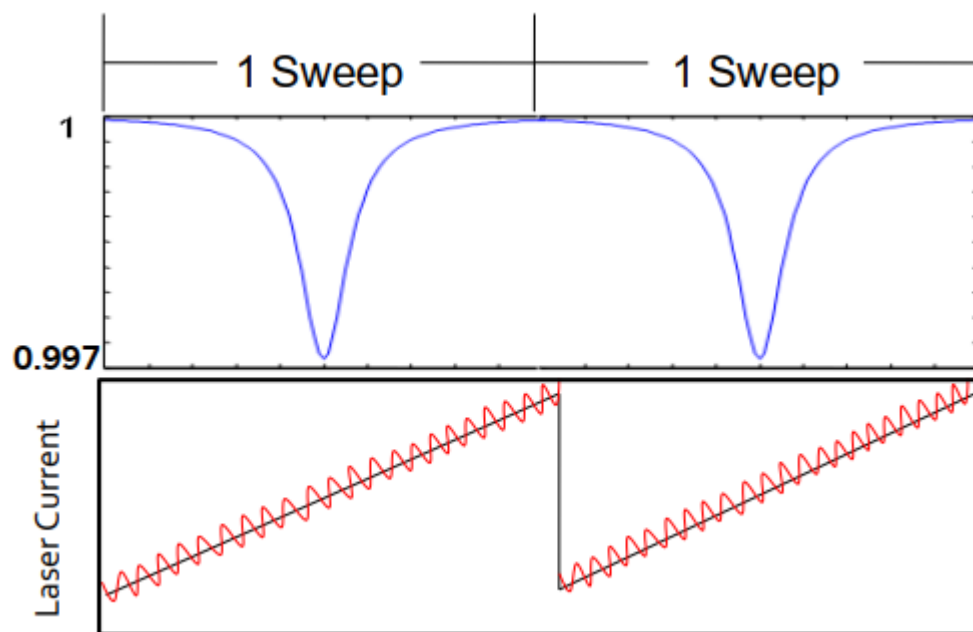


### 测量原理:

- 激光测量
- 发射激光, 0.5m光程, 60次镜面反射
- 检测吸收峰波段激光信号的衰减, 计算得到 CH<sub>4</sub>浓度

30m 光路长度, 1个标准大气压, 25°C, 1.78 ppm CH<sub>4</sub>,  
吸收率:  $3.0 \times 10^{-3}$

### 波长调制光谱技术(WMS)

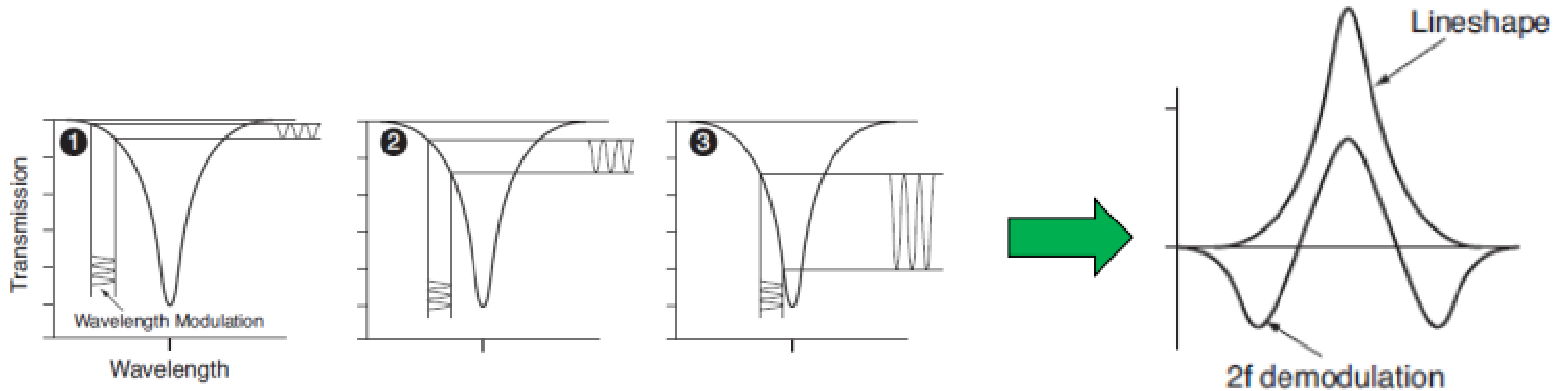


### 波长调制光谱技术(WMS)

对特定吸收线进行激光波长连续扫描，信号经过放大后被调制频率谐波检出。再经过高频条件下编码和检测信号，极大地提高信噪比，噪音水平大幅降低。



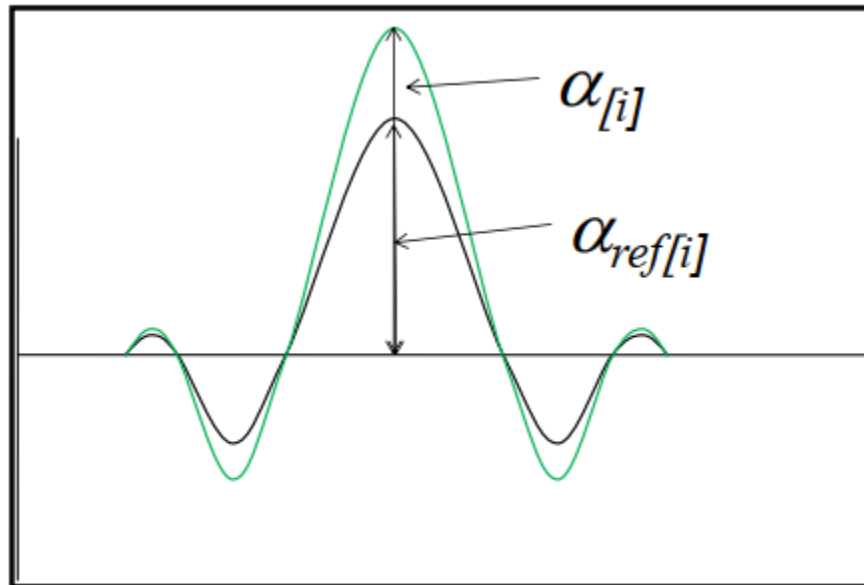
## 2 CH<sub>4</sub>激光分析仪测量原理简介



波长调制光谱技术(WMS): 波长被调制, 同时扫过基线。二阶导数解调, 避免了环境噪音的影响。

## 2 CH<sub>4</sub>激光分析仪测量原理简介

转换成CH<sub>4</sub>浓度



$$\rho_{cm} = K_s \left( \sum_{i=1}^M \hat{\alpha}_{[i]} \alpha_{ref}[i] - K_z \right)$$

Black = reference  
Green = measured signal

通过测量信号与参比信号的关系，得到CH<sub>4</sub>浓度

WMS is insensitive to baseline laser power because we detect the second derivative of the signal

## 2 CH<sub>4</sub>激光分析仪测量原理简介



- 全球唯一一款开路式CH<sub>4</sub>分析仪
- RMS: 5ppb@10HZ (2ppm)
- 最高输出频率40HZ
- 功耗8W左右, 适宜于太阳能供电
- 自清洁装置, 减少野外维护

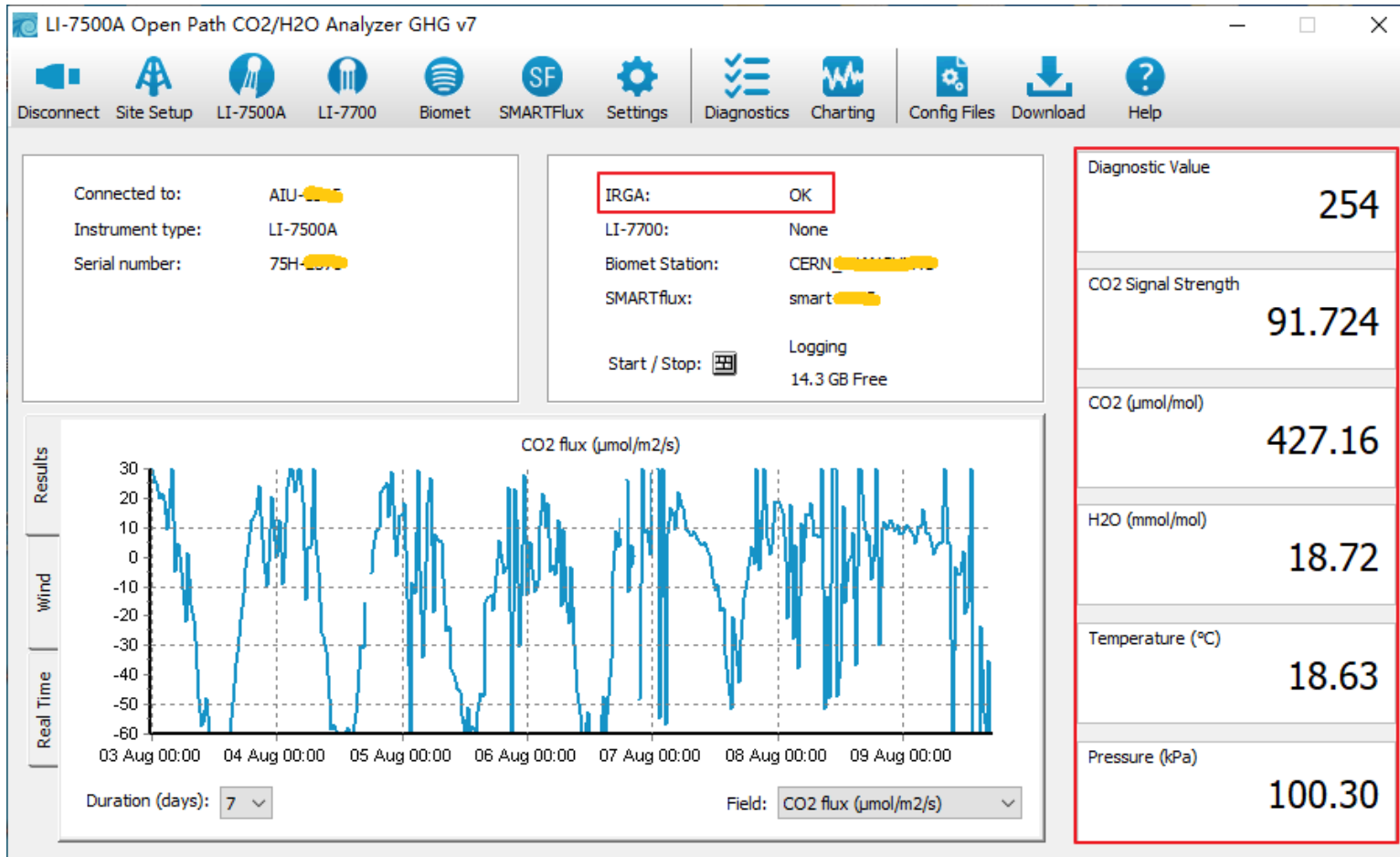
LI-7700开路式CH<sub>4</sub>通量分析仪



# 3 气体分析仪日常安装使用维护



中国通量观测研究联盟  
ChinaFLUX



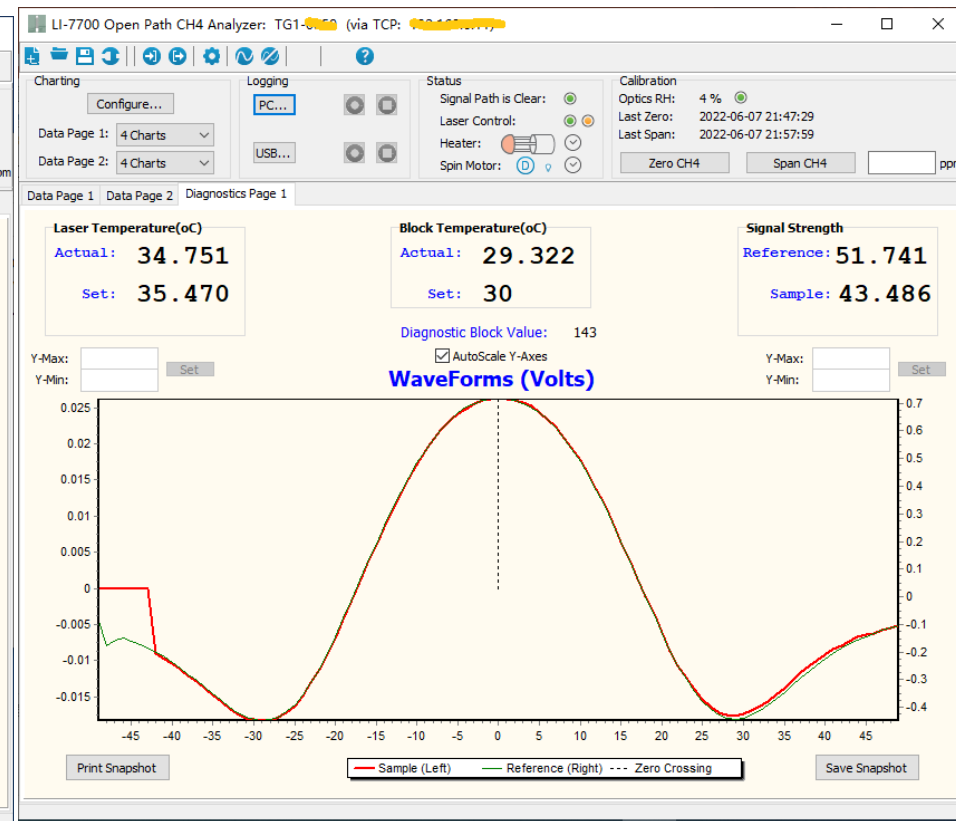
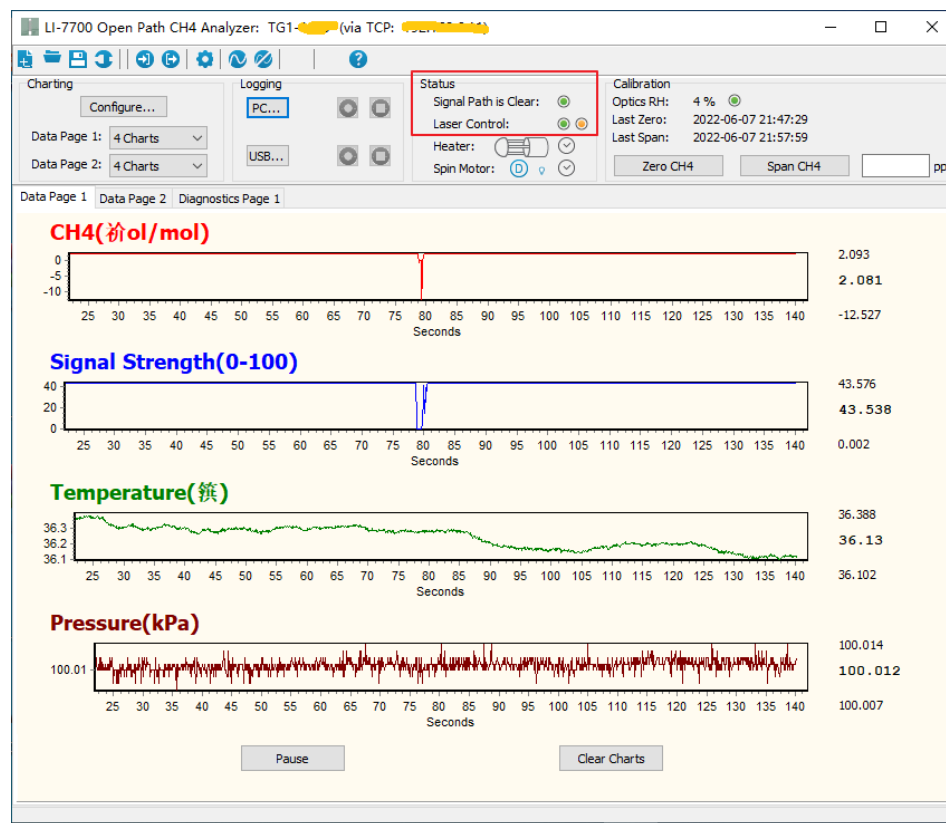
## LI-7500气体分析仪状态判断

- 合理值范围（如下表）
- IRGA: OK正常
- **Diagnostic Value**: 应为240-255之间，如果低于200，则仪器硬件故障
- **CO<sub>2</sub> signal strength**: <70, 需要对分析仪上下镜面进行清洁。

CO <sub>2</sub>	200-900 μmol/mol, 典型400
H <sub>2</sub> O	0-40 mmol/mol
Temperature, Pressure	和实际温度压力比较，是否正常

## LI-7700气体分析仪状态判断

- 测量值合理
- 状态正常
- 波形正常

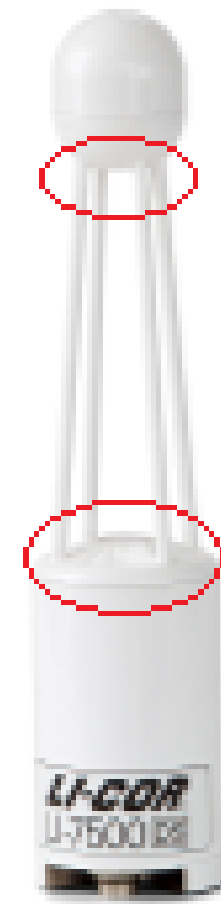


CH4	0.17-1000 μmol/mol, 一般2左右
Temperature, Pressure	和实际温度压力比较, 是否正常



### LI-7500气体分析仪日常维护

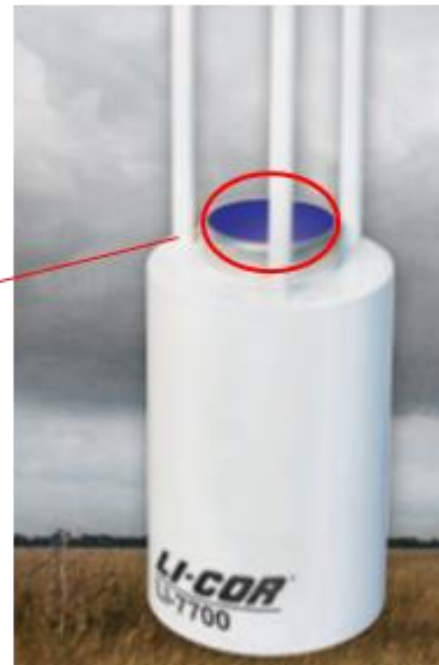
- CO<sub>2</sub> Signal Strength小于70，对于上下镜面进行清洁
- LI-7500 系列分析器上下镜面为蓝宝石材质，抗划耐磨，可使用不起毛软布蘸中性清洁剂或玻璃清洁剂清洁
- 保证机箱密封性
- 使用胶泥密封穿线孔，避免雨水、昆虫等进入。
- 机箱都是严格密封的，会有一层密封圈，有效起到防雨作用。在操作过程中，不要破坏密封圈（例如，开锁过程中，对于机箱造成的形变）



### 3 气体分析仪日常安装使用维护

#### LI-7700气体分析仪日常维护

- CH4 Signal Strength(RSSI):  $<30$ , 需要对分析仪上下镜面进行清洁。
- 镜面本身是极端抗摩擦的, 但应避免对其施加过大、过频的压力。如果镜面上有灰尘, 可以用一块柔软干净润湿的眼镜布对其表面进行擦拭。如果镜面上存在粘性物质, 例如花粉、等, 可以用温和的肥皂水或是玻璃清洁剂来清洗。
- 水箱中应是标准的挡风玻璃清洗液。此外, 包含甲醇、异丙醇的清洗液也是适合的。应避免使用包含强力溶剂(如丙醇)的清洗液对镜面进行清洁。一般的原则是, 如果清洗液可用于汽车玻璃的清洁, 这种清洗液就可用于LI-7700 镜面的清洁。
- 水箱中的清洁液如果在冬季应选择耐低温的挡风玻璃清洗液。



# 感谢各位老师的聆听

Thank you for listening



中国通量观测研究联盟

ChinaFLUX



- 北京力高泰科技有限公司      电话：010-64093960
- 传真：010-66001652      邮编：100035
- 电子邮件：[hongming@ecotek.com.cn](mailto:hongming@ecotek.com.cn)
- 地址：北京市西城区西直门南大街2号成铭大厦A座22F