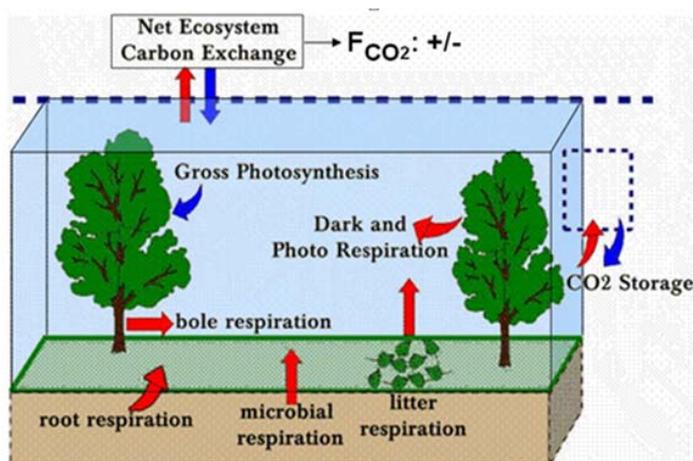


土壤剖面 CO₂ 梯度监测系统

土壤表层 CO₂ 通量研究很多，但这些监测并不足以解释土壤 CO₂ 生产过程，土壤剖面 CO₂ 垂直梯度研究越来越成为土壤呼吸乃至生态系统碳循环研究的热点。土壤不同层面（深度）CO₂ 生产的持续监测对于理解土壤 CO₂ 动态极为重要，可以阐明由土壤到大气 CO₂ 通量随季节、光照、温度、湿度及土壤特性的变化特征。



土壤垂直梯度 CO₂ 监测可以与广泛使用的涡动相关监测比较，从而定量研究分析生态系统的碳交换。

目前土壤梯度有 2 种方法：

1、把 CO₂ 传感器直接埋入土壤. 分梯度监测各层浓度分布，

使用简单，有 2 种精度的传感器可选择，

GMP343 和 GMP22X 系列：



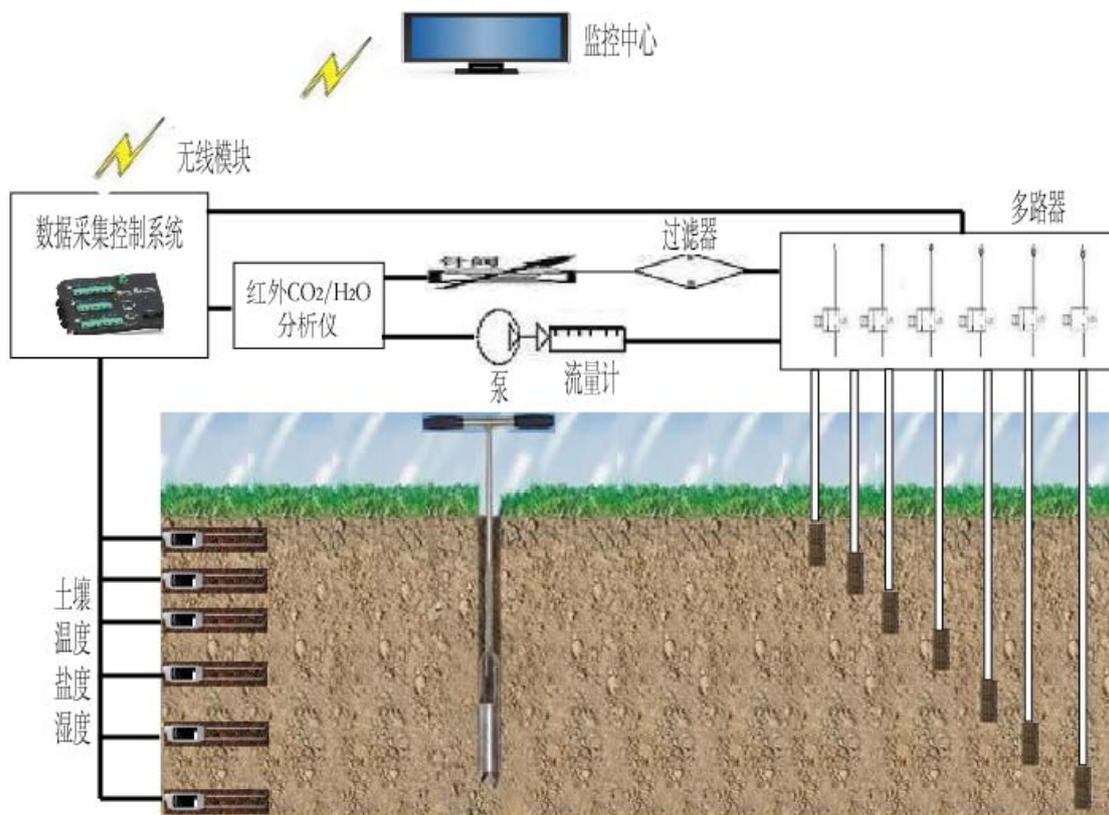
	GMP343	GMP22X
测量方法:	扩散式和泵吸式	扩散式和泵吸式
测量范围:	0 ... 1000 ppm, 0 ... 2 000 ppm 0 ... 3000 ppm, 0 ... 4000 ppm 0 ... 5000 ppm, 0 ... 2 %	GMP221 探头 0 ... 2 %, 0 ... 3 %, 0 ... 5 %, 0 ... 10%, 0 ... 20 % CO ₂ GMP222 探头 0 ... 2000 ppm, 0 ... 3000 ppm, 0 ... 5000 ppm, 0 ... 7 000ppm, 0 ... 10000 ppm CO ₂

精度:	0 ... 1000 ppm : $\pm (3 \text{ ppm} + 1\% \text{ 的读数})$ 0 ... 2000 - 0 ... 2% : $\pm (5 \text{ ppm} + 2\% \text{ 的读数})$	$\pm (1.5\% \text{ 量程} + 2.0\% \text{ 读数})$
工作温度:	-40~60° C	-20~60° C (探头)
工作湿度:	0~100%	0~100%
外壳:	电镀铝, PC 塑料 IP66/IP67	PC 塑料 IP66/IP67

2、使用红外分析仪在线多层分析土壤浓度数据.

系统优点:

- 使用一个分析仪分析多层数据, 没有系统误差
- 可以更换其他测量要素分析仪, 如果: N_2O , CH_4 等梯度测量内容, 更灵活的实验.
- 精度高, 使用维护简单. 整机比土壤呼吸系统简洁方便使用.



CO₂/H₂O 分析仪

技术指标

		CO ₂ 分析器	H ₂ O 分析器
量程		0~20,000 μmol/mol	0~60 mmol/mol
准确度		优于读数的 1%	优于读数的 1.5 %
校准漂移	零点漂移	<0.15 μmol/mol/°C	<0.003 mmol/mol/°C
	跨度漂移	<0.03 %/°C	<0.03 %/°C @ 10 mmol/mol
	总漂移	<0.4 μmol/mol/°C @ 370 μmol/mol	<0.009 mmol/mol/°C @ 10 mmol/mol
RMS 噪声	1 s 信号过滤	<1 μmol/mol@370 μmol/mol	<0.01 mmol/mol@10 mmol/mol
灵敏度	CO ₂	---	<0.0001 mmol/mol H ₂ O/ μmol/mol CO ₂
	H ₂ O	<0.1 μmol/mol CO ₂ / m mol/mol H ₂ O	---
测量原理	非色散红外分析	光源寿命	~18,000 h
标准	CO ₂	世界气象组织标准	电源 12~30 V DC
	H ₂ O	LI-610 便携式露点发生器 NIST 标准	
压力补偿范围	15~115 kPa	工作温度范围	-20~45°C
最大气流速率	1 L/min	相对湿度范围	0~95% (非冷凝)
输出信号	2 个模拟电压输出, 2 个电流输出	体积	22.2 L×15.3 W×7.6 H cm
	数字输出: TTL (0~5 V) 或开集电路	重量	1 kg
内部光腔体积	14.5mL	电源要求	12~30 V DC, 预热时为 14 W, 稳定时为 3.6W

根据菲克第一定律(Fick's first law), 在(稳态扩散的情况下)单位时间内通过垂直于扩散方向的单位截面积的扩散物质流量(称为**扩散通量** Diffusion flux, 用 J 表示)与该截面处的**浓度梯度**(Concentration gradient)成正比。土壤剖面 CO₂ 通量 (μmol CO₂ m⁻²s⁻¹) 即根据该定律求出, 具体计算公式为:

$$J = -D(dC/dx)$$

其中 D 为 CO₂ 在土壤中的扩散系数(单位为 m²/s, 与土壤温度、土壤体积含水量及土壤空隙度有关), C 为深度为 x (单位为 m) 的 CO₂ 浓度, dC/dx 为浓度梯度, “-”号表示扩散方向为浓度梯度的反方向, 即扩散由高浓度区向低浓度区扩散。

系统的特点:

- 非扰动原位持续测量土壤剖面 CO₂、水分、温度（标准配置为 3-8 层可选），可通过菲克第一定律求出土壤 CO₂ 通量（土壤呼吸），从而实现连续稳定原位监测土壤呼吸
- 土壤三参数智能传感器，精确测量土壤水分和温度和盐度
- 透明或非透明土壤呼吸室法（备选）测量表层土壤呼吸，可用于补充、校准或对比分析土壤剖面 CO₂ 梯度测量数据
- 无线数据传输，可随时上网在线浏览、下载数据
- 交流蓄电池供电或太阳能供电

主要技术指标:

1. 土壤水分测量:

- a. 测量范围 0-100% 体积含水量，精确度 ±1%，重复精度 ±0.2%；
- b. 土壤温度测量范围：-40℃ ~ 70℃，测量精度：±0.2℃

2. 土壤 CO₂ 测量: 非色散单束双波长红外技术(NDIR), 测量范围 0-5000ppm、0-7000ppm、0-10000ppm、0-20000 可选，精度 ±1.5%，响应时间 3 秒；

3. 标配 16 通道数据采集器（可选配 32 通道以监测 3 层以上的 CO₂ 浓度、土壤水分及土壤温度等）:

- a. 可存储 220000 组带时间戳的数据，16 比特分辨率，± 20 mV up to ± 2.5 V 8 范围输入，精确度 0.03%；
- b. 测量间隔 3 秒至 4 小时可调，数据平均间隔 3 秒至 4 小时；

4. 无线数据传输，通过软件终端浏览、下载数据，并可对数据进行统计分析



Units BattV=Volts : Units PTemp=Deg C : Units AM2Temp=Deg C
 Units Soil_M=4
 Units Soil_co2=ppm
 D A T A TABLES
30 MIN

DataTable(SoilHalf,True,-1)
 DataInterval(0,15,Min,10)
 CardOut (0,-1)
 Sample (12,Soil_T(1),IEEE4)
 Sample (12,Soil_M(1),IEEE4)
 Sample (12,Soil_co2(1),IEEE4)
 Minimum (1,连接界面:CR1000 (CR1000))
 Average (1,
 Average (1,
 EndTable
 DataTable(SoilDay)
 DataInterval (6
 CardOut (6
 Maximum (3
 Minimum (3
 Maximum (3
 Minimum (3

CR1000 Numeric Display 1:实时监控(已连接)

RecNum	1	PTemp	34.38
TimeStamp	8-13 16:03:29	AM25Temp	33.63
BattV	12.65	Public.PTemp	34.38
Soil_T(1)	24.37	Soil_M(1)	0.16
Soil_T(2)	22.02	Soil_M(2)	0.16
Soil_T(3)	22.47	Soil_M(3)	0.30
Soil_T(4)	23.21	Soil_M(4)	0.13
Soil_T(5)	21.68	Soil_M(5)	0.16
Soil_T(6)	22.32	Soil_M(6)	0.33
Soil_T(7)	23.41	Soil_M(7)	0.31
Soil_T(8)	20.21	Soil_M(8)	0.38

Soil_co2(1) 2,640.23
 Soil_co2(2) 5,108.71
 Soil_co2(3) 8,099.26
 Soil_co2(4) 2,811.32
 Soil_co2(5) 5,320.52
 Soil_co2(6) 9,943.14
 Soil_co2(7) 9,025.95
 Soil_co2(8) 8,400.01