



中国通量观测研究联盟
ChinaFLUX

LI-COR

CO₂/H₂O和CH₄分析仪设计和工作原理





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_2 、 H_2O 浓度基本原理
- 2 开路式 CO_2 、 H_2O 气体分析仪简介
- 3 闭路式 CO_2 、 H_2O 气体分析仪简介
- 4 CH_4 激光分析仪测量原理简介

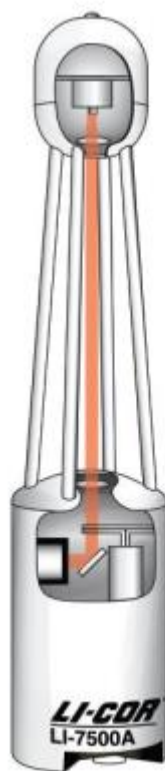


LI-COR®

1 红外气体分析仪测量CO₂、H₂O浓度基本原理

测量原理

- 朗伯比尔定律
- 非色散红外光谱法
- CO₂和H₂O不同吸收峰
- 计算红外线衰减程度得到浓度



$$[CO_2] \sim \alpha \sim f(e, L, c)$$

其中：

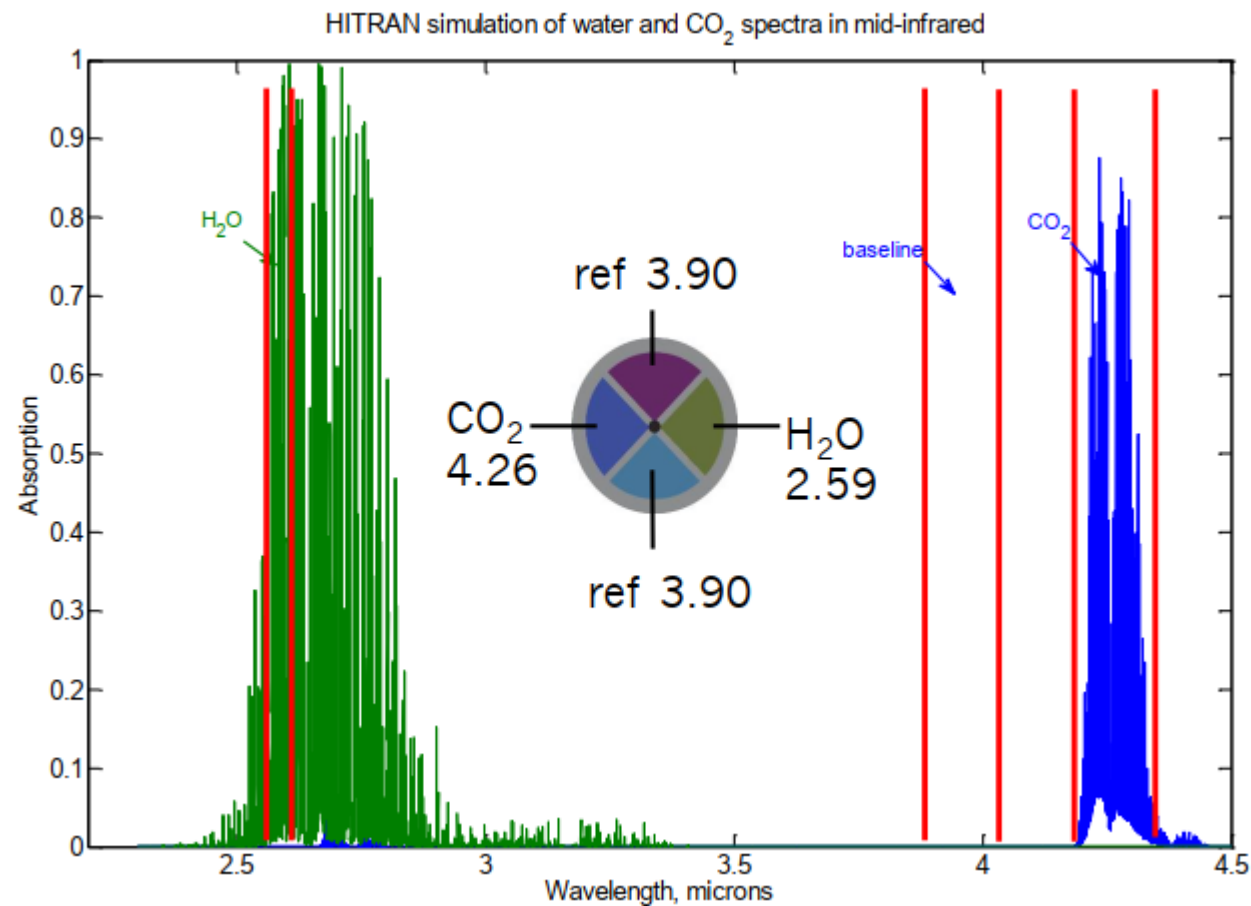
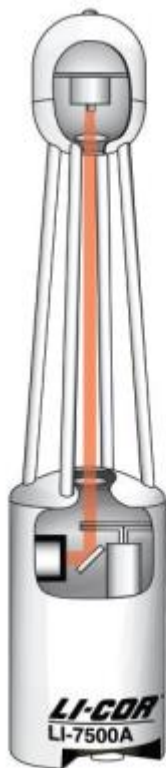
α : 吸收率

e : CO₂ 摩尔吸收率

c : CO₂密度

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

1 红外气体分析仪测量CO₂、H₂O浓度基本原理



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

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CO₂、H₂O浓度基本原理



- 1 空气温度的测量与光路同时，同位点
- 2 独特的工艺设计，温控光学器件和检测器保证了测量准确性。即使温度波动很大，也不受影响。
- 3 精确的光学组件，使其对于污染有很大的耐受性。即使在污染的工业环境中，也能保持优异的表现。
- 4 蓝宝石镜面，坚固耐磨，在野外清洁方便。
- 5 电机性能优异，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CO₂、H₂O分析仪

开路式CO₂/H₂O气体分析仪LI-7500系列已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。
一些早期安装的（1999年）的分析仪在野外一直正常运行。

2 开路式气体分析仪简介



开路式分析仪特点：

- 高频响应：响应频率可达40Hz
- 高精度：RMS 0.11ppm CO₂, 0.0047 ppt H₂O, 10Hz测量频率
- 不需要用抽气，安装、拆卸、移动方便
- 没有由于抽气管路造成的时滞、CO₂和H₂O的衰减
- 稳定性高，适于应用于艰难的环境
- 严重的光路阻挡，会影响测量值的有效性，因此在高强度降雨、浓雾的环境下，数据有效性降低

3 闭路式气体分析仪简介

闭路式分析仪特点：

- 通过泵将气体抽到分析仪进行测量
- 在强降雨、浓雾的环境下，仍有很高的数据有效性
- 不需WPL修正

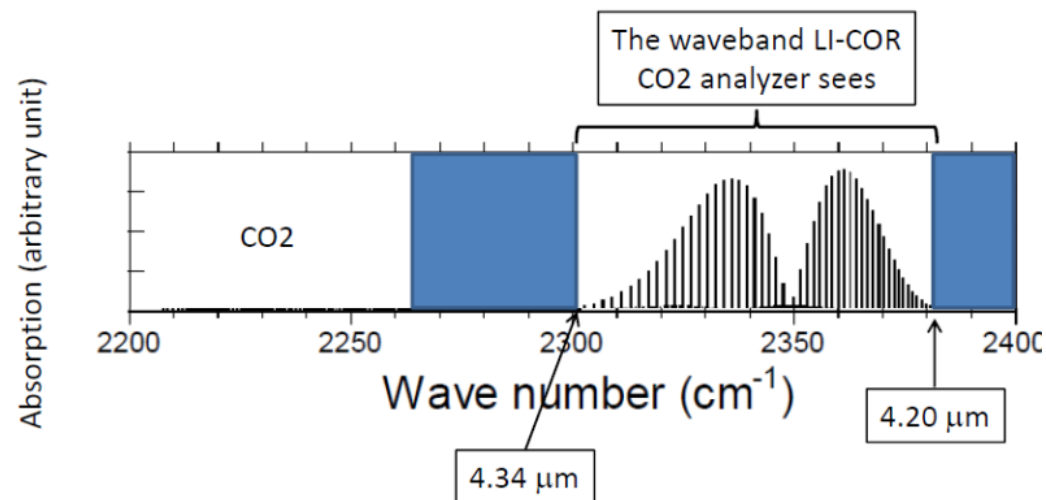


LI-7200闭路式CO₂/H₂O分析仪

4 CH₄激光分析仪测量原理简介



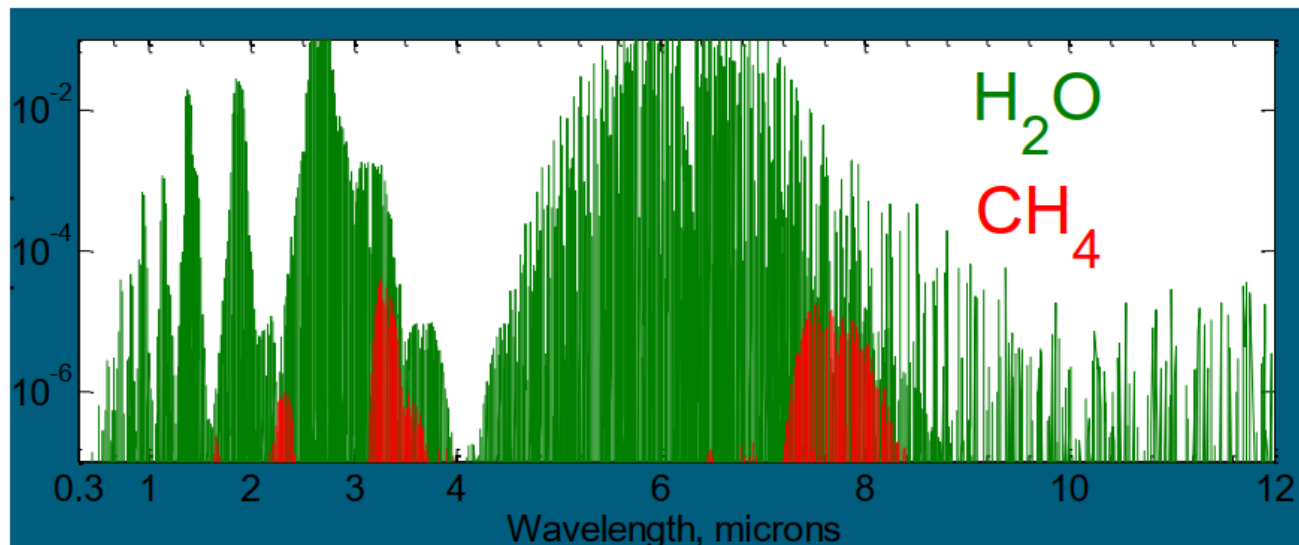
- 0.1 m 路径长度
- 1个标准大气压
- 25°C
- 吸收率 $\frac{I_0 - I}{I_0} = 0.1$



CO₂、H₂O 红外分析仪与 CH₄ 激光分析仪比较

- 吸收峰宽
- 吸收率高

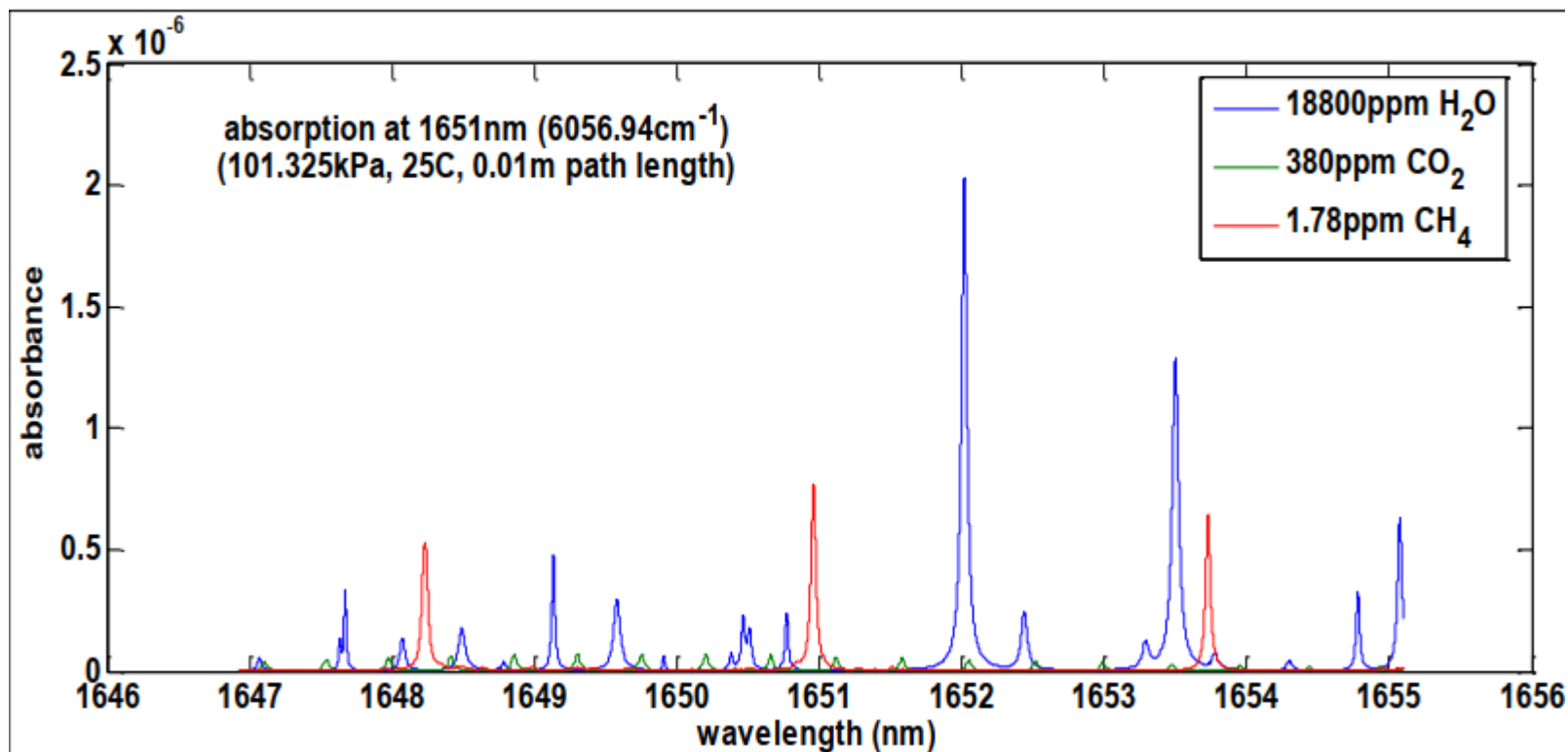
4 CH₄激光分析仪测量原理简介



CH₄激光分析仪与CO₂、H₂O红外分析仪比较

- CH₄特点：痕量气体
- 吸收率低10⁻⁶
- 长波长波段CH₄激光仪需要液氮冷却

4 CH₄激光分析仪测量原理简介



0.1m 光路长度

1个标准大气压

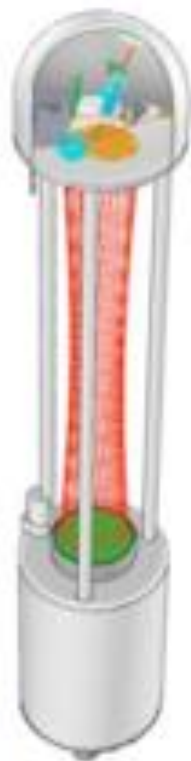
25°C

1.78 ppm CH₄,

吸收率: 1.0×10^{-5}

LI-7700测量波段: 1651 nm

4 CH₄激光分析仪测量原理简介



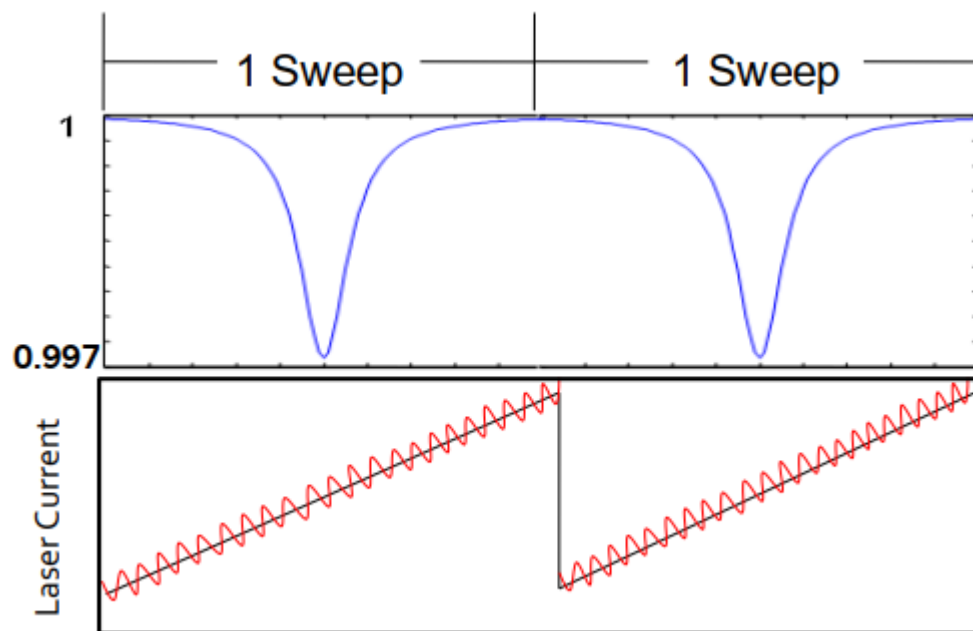
测量原理:

- 激光测量
- 发射激光，经60次镜面反射
- 检测吸收峰波段激光信号的衰减，计算得到CH₄浓度

30m 光路长度，1个标准大气压， 25℃， 1.78 ppm CH₄，
吸收率： 3.0×10^{-3}

4 CH₄激光分析仪测量原理简介

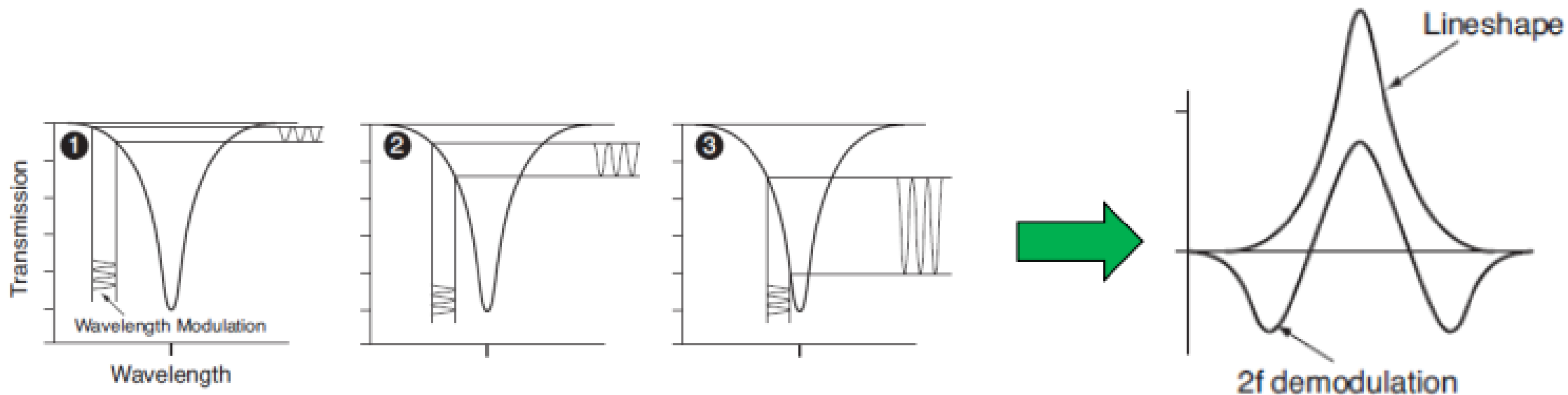
波长调制光谱技术(WMS)



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。

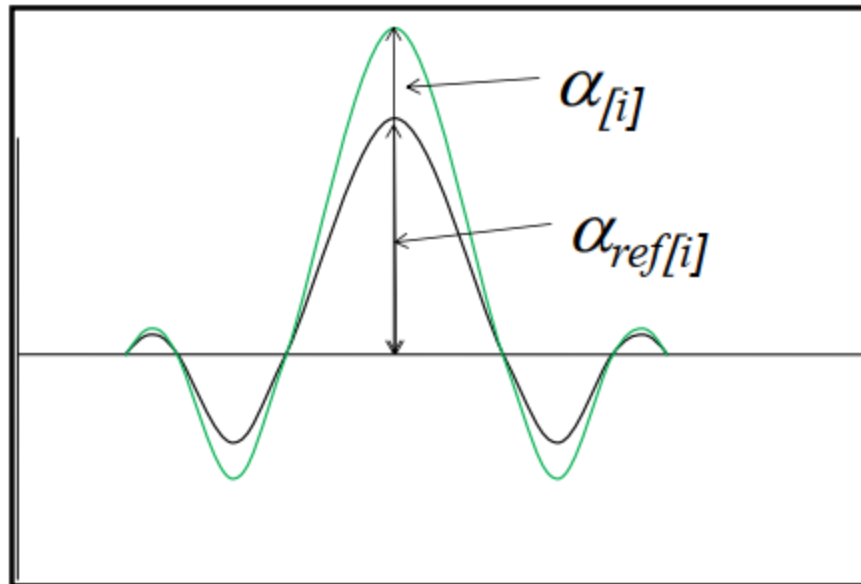
4 CH₄激光分析仪测量原理简介



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。

4 CH₄激光分析仪测量原理简介

转换成CH₄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CH₄浓度

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

4 CH₄激光分析仪测量原理简介



- 全球唯一一款开路测量CH₄的产品
- RMS为5ppb@10HZ (2ppm)
- 最高输出频率40HZ
- 功耗8W左右, 适宜野外布设
- 自清洁装置, 减少野外维护次数

LI-7700开路式CH₄通量分析仪

感谢各位老师的聆听

Thank you for listening



- 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
- 地址：北京市西城区西直门南大街2号成铭大厦A座22F