目录

第一章 LI-6800 简介 1
1.1 气体交换系统 2
1.2 荧光测定系统 3
1.3 系统硬件组成介绍 4
1.3.1 主机（LI-6860） 4
1.3.2 分析器头部（LI-6850） 5
1.3.3 电缆连接线组件（9968-092） 7
1.3.4 配件 7
第二章 组装 LI-6800 10
2.1 仪器的准备 10
2.1.1 CO_2 注入系统 10
2.1.2 化学药品管 11
2.1.3 安装 LI-190R 光合有效辐射传感器 13
2.1.4 连接电缆线 14
2.2 使用三脚架、单脚架、云台以及背带 14
2.3 LI-6800 的供电 18
2.4 LI-6800 的闲置存放 19
第三章 操作界面导向 （请见实验手册） 21
第四章 学习使用 LI-6800 22
4.1 开机检查 22
4.2 匹配分析器 22
4.2.1 为什么要进行匹配？ 22
4.2.2 什么时候进行匹配？ 23
4.2.3 匹配界面 23
4.2.4 自动匹配模式 24
4.2.5 手动匹配模式 24
4.2.6 什么情况下有可能出错？ 25
4.2.7 匹配失败故障排除 25
4.3 夹上叶片 25
4.4 多种测量举例 27
4.4.1 调查式测量 27
4.4.2 手动做响应曲线（以 CO_2 响应曲线为例） 28
4.4.3 CO_2 响应曲线（自动） 29
4.4.4 光响应曲线 30
4.4.5 荧光实验 33
4.4.6 荧光和气体交换实验 42
4.5 实验测量技巧 43

4.6 记录数据的管理..... 44
4.6.1 文件和目录..... 44
4.6.2 在主机中查看记录数据..... 44
4.7 向电脑传输文件..... 45
4.7.1 Windows 操作系统..... 45
4.7.2 WinSCP 方式..... 46
4.7.3 Mac 操作系统..... 47
4.7.4 Fetch FTP 方式..... 49
4.8 文件夹 Folders..... 49
4.8.1 logs 文件中包含什么？..... 49
4.8.2 flrevents 文件夹中包含什么？..... 50
4.8.3 配置和图形定义文件..... 52
第五章 故障排除..... 53
2.1.5 更换叶室..... 53
2.1.6 光源..... 54
2.1.7 安装荧光光源..... 56
第六章 故障排除..... 58
6.1 提示消息..... 58
6.1.1 仪器状态信息..... 58
6.1.2 警告信息..... 59
6.2 故障排除..... 60
6.2.1 记录数据时添加的 Remarks 在 Excel 文件中找不到？..... 60
6.2.2 分析器头部的记数按钮不正常工作？..... 60
6.2.3 无法对环境控制进行设置?..... 60
6.2.4 输入了设置值，仪器却无任何反应？..... 60
6.2.5 无法维持 CO_2 设定点的稳定？..... 60
6.2.6 无法达到流速设定点？..... 60
6.2.7 不能保持湿度设定值..... 61
6.2.8 漏气检查失败..... 61
5.2.9 异常结果..... 62
5.2.10 供电问题..... 63
第七章 维护和校准..... 64
7.1 校准..... 64
7.1.1 红外分析器零点 IRGA..... 64
7.1.2 跨度校准..... 68
7.1.3 流量计和叶室气压传感器调零..... 72
7.1.4 诊断..... 72
7.2 进气口空气过滤器维护..... 73

7.3 化学药品管维护 74
7.4 气体分析器维护 74
7.4.1 更换头部过滤器 74
7.4.2 清洁光路 75
7.4.3 化学药品瓶维护 79
7.5 叶室维护 80
7.5.1 泡沫垫圈保养 80
7.5.2 泡沫垫圈更换 80
7.5.3 叶室透明膜更换 80
7.5.4 叶温热电偶维护 81
7.5.5 更换叶室软管 83
7.6 光源维护 85
7.7 光传感器校准信息 85
7.8 软件更新 86

LI-COR®
ecotek
A Gene Group Company

郑重声明：

1. 本手册翻译编辑源于 LI-COR 公司 LI-6800 英文手册，请从以下网址下载原文手册学习：https://www.licor.com/env/support/product?p=6800
2. 鉴于翻译水平有限，此手册仅供初学者参考，本公司不担负任何法律责任，谢谢大家的理解！

第一章 LI-6800 简介

在植物叶片水平的光合作用研究上，LI-6800 的设计就如一套无损伤探针一般，帮助研究者剖析光合作用全过程。LI-6800 可以对光合作用两大过程进行实时同步准确测量。

首先，LI-6800 利用红外气体分析器准确测定叶片同化 CO_2 和释放水汽。通过叶室内 CO_2 和 H_2O 进出叶室的质量平衡法，计算净 CO_2 同化（*A*）和蒸腾作用（*E*），以及其他生理学参数，包括叶片温度，及由此计算得到的一系列重要的植物生理参数，如：气孔导度（*gsw*）和胞间 CO_2 浓度（C_i）等。

其次，LI-6800 还能够测量光系统 II 中叶绿素释放的荧光强度（Φ_F），即使用特定检测器检测到的由低强度调制光源激发光系统 II 产生的荧光强度。荧光强度能够反应植物光合作用光反应过程的信息，包括光系统 II 量子效率（ΦPSII），电子传输速率（*ETR*）及其他过程，例如非化学淬灭 (*NPQ*)等。配备有荧光叶室的 LI-6800 可同时测定同一叶片同一位置上的气体交换参数和叶绿素荧光参数。

综上所述，LI-6800 能够提供完整又实时的植物光合作用光反应和碳反应过程的信息。下图详细介绍了各光合作用参数及其计算。

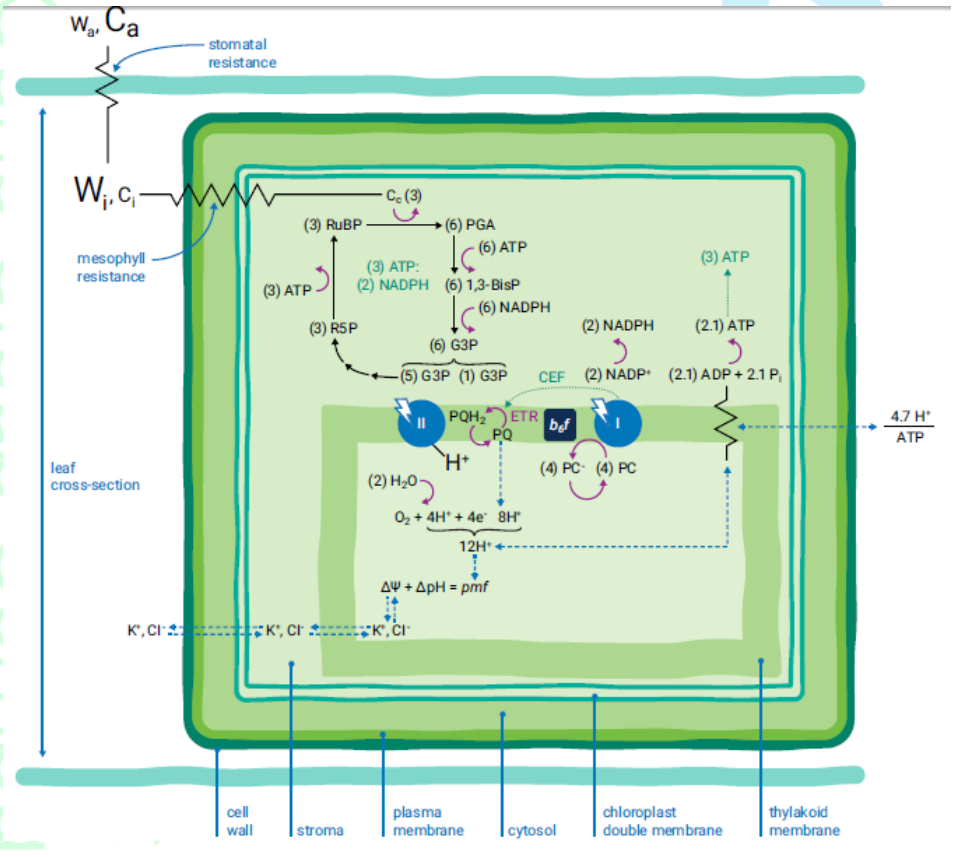
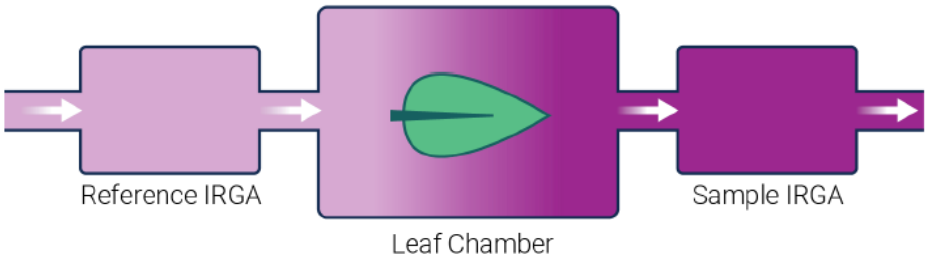


Figure 1. Cross section of a simplified leaf composed of a single cell with a single organelle: the chloroplast. This leaf schematic has many of the biophysical and biochemical photosynthetic processes represented. Resistance symbols (-∧∧-) indicate resistance to diffusion. The relative concentrations of gases are indicated by the size of characters.

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

1.1 气体交换系统

LI-6800 是开路式气体交换系统，即光合作用和蒸腾作用的测定是根据气流进出叶室的 CO_2 和 H_2O 的差值得到的（如下图 1-1）。



$$CO_2\ Assimilation = \frac{Flow \times (Sample\ CO_2 - Reference\ CO_2)}{Leaf\ Area}$$

$$H_2O\ Transpiration = \frac{Flow \times (Sample\ H_2O - Reference\ H_2O)}{Leaf\ Area}$$

Figure 1-1. In an open system, photosynthesis and transpiration are computed from the differences in CO_2 and H_2O between air that is affected by the leaf (sample) and air that is not (reference).

LI-6800 不同于传统光合仪。最主要的不同有：

第一， 气体分析器在头部，紧挨叶室；

第二， 气流在分析器头部分流，进入参比室和样品室，而不是在主机中分流。这说明气体在到达传感器头部之前一直是完全相同的，并没有经过两个不同的管路；

第三， 仪器支持相对较高的流速，从而保证叶室内气体的快速交换。

这些特点消除了由于仪器管路导致的时间滞后效应，并且能够快速的响应叶片的变化。例如，当气孔关闭，系统会立刻检测到水汽下降并进行补偿。同样地，当突然改变光强度时，通过观察 CO_2 浓度的变化就能确定光合速率的瞬时变化情况。

LI-6800 能自动调节进入仪器的气体中的 CO_2 和 H_2O 浓度（如下图 1-2），通过增加或减少气流中 CO_2 和 H_2O 浓度来满足测定过程中所需的或设定的稳定气体浓度。

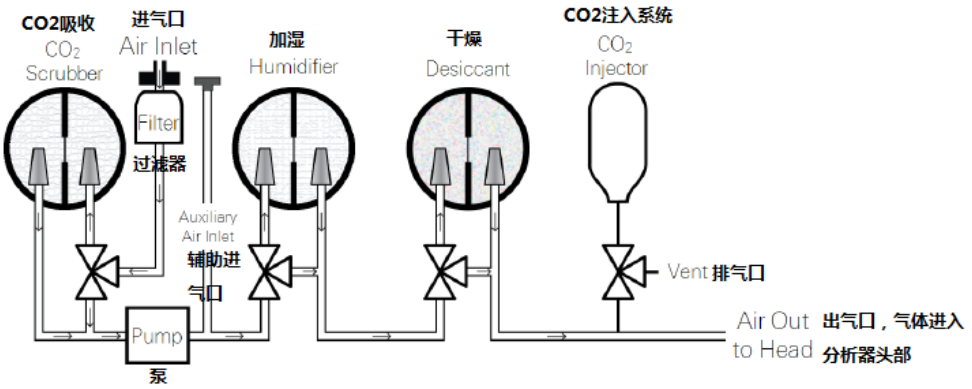


Figure 1-2. LI-6800 flow path through the console. In addition to the indicated components, there are pressure sensors, flow controllers, mixing volumes, proportioning valves, and vents.

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

在分析器头部有一套阀门系统可以调节经过参比室和样品室的流量。当进行匹配时，阀门也会连通叶室。阀门还可以通过控制流量来调节叶室压强。

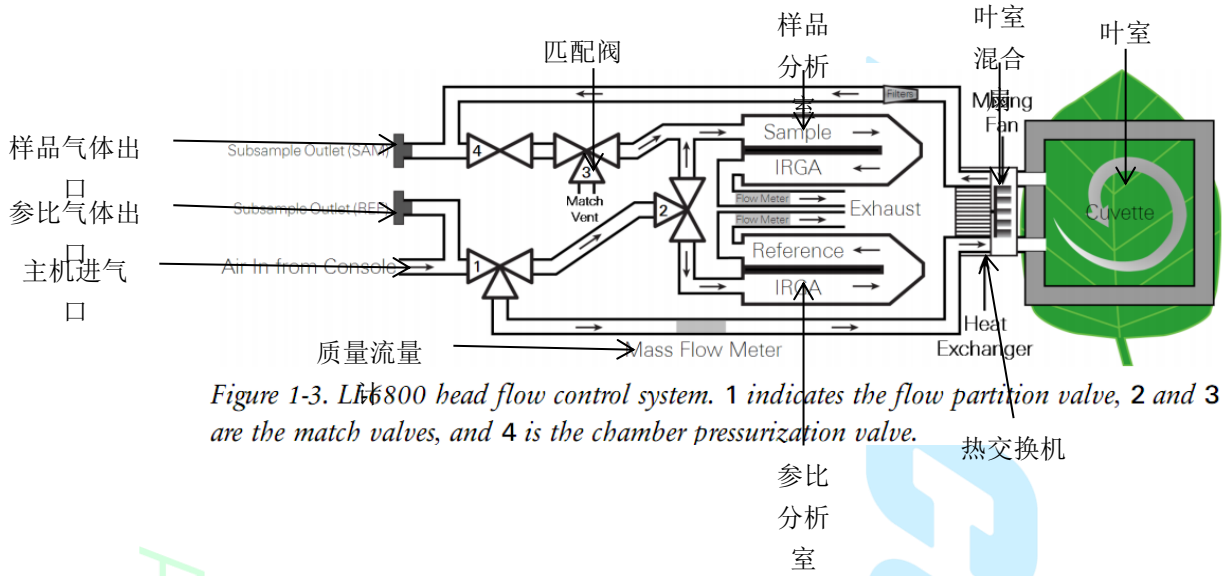
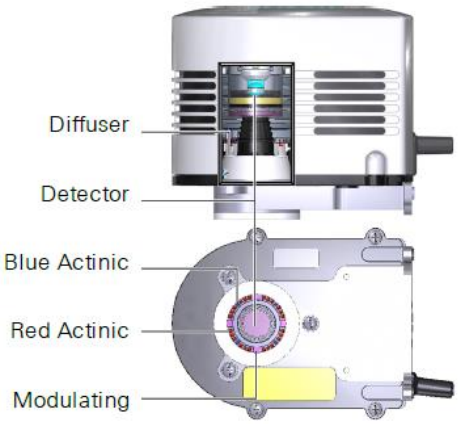


Figure 1-3. LI-6800 head flow control system. 1 *indicates the flow partition valve,* 2 *and* 3 *are the match valves, and* 4 *is the chamber pressurization valve.*

1.2 荧光测定系统

LI-6800 可配备多相闪光（Multiphase Flash™）荧光仪，该荧光仪包括光源和叶室，可同步测量叶片的气体交换参数和叶绿素荧光参数，或其中任意一套参数。荧光仪使用多种颜色的 LED 灯发射光，同时配有检测器来测定荧光（见下图与表的说明）。关于荧光测定系统的详细介绍请参考第三章相关内容。



LED 灯	中心波段	功能	备注
蓝光 (作用光)	475 nm	稳态	最大稳态强度: 1000μmol·m^{-2}·s^{-1}
红光 (作用光)	625 nm	稳态，饱和闪光，多相闪光	最大稳态强度: 2000μmol·m^{-2}·s^{-1}; 最大饱和闪光强度: 16000μmol·m^{-2}·s^{-1}
红光 (调制光)	625 nm	调制测量	调制频率： 1~250kHz@1μs 脉冲宽度； 调制光强度取决于峰值设置和调制频率；最大稳态峰值强度: 100μmol·m^{-2}·s^{-1}。
红外光	735 nm	稳态和暗脉冲	最大稳态强度: 20μmol·m^{-2}·s^{-1}

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

1.3 系统硬件组成介绍

当您收到 LI-6800 时，先检查所订的各部分硬件是否齐全。以下内容介绍 LI-6800 各硬件的功能。

1.3.1 主机（LI-6860）

主机配备有操作系统、界面、气流控制系统和数据记录功能等，主机右侧有开关键、分析器及荧光光源线缆接口、给分析器供气的接口、电源线接口，同时还配有一些可扩展用的接口或辅助接口（见下图）。

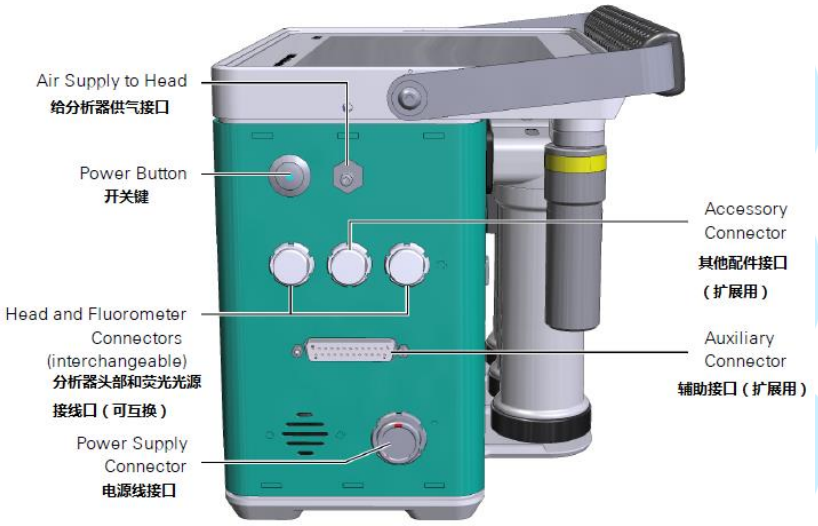
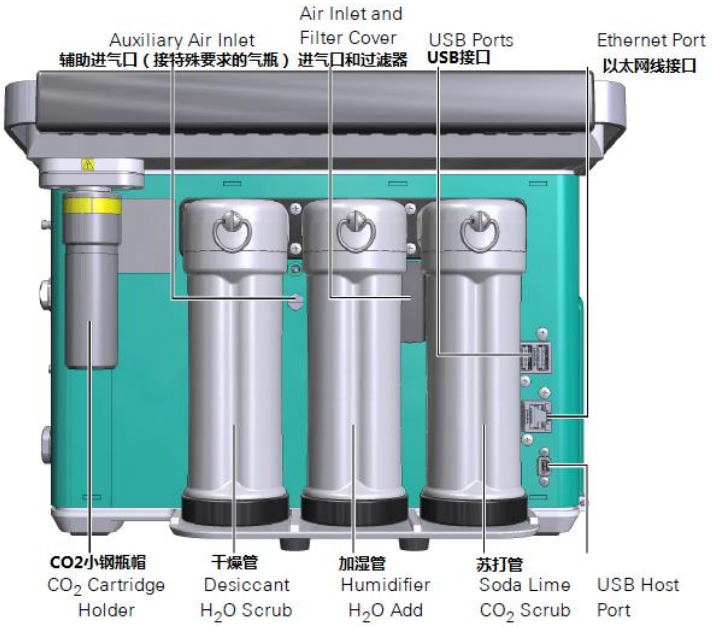


Figure 1-4. Console cable connections and air outlet.

在主机的背面（图 1-5）有以太网连接端口和两个并列的 USB 接口，USB 接口可用于以后的系统更新。主机背面配备有 CO_2 吸收管（苏打管）、加湿管、干燥管和 CO_2 注入系统等用于控制气流中 CO_2 和 H_2O 浓度的装置。进气口进入系统之前请先经过过滤器，确保气路清洁性；辅助进气口用于注入特殊要求的气体（区别于大气），例如低氧气体等。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn



注意：

辅助进气口的进气流速最高为 2.5L/min，最大压强为 28kPa。

切勿超过最大值!!!

否则会对仪器造成损坏!!!

1.3.2 分析器头部（LI-6850）

分析器头部包括样品室和参比室分析器、流量计、弹簧式闭锁装置、控温装置以及阀门系统，叶室和其他可选光源可以直接连接到分析器头部。

叶室配有独立铰接的铰链，即使夹着不平整叶片也能确保密闭不漏气。叶室有三种开闭状态：

- **Open**（打开状态）：底部叶室完全打开，便于放置叶片。
- **Parked**（半关闭停歇状态）：关闭叶室时叶室保持的第一状态；按压手柄听到滴答声松手，该状态主要用于在夹紧叶片之前调整叶片位置，也**是仪器在保存或运输过程中保持的状态，既不是完全打开，也不是完全紧闭。**
- **Closed**（闭合状态）：这个状态下通常用于测量，用劲压紧手柄到终点，关闭叶室直到压紧垫圈，保证气密性。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

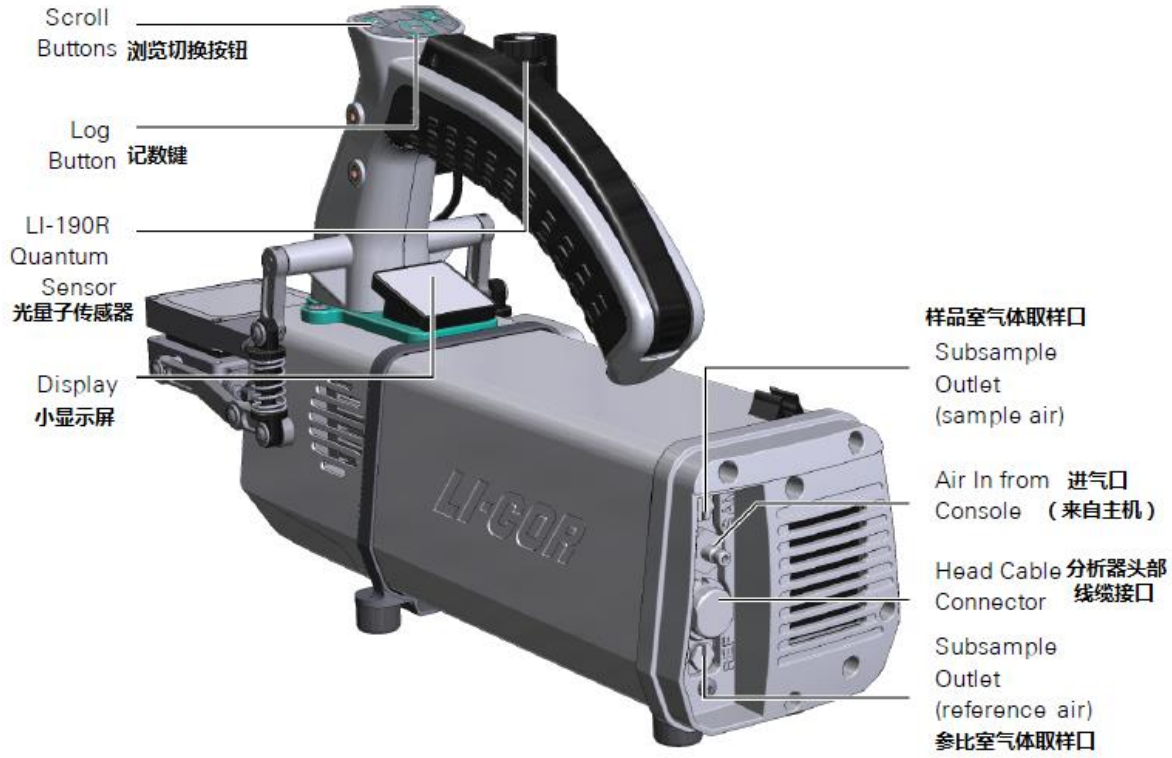


Figure 1-6. The head features the handle and latch mechanism, interchangeable leaf chambers, a display, LI-190R quantum sensor, the log button, and scroll buttons.

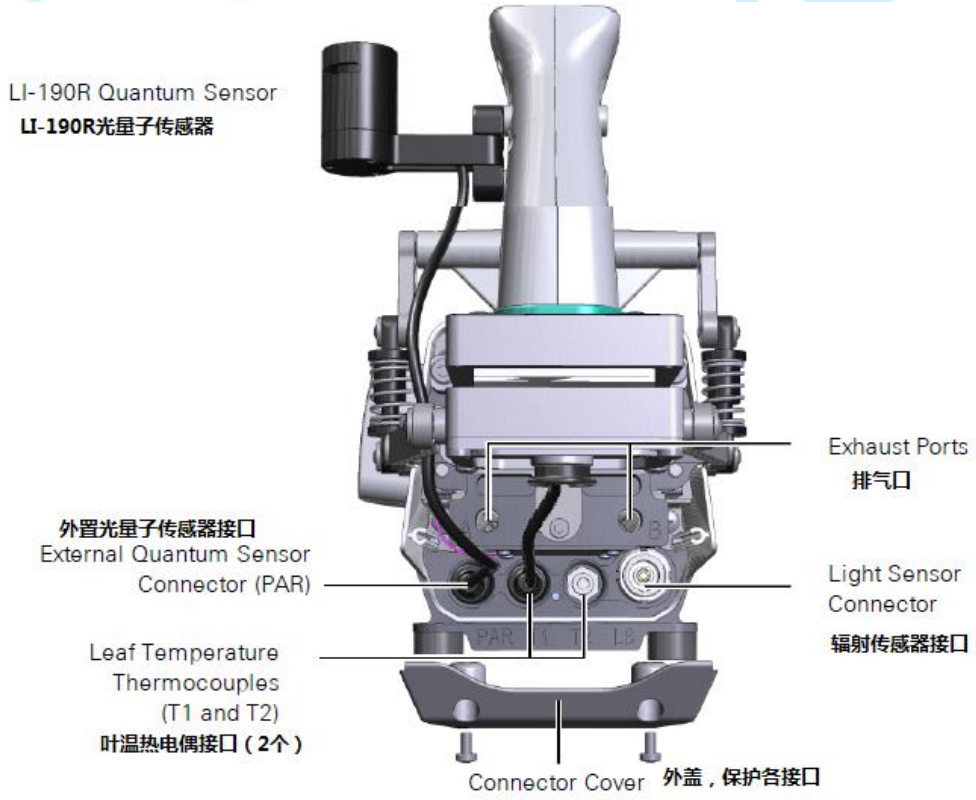


Figure 1-7. The connectors on the front of the head.

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

1.3.3 电缆连接线组件（9968-092）

包括通信线、电源线，气路管等。连接时注意接头处红点与分析器头部接口和主机接口的红点相对，直插直拔，请勿旋转。

1.3.4 配件

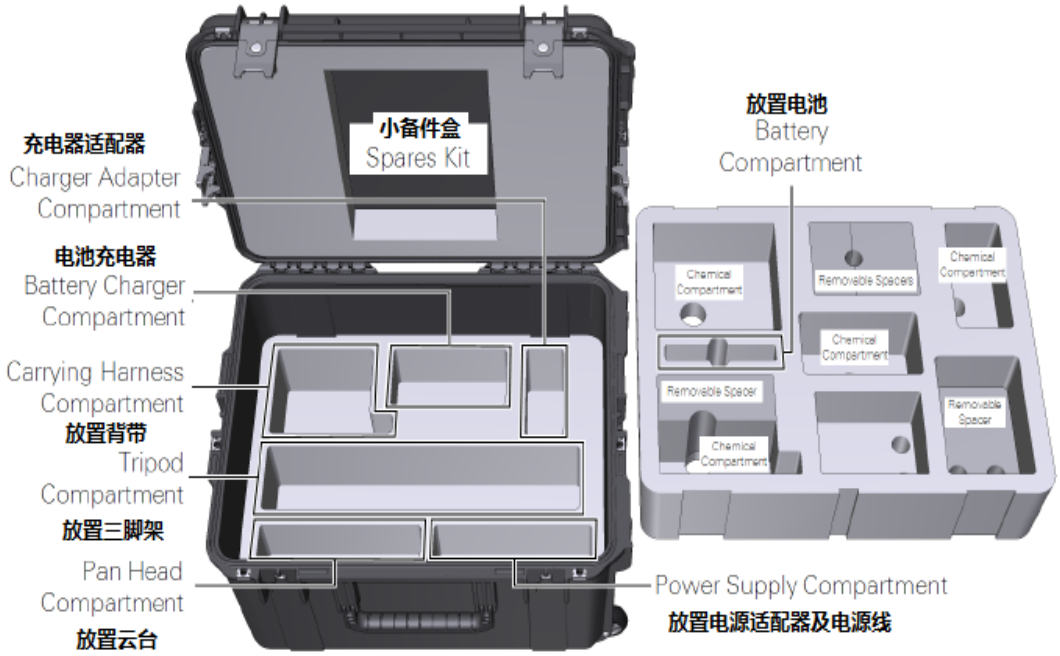
LI-6800 带有以下配件：

- ✧ 外置光量子传感器（190R-6800）：安装在分析器头部，包括 LI-190R 光量子传感器、安装支架和连接线。
- ✧ 可充电电池（442-11807）。仪器带有三块电池，在运输过程中处于半充满状态，在首次使用之前一定要完全充满。如果电池一直处于亏电状态会损害电池的寿命。通常情况下，一块电池可以连续使用大约 6 个小时，当然，具体使用时间要根据实际使用情况而定。
- ✧ 气体控制组件：仪器带有三个化学药管（用于装苏打、干燥剂和加湿剂）以及 CO_2 注入系统和 CO_2 小钢瓶，以此来进行准确的气体浓度控制。
- ✧ 主机电源线（9968-232）：当连接到交流电时，电源线可同时为仪器供电并对主机内电池进行充电。通常使用的电源为 110V 60Hz 和 240V 50Hz 的交流电。
- ✧ 以太网线（616-06116）：线长 2.1 米（7 英尺），以太网线端口在主机背面，标有 LAN。**特别注意：请勿使用 616-06116 以太网线之外的其他网线！可能导致错误电信号！！**
- ✧ 仪器箱（9968-222）。内置厚泡沫垫的坚硬外壳箱体，用来放置主机、分析器头部和其他配件。在运输的过程中箱子可以很好的保护仪器。



- ✧ 配件箱（9968-223）：购买 LI-6800 的某些配置会带有配件箱，配件箱有两层。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn



- ✧ 三脚架（609-15790），可选，用于支撑主机或分析器头部。
- ✧ 单脚架（609-15792），可选，用于支撑分析器头部。
- ✧ 云台 panhead（609-15792）。可选，用于固定分析器头部到三脚架或单脚架上，在调节不同倾斜角度或位置时，尤其方便，有助于确保分析器头部稳定。
- ✧ 背带（9968-221）：可选，可将主机固定在操作者胸前，方便携带和操作仪器。包括肩带，腰带和其他硬件。
- ✧ 取样套件（9968-210）：可选，用于提取进入叶室之前和之后的气体，另做其他分析。
- ✧ 单电池充电器（590-11830）：用于给一块电池充电，包括电源线和 12V 适配器。
- ✧ CO_2 气瓶适配套件（9968-109）：可选，用于连接用户自备的纯 CO_2 气瓶，包括英制和公制组件。
- ✧ 零点校准配件（9968-258）：包括两个化学药管，一次安装一个，将装有药品的药品管安装在主机和分析器相连的进气管之间，确保校准 CO_2 和 H_2O 的零点时将气路中的 CO_2 和 H_2O 吸收干净。
- ✧ 分析器头部内置化学药品管（9968-094）：分析器头部内置化学药品管确保分析器的正常准确工作，一般建议每三年换一次该化学药品管。
- ✧ 小备件盒（9968-173）：盒内装有 LI-6800 常用的配件与更换备用配件。盒子放置在配件箱的顶部。
- ✧ 工具：小备件盒中常用工具，见下表。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

Description	Quantity	Part Number
#1 Phillips Screwdriver; 60 mm Blade	1	611-15867
#2 Phillips Screwdriver; 150 mm Blade	1	611-15837
1.5 mm Hex Key	1	611-15953
Large Foam-Tipped Swabs	8	610-05315
Small Foam-Tipped Swabs	8	610-16093
Lint-free Soft Cotton Glove, Small	1 pair	229-10716
Lint-free Soft Cotton Glove, Large	1 pair	229-10715
Anti-static Wrist Strap	1	619-05291
Screen Cleaning Cloth	1	229-16069

✧ 叶室和光源

您所购买的 LI-6800 可能包含以下一种或多种叶室和光源：

- 6800-01A 多相闪光（Multiphase Flash™）荧光仪：带有叶室、叶室适配器（叶面积在 6cm^2 和 2cm^2 之间切换）和荧光光源。
- 6800-12A 透明叶室：3×3 cm，可以和 3×3 cm 红蓝光源（6800-02P）搭配使用。配有三种叶面积规格的叶室适配器（1×3 cm ，2×3 cm ，3×3 cm），配置叶温热电偶用于测定叶片温度，以及光量子传感器测定叶室内的光合有效辐射。
- 6800-02P 红蓝光源(3×3 cm)套件：包括 3×3 cm 红蓝光源和 3×3 cm 透明叶室，红蓝光源直接安装在透明叶室的顶部。
- 6800-13 透明叶室（6×6 cm）：配有两个细线热电偶测定叶片温度，以及光量子传感器测定叶室内的光合有效辐射。可以和 6×6 cm 光源搭配使用。
- 6800-03 光源（6×6cm）：可直接安装在 6×6 cm 透明叶室（6800-13）、小植株叶室（6800-17）和苔藓叶室（6800-24）上使用。
- 6800-17 小植株叶室：专门用于整株拟南芥或其他小植株的气体交换测量的设计。配有两种小花盆（或容器）：直径 65mm 和 38mm；顶部为透明膜，可以直接在自然光下测量，也可结合 6800-03 光源，控制不同光强的红绿蓝光下使用。
- 6800-24 苔藓叶室：适用于测量苔藓、地衣、藻类等。顶部为透明膜，可以直接在自然光下测量，也可结合 6800-03 光源，控制不同光强的红绿蓝光下使用。
- 6800-89 昆虫呼吸气室：适用于测量昆虫或小动物的呼吸速率。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

第二章 组装 LI-6800

本章将指导大家组装 LI-6800 的各个部分，以及长时间存放仪器前的准备工作。

2.1 仪器的准备

到货拆箱验收时，一定要去除所有的包装材料。仪器包括主机、分析器头部、电缆线组件、CO_2 钢瓶、干燥管、苏打管及加湿管。

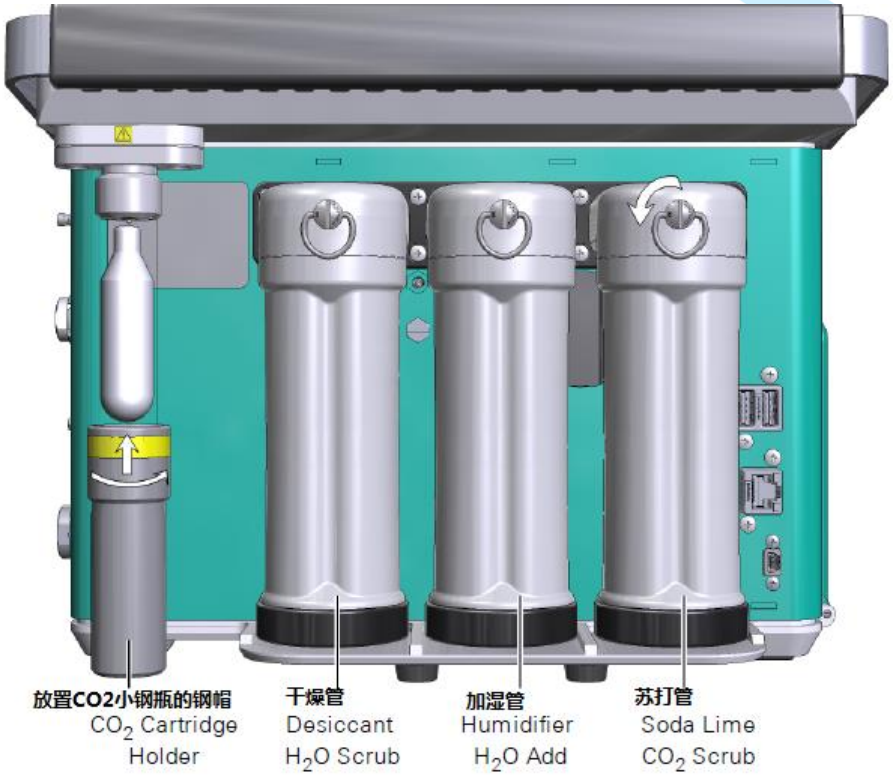


Figure 2-1. The LI-6800 uses an 8-gram CO_2 cartridge for the CO_2 supply. Chemical columns are removed by turning the clasp ¼ turn counterclockwise.

2.1.1 CO_2 注入系统

CO_2 注入系统：包括内部控制器和外部小钢瓶连接器。一旦刺穿，不管是否使用，一个小钢瓶可以持续供应 8 小时气体。

警告：CO_2 小钢瓶内含高压 CO_2。请遵守钢瓶制造商提供的操作注意事项。卸下已经刺破的钢瓶需高度小心，以免压缩气体快速泄出带来的危害。如果需要取下 CO_2 钢瓶，应慢慢松开小钢瓶，直到气体泄出，再卸下 CO_2 小钢瓶。钢瓶可能会变得比较凉，所以要小心。远离光照，放置在 50°C 以下的环境中。不要乱扔钢瓶。放置在儿童接触不到的地方。

8g 小钢瓶：将小钢瓶放入钢帽，大头在下，顺时针旋紧钢帽，当遇到较大阻力时，快速拧动钢帽以刺穿小钢瓶的顶端。

注意：如果购买的小钢瓶非 LI-COR 公司生产，必须保证无油。一旦油进入 CO_2 注入系统，可能造成仪器故障，请寄到公司进行维修。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

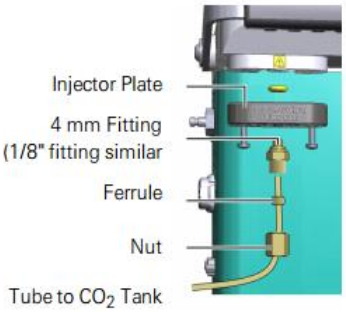
您也可以选用 CO_2 气瓶适配套件（9968-109），连接自配的纯 CO_2 大气瓶替代小钢瓶，以保证更大剂量 CO_2 供应。CO_2 气瓶适配套件（9968-109）可代替 8g 小钢瓶，这对于其它 CO_2 来源方式的接入非常有用。适配器的压强范围为：500-2000KPa（73-290psi）。

Tank Adapter Components	Quantity	Part Number
Injector Plate	1	9868-228
Screws (M3; 8 mm length; Phillips)	6	192-14419
Injector O-ring (AS-106)	3	192-14863
Copper Fitting for 4 mm Tube	1	300-14454
Stainless Steel Fitting for 1/8"" Tube	1	300-14455

警告：在试图拆卸注入器组件之前首先取下 CO_2 小钢瓶，以免造成 CO_2 钢瓶迅速放气，造成人身伤害。

1. 拧开两颗螺丝，卸下 CO_2 小钢瓶注入系统。
2. 安装 CO_2 气瓶适配套件：主要有两个配件，一个 1/8 英寸的不锈钢管子和一个 4mm 的铜管，请您按需选择。
3. 测试注入系统：将压强调至 1000kPa（150psi），运行测试（点击 Start Up>System Tests>Soda Lime-CO_2），检查注入系统是否能正常工作。





2.1.2 化学药品管

仪器背面有 3 个盛有化学药品的化学管，可调控仪器的进气。仪器测量时，3 个化学药品管（干燥管、加湿管及苏打管）应时刻连接在主机上，除非换药品时取下。运输及存储时，记得卸下加湿管，防止水分进入主机内。



填充化学药品管

1、检查过滤器：确保每个化学管的两个过滤器状态良好并且没有脏。如有必要请更换（方法见第六章）。
2、至少填充至螺纹线处：晃动时保留一定的空间即可。
3、清理螺纹及 O 型圈上的残留药品：用湿纸巾擦拭残留在螺纹线、化学管边缘及 O 型圈上的固体药品，以免拧盖时损坏化学管和盖帽，保证化学管的气密性。
4、拧紧盖帽。
5、固定好化学药品管：将扣钩顺时针旋转 90 度，扣紧化学药品管。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

干燥管：

干燥管中装干燥剂，可去除空气中的水蒸气。LI-COR 建议使用指定的干燥剂（98%的 $CaSO_4$ 和 2%的 $CoCl_2$）。硫酸钙安全（只与空气中的水汽发生反应）、经济实惠以及可回收利用。

警告：干燥剂含有<2%氯化钴，可能引起过敏性皮肤或呼吸道反应；使用过程中请避免产生粉尘，详细信息请参考生产厂家的安全数据表。



干燥剂的回收利用：

无水干燥剂是蓝色的，吸水变粉，表示失效，应回收利用。

1. 在 210 °C 下烘 60 分钟：预热烘箱，在平底盘上铺上一层颗粒，然后烘干一小时。
   切记：高温短时间或低温长时间都不可以!!。
2. 60 分钟后，将烘干好的仍然是热的干燥剂放入玻璃容器内，并盖实盖子。

注意：重复多次回收利用后，烘干后的干燥剂颜色可能会有变化，变得不易区分。如果变黑，代表加热过度。

加湿管

LI-6800 采用 Suttgarter Masse，一种可持水的多孔陶瓷基质，可对进入系统的气体进行加湿。

注意：不要往加湿管内注入过多的水！太多水会对仪器造成伤害，维修费用会很高！管中有积水、气流经过时会产生气泡以及颗粒基质形成水块状，都代表水添加过多。出现水多情况，可将颗粒基质倒在纸巾上吸收多余的水分，然后再放入到加湿管内。

警告：Suttgarter Masse 很安全无毒，但不要吸入粉尘，若不慎吸入，请马上呼吸新鲜空气并继续正常呼吸即可。

安全方式

下面给大家介绍一种安全可靠的不至于加入过量水又能浸透加湿颗粒的方法：

1、往烧杯中倒入大约 150 毫升体积的未吸水的加湿剂；
2、加水至完全浸泡，推荐使用过滤水，自来水也可以，但矿物质可能会积存在基质上。
3、倒出多余的水，留下吸饱水的加湿颗粒；
4、将吸饱水的加湿颗粒倒在纸巾上，更换 3-4 张纸巾，让纸巾吸收一部分水；
5、将这些潮湿的加湿颗粒装入加湿管；
6、擦拭管口和盖子螺纹等处，去除残留的固体颗粒，然后拧紧盖子。

快速方式

当然也可以直接往加湿管里加水，但存在加水过量的风险：

1、首先，将加湿剂倒入加湿管中，如果加湿剂处于完全干燥状态，则加入 30ml 的水量，沿管壁四周均匀倒入。
2、擦拭管和盖子，去除残留的固体颗粒，然后拧紧盖子



基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

加湿剂变干后，需要重新加湿，那么怎么判断需要加水了？

- 查看加湿球剂的颜色，加湿剂湿润时，其颜色是轻微灰白，当处于干燥状态时，其颜色是纯白，这个时候就需要加水了。
- 依次点击主机界面上的 Starup>System Tests>Drier-Humidifier，进行湿度检测，检测结果失败，也说明需要加水了。
- 如果管壁上看不到明显的小水滴了，这也说明需要加水了。

加水时既可以按照上述安全方式，也可以直接加入 10-15ml 的水，并轻轻地摇晃加湿管使其被颗粒完全均匀吸收。

苏打管（CO_2 吸收管）

管内装的是苏打碱石灰（$Ca(OH)_2$, H_2O, NaOH, 和 KOH）。苏打管从白色变为蓝紫色。苏打药品更换频率取决于具体使用情况。当 CO_2 无法下降到零点附近并维持稳定时，则说明药品已失效，需要更换。

警告：碱石灰遇水会造成严重烧伤。应佩戴合适的手套和眼睛、面部保护罩。放置在儿童接触不到的地方。万一进入眼睛，应立即用大量的水冲洗，并寻求医生建议。



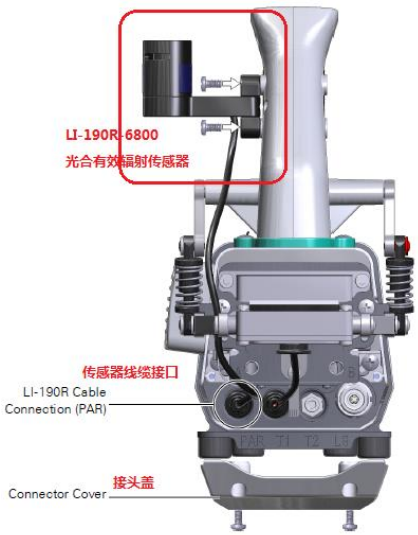
苏打（碱石灰）药品的再利用

- 在干燥的环境下，苏打管吸收 CO_2 的能力下降迅速。当药品吸收近乎饱和时，同样会降低它的吸收能力。当苏打管吸收 CO_2 能力下降时，可以通过向苏打管中加入约 10ml 的水来延长使用时间，不需要直接更换药品。
- 缓缓地向苏打管内加水，让药品充分地吸收，然后，水平地摇晃管子弄散成块的颗粒。避免添加过多的水，否则，在测量过程中管内水分流出会导致仪器某些部件被腐蚀。

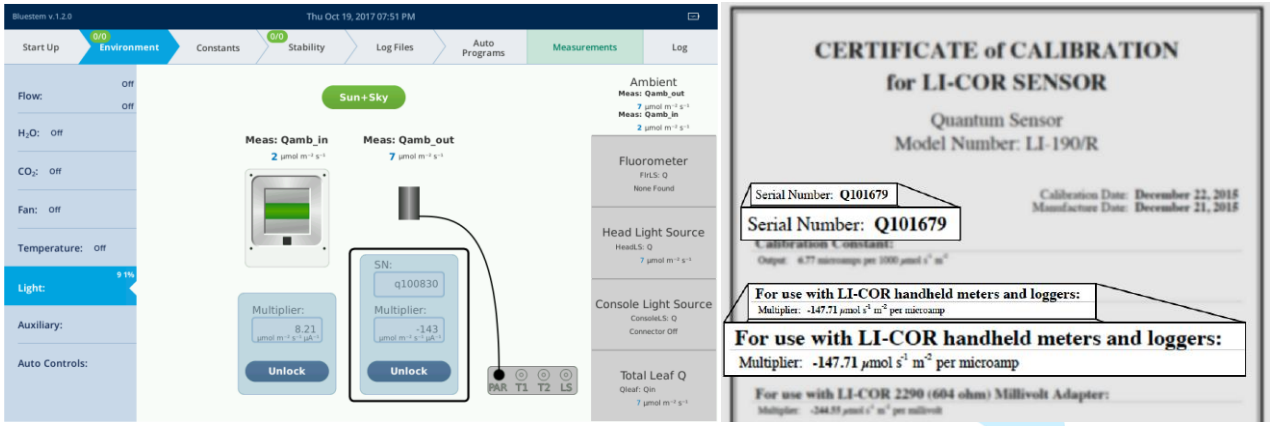
2.1.3 安装 LI-190R 光合有效辐射传感器

将 LI-190R-6800 光合辐射传感器安装在 LI-6800 的头部，并将它的校正信息输入软件中。

1. 固定两颗螺丝即可将传感器安装在分析器头部的两侧手柄上。
2. 取下接头盖，电缆线插入标有 PAR 的接口，重新装上接头盖。
3. 输入校准信息：LI-190R 的校准书包含在仪器的文件中；也可以在 www.licor.com/env/support.中搜索。
4. LI-6800 开机。
5. 点击 Environment>Light>Ambient；输入系列号 SN 和校准参数（Multiplier）； 见下图。此处选用的校准参数为 For use with LI-COR handheld meters and loggers 对应的参数，应该是个负数见以下举例：
6. 检查光合辐射传感器是否响应正常：在 Startup>Data Dictionary，选择变量 Meas>Qamb_out。如果在室内，这个值一般都低于 10。用手遮住传感器，这个值应该下降至零附近。



基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn



2.1.4 连接电缆线

主机和分析器头部通过电缆线连接。电缆线两端是一样的的，每一端都可连接主机或分析器。

注意：
不要在开机状态下连接或断开电缆线，否则将会损坏内部的电路系统，维修费用会很高。
所以强调再强调：**一定要在关机的状态下连接或断开电缆线。**

电缆线的一端连接在主机的 HEAD(1)或 HEAD(2)的接口，另一端连在分析器的接头上。确保红点相对，然后直接将电缆线推入接口，切勿旋转！
气路管连接在主机标有 AIR OUT 的排气口以及分析器的气路管接头上。卸下电缆线和气路管时，首先确保关机状态，然后抓住有螺纹的金属套上，直接拔出，切勿旋转！



Figure 2-2. Console air and cable connections. The red dots on the cable will face up.

2.2 使用三脚架、单脚架、云台以及背带

LI-COR 公司提供的三脚架、单脚架、云台以及背带非常耐用，适合野外工作。你也可以将分析器和主机安装在照相机的三脚架或单脚架上。建议使用有大张角的三脚架。

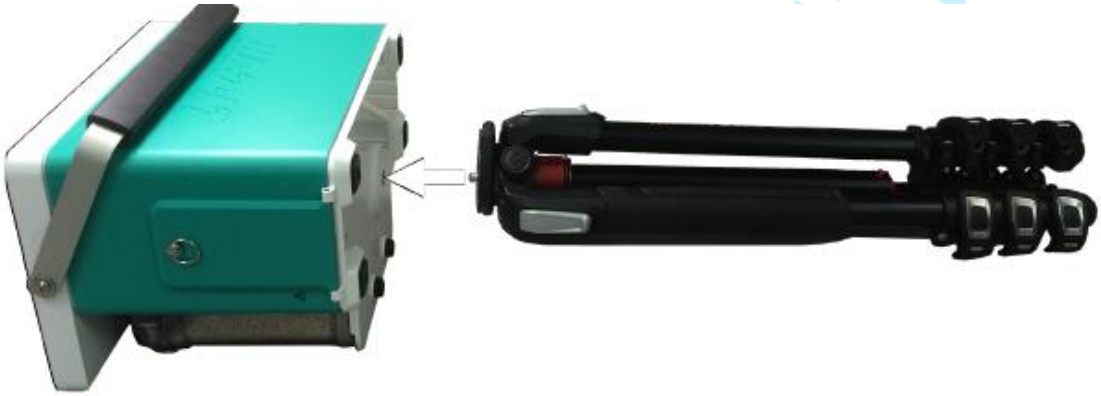
基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

用于光合作用系统的三脚架

LI-6800 可能包含一个三脚架（609-15790），不过取决于是否配置。三脚架用螺丝固定在主机或分析器的底部。

注意：使用三脚架之前请阅读手册中的使用说明，错误的操作可能导致三脚架的错误使用。

1. 轻轻放倒主机，让有化学药品管的一面着地。
2. 取下三脚架头部的螺纹帽，让处于收缩状态的三脚架旋入主机底部螺孔，直至旋紧。



3. 延长三脚架支撑脚

每个支撑脚有 3 个卡扣，松开卡扣即可延长至想要的支撑脚长度，再锁紧卡扣固定。



Close the clasp to lock the leg.

4. 扩大三脚架的张开角度

按下右图所示按钮，张开角度。大的角度更为稳固，所以尽量张开大一点的角度。

5. 抬升三脚架杆的高度，如下图所示，延长主杆高度，再旋紧螺丝固定。





基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

云台 panhead

无论将分析器安装在三脚架上还是单脚架上，都需要一个云台将分析器调整至合适的位置，云台（609-15791）的使用有厂商自带的详细使用说明书。

注意：使用三脚架之前请阅读手册中的使用说明，错误的操作可能导致三脚架的错误使用，可能会使分析器掉落。

当使用云台时：

1、卸下手柄处的布带：如下图所示，紧握手柄，卸下布带。



2、取下固定台；
捏住安全闭锁远离云台，然后旋转约 90 °直至固定台松开。闭锁将锁定在打开位位置。



3、将固定台安装在分析器底部；

注意：不要卸分析器底部的垫脚，因为它们有减缓震动的作用。





4、将固定台装回云台，闭锁将锁上，确保分析器头部与云台固定完好。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

单脚架



您所购买的 LI-6800 可能配置有单脚架（609-15792，右图），在测量过程中，用于支撑分析器。

装在分析器上的云台可以在水平和垂直方向上任意旋转分析器，方便在测量时旋转至任意合适的角度。云台既可以安装在三脚架上，也可以安装在单脚架上。具体安装细节详见手册说明书。

背带 Harness

利用选配的背带可将主机背挂在操作人员的前方，方便对主机进行操控。背带工具包中有肩带、腰带、D 型扣（193-15728）和固定 D 型扣的螺丝（150-15736；M5，10mm 长）。

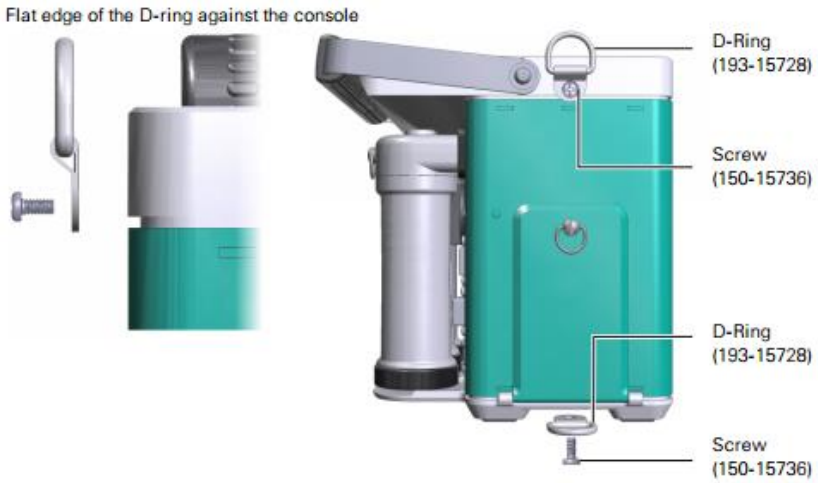


Figure 2-4. Install the D-rings with the flat edge against the console.

肩带扣在主机上面的 D 型扣上，腰带扣在主机下面的 D 型扣上。



基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

2.3 LI-6800 的供电

LI-6800 可以通过仪器自带的电池供电，也可以使用电源适配器供电，还可以使用用户自备的的电源供电。

电源适配器

电源适配器可连接 50Hz 或 60Hz 100-240V 的交流电，LI-6800 可以通过电源适配器进行供电，同时适配器也可以给安装在仪器内部的电池充电。

电池

仪器标配带有 3 块电池（422-11807），仪器可以安装两块电池，但是只需一块就可以给仪器供电。



Figure 2-5. Insert the batteries with the groove toward the columns and the tab away from the columns.

电池是 14.4V 的锂离子电池，具备 6.8 小时的供电能力，两块电池可以供电 12 小时以上，具体使用时间取决于系统的设置。如要使用光源且设定高光强源或者要控制与周围环境差异较大的温度，那么这时将非常耗电，电池电量下降比较快。如果做野外实验的话，请格外注意！

在主机内给电池充电

当主机内装有一块或两块电池时，连接电源适配器后随时都会给电池充电。LI-6800 支持热拔插，可以把一块充好电的电池直接取出替换另一块电量不足的电池，测量不会受影响。只要有一块可供电的电池装在仪器内，仪器就可以正常工作。主机上显示剩余的电量或者时间百分数。电池也同样有一个充电计（Charge Gauge），见右图，可显示电池充电状况。



利用外部充电器给电池充电

单块充电器（590-11830；激发能源 CH7000A）只能一次给一块电池充电。使用时，将插头插入插座，然后再将电池与充电器相连。充电器可以兼容 50-60Hz 的 100-240v 的交流电，处于充电状态时，灯持续闪烁，电池充满时，灯停止闪烁且为绿色。

注意：可以利用汽车适配器给LI-6800电池充电，充电过程中，为了不至于让汽车电池电压过低，请在行驶过程中充电。

警告：用 SMBUS 兼容级别 2 或 3 充电器给电池充电。温度不能超过 80°C。请勿拆开电池，禁止焚烧电池、避免短路，否则将引发火灾，爆炸，泄漏等事故，造成人身伤害。更换电池时请注意型号的统一，使用型号不同的电池可能导致火灾或爆炸的危险。注意远离儿童！

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

利用外部电源供电

可以使用 12-18v 的直流电电源给 LI-6800 供电。至少 20A 的蓄电池比较合适，需要一个能插入仪器供电接口的适配器，可以从 Lemo 公司（http://www.lemo.com/）以及该公司的经销商购买。接头的系列号为：FGL.2K.306.CYMC65Z。

Table 2-1. Power inputs for the auxiliary power supply connector.

Connector	Pins	
	1 and 5	⎓ 24 VDC, 8.4 A; LI-COR power source
	3 and 4	⎓ 12-18 VDC, 14.3 A; custom power source
	2 and 6	Ground

开机与关机

LI-6800 的开机方式为按下电源开关并维持 0.5s；关机时按下电源开关并马上松开，或者点击 Start Up>Standby/Power Off>Power Off，将看到 3 种提示，关机、重启还是取消。出于某些原因，仪器可能无法通过正常的方式关闭，可以持续按住电源开关 5 秒强制关机。

2.4 LI-6800 的闲置存放

如果仪器只是短期存放几个星期，那么不需要任何特殊的处理。短期存放只需要注意将叶室保持在 Parked 状态，即半关闭状态。

对于长期存放（一个月或者更长），建议卸下电池并用湿软毛巾（但无水滴）擦拭仪器，必要时使用清洁剂，注意保持仪器处于干燥状态。使用镜面清洁剂喷在布上清洁仪器屏幕。

需将 LI-6800 存放于箱体中，存储的温度范围为-45-50℃，相对湿度小于 85%。一块充满电的电池放置在关闭的仪器内，大约 7 个月电池电量将耗尽。

存放时，可以将干燥管和苏打管放在主机上一起存放。但是，重新使用之前，可能需要更换药品。也可以将 CO_2 小钢瓶留在主机上，但气体可能会泄漏。确保仪器的存储温度在 50℃以下。

- 清空加湿管或直接从主机上卸下；
- 叶室内不得残留植物或其它残体；
- 叶室处于 Parked 状态，以免挤压泡沫垫圈

注意：在存放和运输 LI-6800 之前，需清空加湿管或直接从主机上卸下，确保当仪器倒置时不会进水。

电池的闲置存放

电池于电量在 30~50%时存放。存放过程中，每 6 个月补充一次电量。电池没有记忆功能，所以不需要对电池进行完全放充电。存放过程中，如果温度过高或电量负载阈值，一个非自恢复的保险丝将断开，电池不能正常工作。电池过度放电时，充电器将提供 3 分钟的唤

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

醒充电。

取出电池

取电池时，先打开电池盖（见图 2-5，章节 2.2.2），抓住电池陶布，将电池取出。

电池的处理

锂电池必须安全处理。不能将电池丢入未分类的垃圾桶中或焚烧炉中，电池处理不当将对环境和人体健康产生危害。可将废旧电池送至当地的回收点，按照当地的规定来处理废旧电池。

运输前的准备工作

当需要运输 LI-6800 时，建议您采取以下操作：

- 清空化学药品管，有助于减轻运输重量以及减轻主机的压力；避免加湿管内的水进入主机内。
- 卸下加湿管并放置在箱体内。
- 卸下 CO2 注入系统的钢套，谨慎取出小钢瓶，注意高压气体的排出。
- 让叶室处于 Parked 状态（半关闭状态），防止叶室泡沫垫圈被挤压。
- 主机的放置，断开电缆线和气路管。
- 分析器的放置，断开分析器电缆线和气路管，叶室可以和分析器连在一起
- 采取合理措施保证箱体关闭紧实，比如，用扎线带保护箱盖。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

第三章 操作界面导引

特此说明：

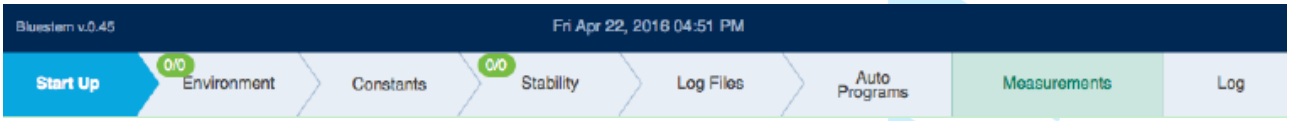
考虑到绝大部分用户熟悉平板电脑（如 iPad 等）的使用，而 LI-6800 采用大屏触摸屏，界面操作与平板电脑使用类似。凡是会使用平板电脑的用户，在使用 LI-6800 操作界面都不会存在困难，故将此章内容糅合到实验手册中。本手册重在指导初学者如何正确使用 LI-6800 进行光合-荧光的测量。

LI-COR®
ecotek
A Gene Group Company

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

第四章 学习使用 LI-6800

本章节介绍使用 LI-6800 的一些基本概念，从左向右依次进行，当然也可以根据个人需要跳过某些标签。



4.1 开机检查

每天首次开机后，您可以考虑做以下几项工作：

1. 气源准备：新 CO_2 钢瓶和新鲜的化学药品？
   - ✓ 安装一个新的 CO_2 钢瓶。
   - ✓ 干燥剂：如果大部分干燥剂已经由蓝色变为粉色，请更换新鲜的干燥剂；若干燥剂部分变粉色并且比较紧实，卸下干燥管并且摇晃打破药品结块。
   - ✓ 加湿剂：若加湿管内壁没有水汽凝结，添加 10-15 ml 的蒸馏水；若加湿管内药品是新换的，添加 30 ml 的蒸馏水（见 2.1.2 章节详细介绍）。
   - ✓ 苏打药品：若苏打由白色变为蓝紫色，更换为新鲜的苏打；若部分变为蓝紫色，卸下苏打管，添加 10 ml 的蒸馏水，摇晃苏打管使得苏打吸收水。
2. 选择配置文件

   若先前已经存储配置文件，从菜单中选择 Load Configurations，然后选择配置；如果没有，按步骤新建配置文件。
3. 进行预热检查（Warmup Tests）

   关闭叶室，Start Up > Warmup/System Tests＞Warmup Tests，点击 Start，仪器会进行一系列的检查，大约耗时 10~15 min。
4. 如果安装了荧光叶室，进行 Fluorometer Tests。
5. 查看检查后的信息反馈，如果有未通过检查项（Failed），检查看是否需要采取应对措施。
6. 匹配 IRGAs。无论叶室是否夹叶片，匹配 IRGAs 都是容易操作的，建议测量前都要进行匹配。Environment＞Match IRGAs＞Manual Match，具体操作见 4.2 章节。
7. 夹上叶片，准备开始测量。详见实验手册。

4.2 匹配分析器

4.2.1 为什么要进行匹配?

相同浓度气体（CO_2 和 H_2O）通过样品室和参比室时，两个分析器对 CO_2 和 H_2O 读数可能存在差异，匹配的目的就是消除这些差异。正常测量模式下，进入样品室和参比室的气体浓度并不完全相同（除非样品室是空的，且关闭、没有漏气的情况），我们需要一个特殊的程序使得样品室和参比室进气浓度相同，这便是匹配过程。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

匹配的最终目的是计算两个值：一个关于 CO_2，一个关于 H_2O，如下。

$$CO2_adj = CO2_b - CO2_a \quad (1)$$

$$H2O_adj = H2O_b - H2O_a \quad (2)$$

随后，得到样品室或参比室的浓度值。

$$CO2_r = CO2_b \quad (3)$$

$$CO2_s = CO2_a + CO2_adj \quad (4)$$

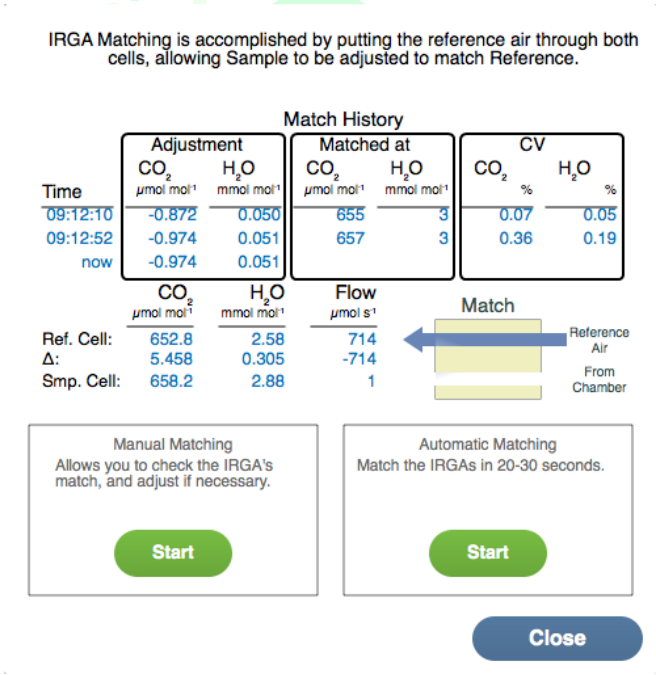
4.2.2 什么时候进行匹配?

无论叶室中是否夹有叶片，任何时间都可以在 Measurements 菜单下进行匹配，也可以对匹配进行设置，使其在记录数据时自动匹配。

- ✓ 当开始测量时：每天记录数据前进行匹配。
- ✓ 流速改变时：流速改变＞100 μmol s^{-1}，要进行匹配。
- ✓ 气体浓度值大幅改变后：CO_2 浓度改变＞100 μmol s^{-1}，要进行匹配。。
- ✓ 温度改变＞5 ℃，要进行匹配。。
- ✓ 定期进行匹配。具体看温度变化，没有一个确定的进行匹配的时间间隔。首先尝试 30 min 匹配一次，以后根据实际情况进行调整。使用冷却器稳定温度，可以减小零点偏移，减少匹配次数。
- ✓ 光合速率很低的时候。光合和气体交换速率很低时，样品室和参比室分析器间差异很小，偏移量发生时对测量影响显著，此时尽可能多匹配!!

4.2.3 匹配界面

Measurements > Match IRGAs 显示当前匹配信息，Match History 显示最近两次的匹配信息。



Adjustment：样品室调整至参比室读数的调整量；

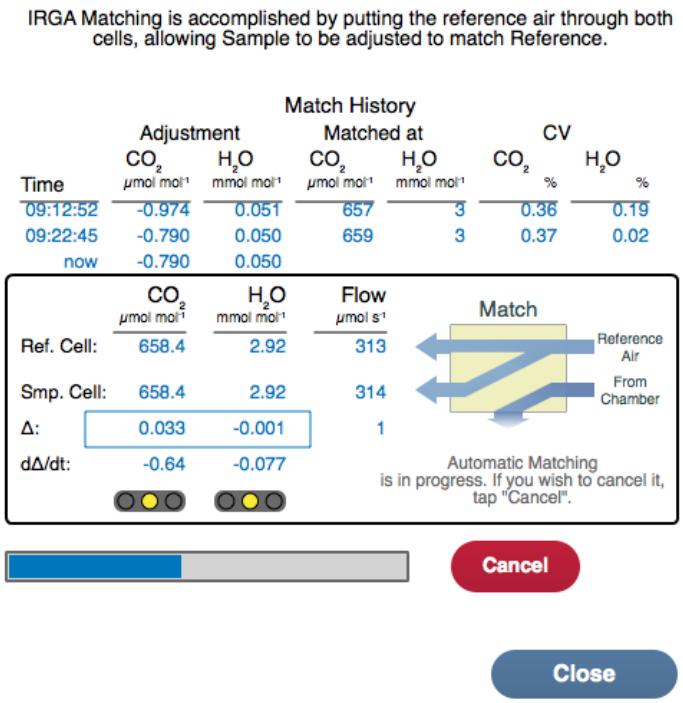
Matched at：匹配过程中 CO_2 和 H_2O 的浓度；

CV：匹配过程中的变异系数，值越低，系统越稳定。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

4.2.4 自动匹配模式

自动匹配模式利用程序设置判断系统是否达到可以进行匹配的稳定条件，样品室会自动以参比室为标准进行匹配。



1. Measurements＞Match IRGAs，开始匹配。
2. Automatic matching＞Start。仪器会将样品室空气泄出，参比室气体直接进入两个分析器，两个分析器测量稳定时（dΔ/dt 很低，绿点指示），调整读值，匹配完成。一般只有绿点指示时，才进行自动匹配；耗时太久的情况下，黄点指示时，仪器也会进行匹配。

，匹配条件还没有稳定；

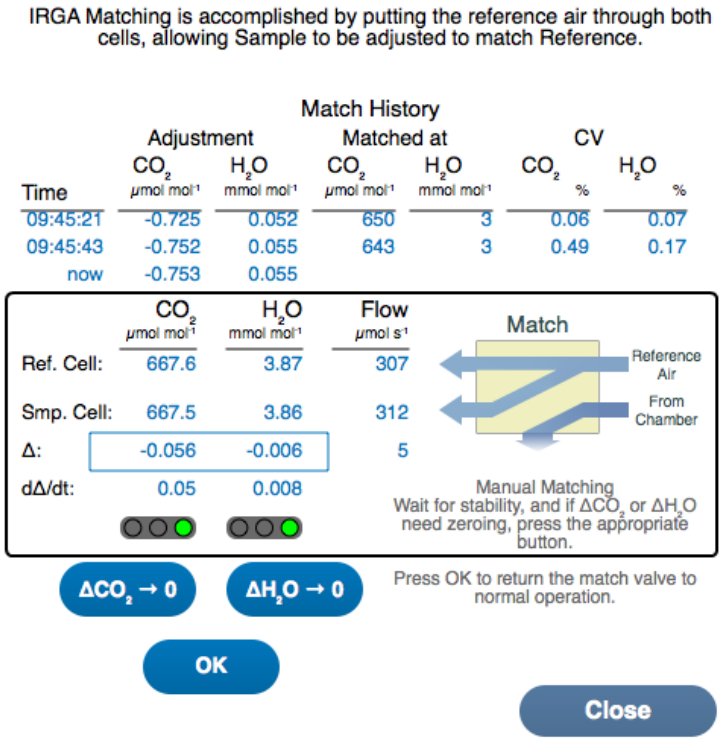
，匹配条件比较稳定；

，匹配条件已经达到稳定。

3. 匹配完成后，匹配阀会回到原初位置，查看结果确认两个分析器读数一致。

4.2.5 手动匹配模式

手动匹配模式下，人为判断匹配条件是否达到稳定，随后进行手动匹配调整。



1. Measurements ＞ Match IRGAs，开始匹配。

2. Manual Matching ＞ Start。

3. 绿色指示灯亮起时，点击按钮 $\Delta CO_2 \rightarrow 0$ 和 $\Delta H_2O \rightarrow 0$。

4. 点击 OK，匹配阀会返回到原初位置。
查看结果确认两个分析器读数是否一致。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

4.2.6 什么情况下有可能出错?

关闭 Flow，进行匹配，匹配无法正常进行；流速值太低时，将会出现警报信息，仪器也无法进行匹配。

4.2.7 匹配失败故障排除

仪器检测到运行条件并不适合匹配时，会自动取消匹配。请等待 1~2 分钟后再次尝试匹配。另外，检查一下化学药品，确认是否新鲜有效，及时进行更换。

4.3 夹上叶片

如果您之前没有使用过 LI-6800，或没有气体交换测量的经验，您可以参考以下步骤。

1. 选择待测的植物和叶片。

请选择在阳光下生长、灌溉充分的植物，并选择可以充满整个叶室的叶片作为待测叶片，但现在不夹入叶室内。如果选择受胁迫的植物或长时间处于弱光环境（如室内）的植物，则可能给测量带来难度。

2. 设置流速，在 Environment > Flow 下：
   - Flow: On
   - Pump Speed: Auto
   - Flow Setpoint: 500 μmol·s^{-1}
   - Press. Valve: 0.1 kPa 或 0.2 kPa

3.设置 H_2O，在 Environment > H_2O 下:
   - H_2O: On
   - 选中 VDP_leaf，设置为: 1.0 kPa（此为举例，具体控制根据实验情况而定）

4.设置 CO_2，需要安装 CO_2 钢瓶，在 Environment >CO_2 下:
   - CO_2 injector: On
   - Soda Lime 状态为: Scrub Auto
   - 设置 CO_2_s : 400 μmol mol^{-1}（此为举例，具体控制根据实验情况而定）

5. 设置泵速，在 Environment > Fan 下:
   - Mixing fan: On
   - Fan Speed: 10,000 rpm（多数植物适合，少数气孔敏感的植物可以适度降低设定值）

6. 设置温度，在 Environment > Temperatures 下:
   - Temperature: On 或者 Off（取决于实验是否需要控温）
   - 控制 Tleaf 或者 Txchg: （如果控温，具体所控温度取决于实验设计和目前温度，仪器可控：目前温度±10℃）。

7. 光强设置，在 Environment > Light 下:
   - 如果是透明叶室，选择光源为 Ambient>（Sun+Sky），调整叶室方位，确保叶片不被叶室壁遮光。
   - 若使用 LED 光源，Light> Head Light Source，Red:Blue 比例设置为 9:1.
   - 若使用荧光光源，选择 Light>Fluorometer>Set Point 中设置所需要的光强，在 color spec 设置 r90B40，表示红光占 90%。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

8. 检查常数设置
   - 在 Constants > GasExchange 下：确认叶面积，如果叶室不能充满叶片，则需要计算叶面积，在 Leaf Area Calculator 输入叶室内叶片平均宽度，则仪器自动计算出叶面积。
   - 在 Constants > User 下，如果需要可以设置点击 New，可以添加 Prompt，例如 Name-1，Dafault Value 框中输入"plot-3"。在数据测量中，随时可以修改这些提示，对数据做标识说明。完成后点击 Apply。
   - 在 Constants >下的其他选项，选择默认设置即可。

9. 夹上叶片。仪器和叶片稳定一段时间，在 Measurement 下观察 CO2 浓度，H2O 浓度，气孔导度 gsw 及光合速率 A 与蒸腾速率 E 是否稳定，再参考下表设置的 Stability 中的 slope 是否稳定，然后再进行测量。

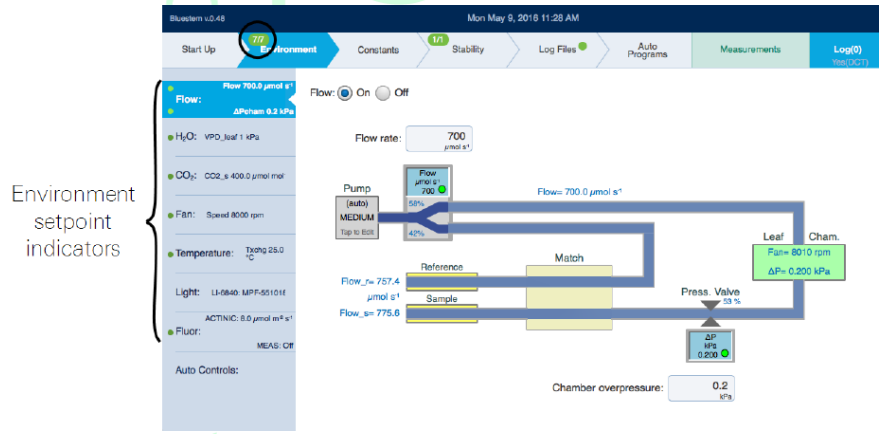
Stability 设置（可选）仅供参考，同一套设置不可能适用于所有植物和环境

Variables	Slope Limit	Period(s)
CO2R & CO2S. Meas	1	20
H2OR & H2OS. Meas	1	20
gsw.GasEx	0.02	15
A.GasEx	0.5	15
F.FlrLS	5	15

10. Log Files 下设置 logging options。
   - Match Options:选择 Always match 或者 Only Match if。
   - Logging Options:选中 Also log data to Excel file。想对数据添加 Prompt 标注，也可以选中 Prompt on (manual) log。如果也要同时记录荧光数据，在 Flr action at log 下选择 2 对应的选项。**最后在右下角按一下 All Columns 按钮（建议!）。**
   - Open a Log File：点击 New Folder 起一个辨识度强的文件夹的名称，例如自己的名字拼音，将来这位操作人员的数据全都存在这个文件夹中，方便区分。然后再点击 New file，起一个文件名，开始本次测量。

11. 查看 Environment 栏。

Environment 栏顶部会出现一个分数（下图例子中为 7/7），表示：达到条件的设置项/控制的设置项，下面实例表示设定了 7 项控制，且都达到设定值；Environment 的下拉项目中会有绿点/黄点标志，绿点表示设置点已经达到，黄点则是还没有达到设置点。



12. Measurements 菜单下观察各项参数值。

13. 测量达到稳定后，点击 Log 按钮，系统可能提示您是否修改 prompt，修改完或不修改，按 continue 键，仪器会进行匹配并记录读数。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

4.4 多种测量举例

本节内容将以如下情况作为前提：您已经组装好仪器；您会操作仪器的软件；您掌握了如何控制叶室条件；基于这些，我们开始介绍以下几种测量。

4.4.1 调查式测量

调查式测量（Survey Measurements）（选用 3×3cm 透明叶室或选用光源）主要是为了描述一个植物群体的特征，通常通过短时间内对大量叶片进行取样测量来达到此目的，这便意味着在单个叶片测量上耗用尽量少的时间，以求在有限时间内尽可能获取最大的样品量信息。

如果最终目的是对一个生物群落（或者一定数量的植物）进行特征描述的话，则每个叶片需要在相似的条件下进行测量。叶室内条件应该与植物所处的外界环境尽量保持一致。这样做可以节约测量时间，因为只需要等待叶室与环境进行平衡，而不需要等待叶片适应环境。

光照

光照是最重要的因素，注意试验前和试验中光照的变化情况。将叶片夹入叶室的过程中尽量避免叶片遮阴；测量过程中保持叶室朝向不变。了解叶片最近的光照变化情况。**如果要测量阳叶，不要选择小光斑下生长或者剔除附近一些植物后才变为阳叶的叶片。将叶片夹入标准叶室（顶部透明的叶室）后，光合速率会在几秒内就可以达到平衡。**

避免光照较大幅度的变化，产生这种错误的常见方式是在测量过程中改变叶室的朝向，请避免有意或者无意对叶室方位的改变。

对于室外调查式测量，晴朗的天气是最佳的，多云天气是最糟糕的。多云天气，叶片一直处于不稳定的状态中，这种情况下测出来的光合速率和气孔导度几乎无法进行解释，数据可能会毫无意义。此时外置光源的作用就非常突显，即使在晴天，**使用光源也可以避免突然出现的云对测量产生的干扰，避免外界光环境快速变化导致的数据不稳定。**在多云天气，外置光源可以让叶片在某一固定光强下进行平衡，**耗时大约 10~20 min**，这样数据较为真实稳定，但是会减缓调查测量的进度。

CO_2

光合速率是关于 CO_2 变化的函数，所以要尽量保持叶室 CO_2 浓度不变，这一点很重要！为此，建议对样品室 CO_2 浓度进行控制，目标值设为 400μmol mol^{-1} 左右。

湿度（Humidity）

建议湿度设置在 50%~75%RH 范围内。设置湿度时，需要考虑叶室混合扇会降低叶片的边界层厚度，因此设置值需要比外界环境湿度稍高一些，以保持叶片环境稳定并且叶片夹入叶室后不会大幅度改变气孔开放程度。

流速（Flow）

对于叶室中的叶片，固定的流速使得系统平衡时间最短，因此建议设置固定流速，中速（Medium），Flow 设置为 500 μmol s^{-1}。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

温度（Temperature）

关于温度控制和调查式测量有以下两种选择：其一，需要电池使用更长时间的话，可以不控制温度；其二，避免叶室在阳光下长时间工作带来的温度升高，建议使用冷却器控制环境温度。具体怎么设置，需要用户根据自己的实际情况去确定。

温度变化很大时会影响光合速率，如果外界温度变化迅速或者调查式测量是日变化曲线的一部分时，建议进行温度控制。

匹配分析器（Matching the IRGAs）

第一个叶片测量前进行一次匹配，此后 30 min 左右匹配一次，尤其是在温度变化时进行匹配十分必要。

记数时注意事项

- 请参考上一章节 4.3 中第 8 步到第 13 步。

4.4.2 手动做响应曲线（以 CO_2 响应曲线为例）

以下步骤指导如何进行**手动 CO_2 响应曲线的测量**（举例）。

1. 进行环境控制的设置。
   - 设置流速：
     Flow: On; Pump Speed: Auto; Flow Setpoint: 500μmol s^{-1}; Press.Valve: 0.1 或 0.2 kPa.
   - 设置 H_2O：H_2O: On; and RH_air: 50%~75%.
   - 设置 CO_2：CO_2 injector: On; Soda Lime: Scrub Auto; 设置 CO_2_s: 400 μmol mol^{-1}.
   - 设置叶室混合扇：Mixing fan: On; Fan Speed: 10,000 rpm。
   - 设置温度（是否设置温度，请见章节 4.4.1 的解释）：如果要设置温度，先查看当前温度值；Temperature:On; Tleaf: 控制值与环境温度相近。
   - 光源（HeadLS or Fluor）：对于大田植物，设置 PAR 为 1,500μmol m^{-2} s^{-1};温室或气候室生长的植物设置为 750μmol m^{-2} s^{-1}。如果没有光源，请在生长室或室外进行测量，但要注意，没有稳定的光强控制，测量结果没有意义。
2. 夹上叶片。
   待仪器与叶片稳定一段时间后，进行以下步骤。
3. 对图像进行设置以便查看数据的稳定性或已记录的数据。
   比如对同化量（A）和胞间 CO_2 浓度（Ci）进行作图，需要在 Measurements 菜单下选择 plot A 然后点击 Edit Graphs。将横坐标设置为 Ci，纵坐标设置为 A，并用 fixed 方式设定好坐标的区间。以便所记录的数据都能在图上显示。
4. 关于读数的稳定性判断，请见章节 4.3 中的相关介绍。
5. Log Files 下设置记录选项，并打开一个记录文件。
   - Match options：Always match。
   - Logging options：若使用荧光叶室，设置 Flr action at log: 0 Nothing（不记录荧光参

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

数）。

- Open a LogFile 打开记录文件：找到自己建立的 Folder 文件夹，进入，点击 New File，输入文件名字，OK，命名文件为"Sample CO_2 curve"，或其他类似的名字。

6. 等待稳定，记录第一个数据。
7. 然后逐步降低 CO_2 浓度值，例如降低 100 μmol mol^{-1}，等待稳定，记录数据。
8. 重复步骤 7，直至完成。

CO_2 浓度依次设置为：300, 200, 100, 和 30 (C_3 植物) 或 0 (C_4 植物)。最后一个点设置在补偿点以下，CO_2 浓度设置点的变化会短时间内打破系统的稳定性，第一个 CO_2 浓度设置点和最后一个之间设置 4~5 个点，最后一个 CO_2 浓度设置点 C_3 植物为 30 左右，C_4 植物为 0。

9. 返回第一个 CO_2 浓度设置点。

CO_2 浓度再次设置为 400 μmol mol^{-1}，记录光合速率值恢复到正常值需要多久的时间。

10. 设置一些高于环境 CO_2 浓度的点并依次进行测量，例如：600, 800, 1000, 和 1200μmol mol^{-1} 等等。每个浓度下都等待稳定，记录数据。
11. 分析数据。

用图像进行分析：CO_2 补偿点是多少？在试验过程中湿度是否保持恒定？测量过程中气孔导度变化多少？

4.4.3 CO_2 响应曲线（自动）

为什么要进行 CO_2 响应曲线的测量？一条 A-Ci 曲线可以反映植物或者叶片的生物化学信息，例如：

- CO_2 补偿点：光合和呼吸平衡时的 Ci 值。
- 羧化效率：CO_2 响应曲线的初始斜率，对于 C_3 植物，该斜率可以反映 Rubisco（核酮糖-1,5-二磷酸羧化酶/加氧酶）的最大活性，有时也叫做叶肉导度。
- 气孔限制：CO_2 响应曲线可以定量气孔限制的大小。
- 羧化限制：在叶肉细胞中，羧化限制可以从电子传递限制中分离开来。

CO_2 响应曲线测量注意：

光（Light）

光强在测量过程中应保持恒定，并设置为非光限制范围的强度值，即所设光强不应该对植物产生光限制。LED 光源或者荧光光源对 CO_2 响应曲线的测量都非常适宜，如果对植物熟悉可以设置光强为该植物正常接收光照的最大值，等待一段时间让植物适应光强达到平衡。

CO_2

曲线测量的 CO_2 梯度到底如何设置？需要考虑在测量过程中最看重的是哪些参数。推荐设置：**以环境浓度开始，然后降低浓度，再返回到环境浓度，最后增大至高浓度。**原因是在 CO_2 低浓度时，Rubisco 可能失活；高浓度下，气孔关闭：如此设置避免在最低和最高点耗时

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

过长。

温度: CO_2 响应曲线需要在温度恒定条件下测量，请进行温度控制。

湿度控制

仪器相对湿度设置为 50%~75%之间，也可以控制叶片的 VPD。不清楚具体设置多少时，叶室相对湿度 50%~70%范围内时夹上叶片，查看叶片 VPD 参数值，进行参考设置。

匹配: 测量过程中 CO_2 浓度变化幅度较大，建议在每次读数前进行匹配。

CO_2 响应曲线自动测量步骤

1.环境控制选项的设置

- 设置流速：
  Flow: On; Pump Speed: Auto; Flow Setpoint: 500 μmol s^{-1}; Press.Valve: 0.1kPa 或 0.2kPa.
- 设置 H_2O：H_2O: On; and RH_air: 50%-70%.
- 设置 CO_2：CO_2 injector: On; Soda Lime: Scrub Auto;设置 CO_2_r: 400 μmol mol^{-1}.
- 设置叶室混合扇：Mixing fan: On; Fan Speed: 10,000 rpm。
- 设置温度：先查看当前温度值；Temperature:On; Tleaf:27.0 °C 或者与环境温度相近。
- 外置光源：HeadLS or Fluor: 1,500 μmol m^{-2} s^{-1}，或者其他对植物不限制的光照强度。

2. 设置叶面积和气孔比例。
   查看 Constants > System Constants 下的值是否正确？
3. 打开一个记录文件
   确保进行了匹配设置（Match Options）和记录设置（Logging Options）。
4. 夹上叶片
5. 打开自动程序
   Auto Programs＞CO_2 Response，按照 4.4.2 介绍的手动做响应曲线的方法进行设置 CO_2 响应曲线或者使用默认设置 400,300,200,100,30(C_3)或 0(C_4),400,400,600,800,1000,1200，1500，1800，点击 Start。
6. 查看曲线
   Measurements 菜单下，查看 CO2_r 和 CO2_s 参数，也可以绘制 A-Ci 曲线。
   数据储存在 log file 中，查看路径：Log Files > Analyze Logs，选择文件，点击 View 即可。

4.4.4 光响应曲线

为什么要进行光响应曲线的测量？完全黑暗的环境下，光合作用无法进行，叶片对最开始出现的少量光量子吸收的效率最高，而后随着光强的增强，吸收效率降低，最后光强增加，光合速率增加幅度很小或者不再增加。因此，光响应曲线可以提供以下信息：

- ✓ 暗呼吸速率：无光时的同化速率；
- ✓ 光补偿点：光合作用和呼吸作用平衡时对应的光量子通量密度；
- ✓ 量子效率：同化速率的最初斜率；

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

✓ 光饱和最大光合速率：A_{sat}。

和阳生植物相比，阴生植物暗呼吸速率往往偏低，光补偿点也低，最大光合速率也较低，但是具有较高的量子效率。

光响应曲线的几种测量方法

根据不同的测量目的，以下介绍一些推荐测量方法：

1) 快速光响应曲线

光合器官对于光强的变化响应是最快的，基本上是实时响应，尤其是**光强从高到低改变**时。快速测量方法是将叶片先在强光下进行诱导，而后降低光强，降低步长为 200μmol m^{-2} s^{-1} 或更小，每个数据点耗时 1~2 min。当进行快速光响应曲线测量时，气孔无法随着光强的变化进行及时调整，在弱光下开放程度要比正常情况下偏大一些，可以从稳定增大的 Ci 反映出来。这并不表示测量有问题，只是需要注意的是，怎么使用快速光响应曲线测量得到的气孔导度值，因为这些数值是非平衡下的数值。

2) 慢速光响应曲线

相对于快速光响应曲线，另一种方法就是做慢速光响应曲线测量，在每一个光强梯度都等待足够长的时间让气孔进行平衡。因为速度很慢，所以**光强梯度可以由小变大，也可以由大变小**。在每个光强下等待 15~20 分钟，您会发现 Ci 值在测量过程中相当稳定，反映了气孔是在该条件下进行了充分稳定的调整。实际上，除了最低光强那个点以外，Ci 值可以作为判断每个梯度下数值记录的指标。

3) 调查式光响应曲线

第三种测量光响应曲线的方法是使用一系列光强度下平衡的叶片数据做光响应曲线。优点是测量快速，数据平衡稳定。遇到的挑战是不同叶片之间的生长差异和响应曲线中其他因子的差异。调查式光响应曲线对于品种间的对比特别适宜。比如，对于落叶树，冠层中叶片位置与叶片年龄没有太大的关系。做调查式光响应曲线时，选择照光角度不同或不同遮阴程度的叶片进行试验。另外要注意的是叶片的朝向和方位。对于标准叶室，叶片夹入叶室后，叶片受光的方位可能因为叶室壁产生遮阴从而对测量有影响；建议使用外置光源，可以先设置合适的光强值，或者根据外置 PAR 传感器检测的环境光强进行自动追踪，以避免叶片受叶室壁遮阴的影响。

4) 光斑和遮光方法

第四种测量光响应曲线的方法是光斑和遮光方法，使用最初的光水平值插入新的光水平梯度内，并给予时间以进行平衡，例如：100, 1000,1800, 500, 1800, 300, 1800 μmol m^{-2} s^{-1}（最初的光水平值并不需要太高；也可以反方向梯度对遮光的叶片进行测量）。这种方法对于研究冠层光动力学的问题可能比较合适。

光响应曲线测量注意事项

一旦确定了测量哪一种光响应曲线，接下来需要确认的就是如何设置叶室控制项和怎样

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

采集数据。

光

测量光响应曲线的最好光源是 3×3 cm 的光源或者荧光光源，没有外置光源的话，曲线无法自动测量，但也有其他可能的方法来实现。例如使用滤光片，可以定量的降低光强。另外，调查式光响应曲线的测量也可以在无外置光源情况下进行。

温度

光响应曲线最好是在温度相对稳定的环境下测量的，建议打开冷却器对叶片进行控温。

湿度控制

设置 RH 为 50%~75%之间，也可以控制叶片的 VPD。不清楚合适的设置点时，叶室相对湿度 50%~70%范围内时夹上叶片，查看叶片 VPD 参数值，进行参考设置。

匹配

由于光响应曲线测量过程中分析器内气体浓度变化不大，所以没有必要在每个数据点测量前都进行匹配，建议曲线开始测量前匹配一次，然后设置为 Only match if abs(co2_r-CO2_s) < 5ppm。

自动程序

自动程序允许使用者按照预先的设置对曲线进行自动测量。

光响应曲线自动测量操作步骤（以“快速光响应曲线测量”为例）

1.环境控制选项的设置

- 设置流速：Flow: On; Pump Speed: Auto; Flow Setpoint: 500; Press.Valve: 0.1 kPa 或 0.2。
- 设置 H_2O：H_2O: On; and RH_air: 50%-75%.
- 设置 CO_2：CO_2 injector: On; Soda Lime: Scrub Auto;设置 CO_2_s: 400 µmol mol^{-1}.
- 设置叶室混合扇：Mixing fan: On; Fan Speed: 10,000 rpm。
- 设置温度：先查看当前温度值；Temperature:On; Tleaf:27.0 °C 或者与环境温度相近。
- 外置光源：HeadLS or Fluor: 1,800 µmol m^{-2} s^{-1}，或其他不对植物产生限制的光照强度。

2. 夹上叶片

3. 设置叶面积和气孔比例

查看 Constants > System Constants 下的值是否正确？

4. 打开一个记录文件

确保进行了匹配设置（Match Options）和记录设置（Logging Options）。

5. 对图像进行设置

Measurements＞Graph A，点击 Edit Graph，对 A 和 Q_{in} 进行图像设置。

6. 选择自动程序

Auto Programs＞Light Response，对设置进行调整或者使用默认设置（光强从高到低设置，如：1800,1500,1200,900,600,300,200,150,100,70,30,0）。

7. 点击 Start

Measurements 栏下查看测量。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

4.4.5 荧光实验

以下实验包含一些基本的荧光测量，内容有助于了解荧光测量原理和多相闪光技术（Multiphase Flash™ Fluorometer）。

实验一： Fv/Fm 的测量

Fv/Fm 是 PSⅡ反应中心最大光化学量子效率的估计值，由 Fo 和 Fm 两个参数计算而来。Fo 是充分暗适应的植物在 PSⅡ最初受体全部“开放”（Q_A 全部氧化）时的荧光水平；Fm 是充分暗适应的植物在应用饱和闪光后 PSⅡ最初受体全部“关闭”（Q_A 全部还原）时的最大荧光水平；可变荧光 Fv 则为 Fm 与 Fo 之间的差值。Fv/Fm 一般在 0.75~0.85 之间，主要与叶片的健康程度、叶龄和前处理有关系。

本实验只研究荧光参数，所以暂时不考虑气体交换参数。

1. **叶片进行充分暗适应**。

最好的方法是暗适应一个晚上。一般至少要进行 20 分钟以上的遮光处理，可以用铝箔包裹住整个叶片，或者将离体叶片放在黑箱子里（时间不要太久，避免叶片萎蔫）

2. 确保作用光 Actinic 为关闭状态。

Environment > Fluor > Actinic 下，Actinic 设置为**非激活状态**，即 OFF，确保作用光关闭。

3. 配置测量光。

Environment > Fluor > Measuring：On； Dark mod rate:设置为 50 Hz。

4. 设置矩形闪光（Rectangular flash）。
   - Red target: 8000 µmol m^{-2} s^{-1}.
   - Duration: 1000 ms.
   - Output rate: 100 Hz.
   - Margin: 5 points.
5. 打开记录文件并设置选项。

注意：没有建立记录文件时，可以进行饱和闪光，但数据无法存储。

   - ✓ Log Files > Match Options：Never match；
   - ✓ Log Files > Logging Options：Flr Action at Log: 选择 1: FoFm (dark) orFsFm' (light) ；Flash type: Rectangular。
6. 荧光图像设置。

Measurements 菜单下：

   - ✓ 选择 F 查看实时图 (F for Fluorescence)；
   - ✓ 点击 Edit Graphs.
   - ✓ 设置 Plot: Time.
   - ✓ 选择变量: FlrLS 下，选择 F (demodulated fluorescence)。
7. 夹上叶片。

查看 F 图像，会看到叶片荧光数值会很快稳定下来。但是如果测量光过高，荧光稳定会很慢，此时需要调低 Dark mod rate。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

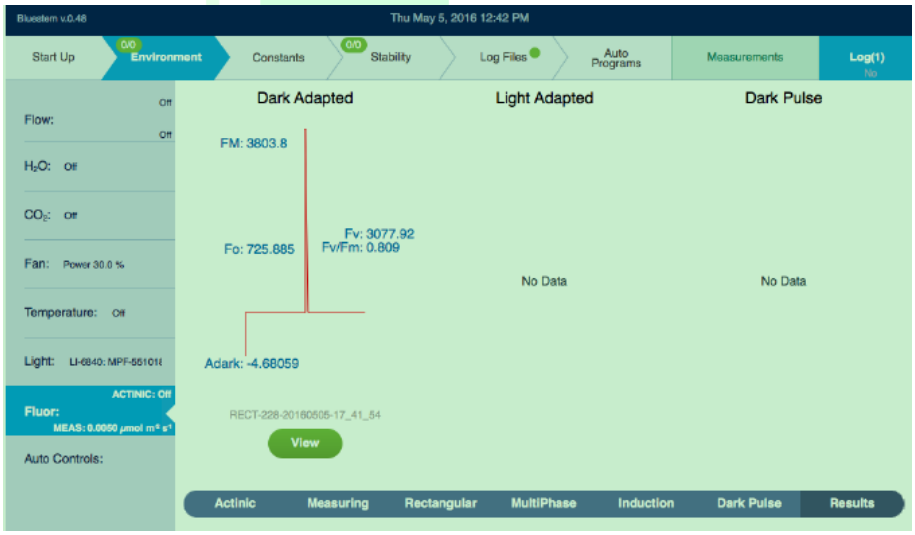


8. 稳定后，点击 Log 按钮，这时饱和闪光在图像上很明显。



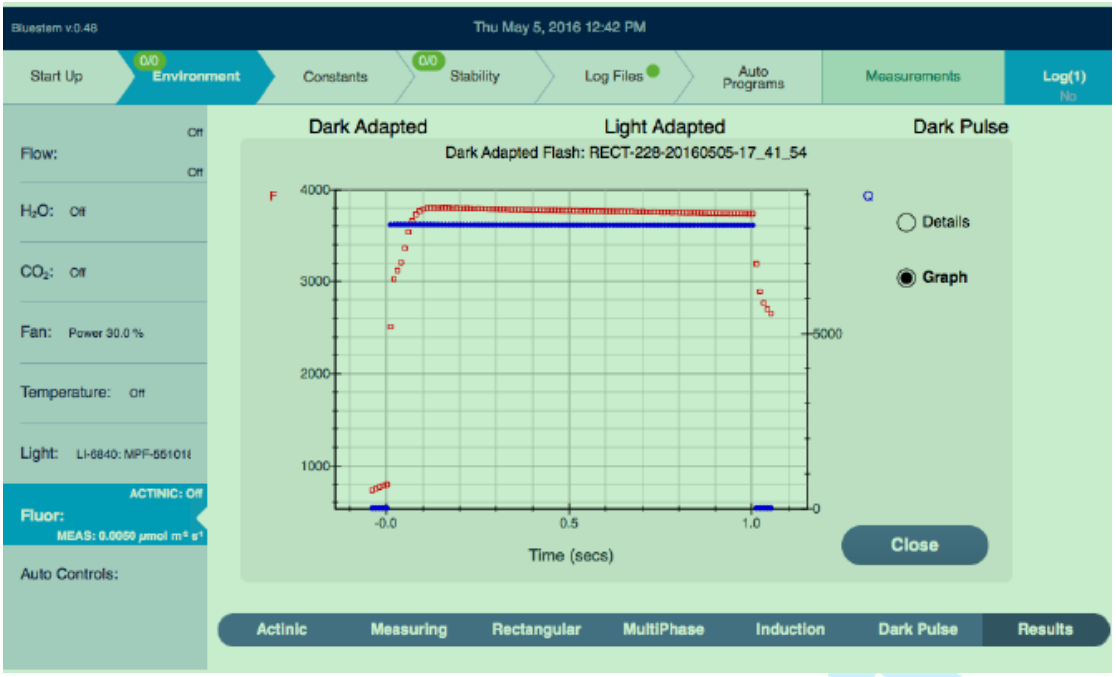
9. 查看饱和闪光数据结果

Environment > Fluor > Results，查看数据。



基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

10. 点击 View，查看闪光和荧光发射信号图像。



11. 选择 Details，查看记录数据。



其他样品重复以上步骤，对不同植物的荧光参数进行比较、或者对健康植物和受胁迫（水/温度胁迫）植物进行比较等。

胁迫会升高或者降低 Fv/Fm 吗?

PS Ⅱ对温度、干旱和光辐射等环境胁迫十分敏感，影响 PSII 量子效率的胁迫会降低 Fv/Fm。植物自身状态和环境因素也会对 Fv/Fm 产生影响，包括叶龄、叶片健康程度和环境条件是否适宜等。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

实验二：测量 PSII的量子效率

ΦPSII (ΔF/Fm')，PS Ⅱ吸收的光量子被用于光化学过程的比例，针对光适应叶片进行的测量。由参数 Fs 和 Fm'计算而来，Fs 为稳态荧光，Fm'是光适应叶片在应用饱和闪光后得到的最大荧光(Genty et al. 1989)。

1. **选择光适应的叶片**。

待测叶片至少在目标光强下充分适应 20 min 以上，实验之初，需要准备多个待测叶片（相同叶龄，适应相同的光照环境），实验后期您可能想再进行一些叶片在其他光照强度下的测量（例如遮阴叶片和阳生叶片比较的实验）。

2. 设置叶室环境，在 Environment 栏下：
   - Flow: 500 μmos^{-1}
   - H_2O: 从 50% 的 RH_air 开始
   - CO_2:控制样品室浓度 400 μmol^{-1}
   - Fan: Fan power 60%
   - Temperature: Off
3. 设置荧光：

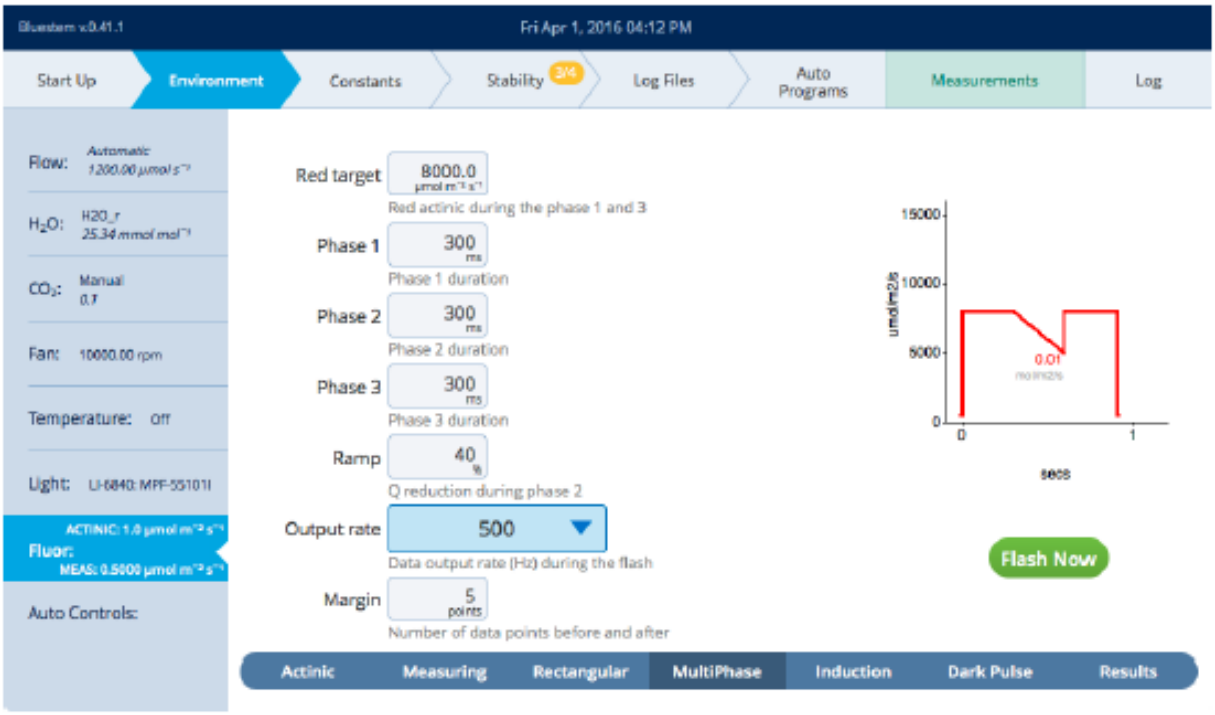
在 Environment > Fluor > Actinic 下，设置作用光（或活化光）
   - Actinic: On; 设置 Q 目标值为环境值（Qamb_out）
   - f_red target: 0.9
   - f_blue target: 0.1
   - f_farred target: 0.0

Environment > Fluor > Measuring 下，设置测量光
   - Dark mod rate:默认设置
   - Light mod rate: 50 kHz
   - Flash mod rage: 250 kHz

Environment > Fluor >下，有两种设置：单一强度饱和闪光（Rectangular）或者多相饱和闪光（MultiPhase）。一般**测量光适应叶片的荧光参数，建议设置多相饱和闪光（MultiPhase）**，请见以下介绍及下图设置。

Multiphase Flash™ （简称 MPF）是在闪光中使用不同的光强，然后通过荧光图中的 Y 轴截距与光强倒数的比值来计算真实的光下最大荧光产额 $^{E}Fm'$（"true" Fm′）。相比于使用单一强度饱和闪光的传统荧光计测得的 $^{A}Fm'$，$^{E}Fm'$ 更加准确。大量研究实验表明，$^{A}Fm'$ 会随着单一饱和闪光强度的增加而增加。不准确的 Fm′会导致由此计算的ΦPSII 误差在 15-30%；而 $^{E}Fm'$ 要比任何光强的 $^{A}Fm'$ 高，且在一定强度光强之后，$^{E}Fm'$ 是稳定的；这一特性对于某些对光强较为敏感，易造成光损伤的植物的测量比较适宜，因为只需要使用较低光强的饱和闪光，利用 Multiphase Flash™ 多相闪光技术就可以得到准确的 $^{E}Fm'$。（详情请见 LI-COR 网站：https://www.licor.com/env/products/photosynthesis/LI-6800/gas_exchange_fluorescence.html；以及 Loriaux S.D., Avenson T.J., Welles J.M., etc. Plant, Cell & Environment, 2013）

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn



4. 打开记录文件并设置选项

Log Files 栏下，

- Match Options 匹配选项:
  选择 Only match if ：
  Elapsed time 10 minutes since last match
  CO2_r has changed > 100 ppm since last match
  and abs(CO2_r - CO2_s) < 5 ppm.
- Flr Action at Log: 选 1: FoFm (dark) or FsFm' (light).
- Flash type: 选择 Multiphase.

对于处于低光环境的植物，单一强度饱和闪光（Rectangular Flash）也比较适宜，例如温室中或气候室内的植物；**而对于完全暴露在阳光下的植物，多相闪光（Multiphase Flash™）更为适合，**我们会在后面的实验进行详细说明。

5. 荧光图像设置：同实验一。

6. 夹上叶片。

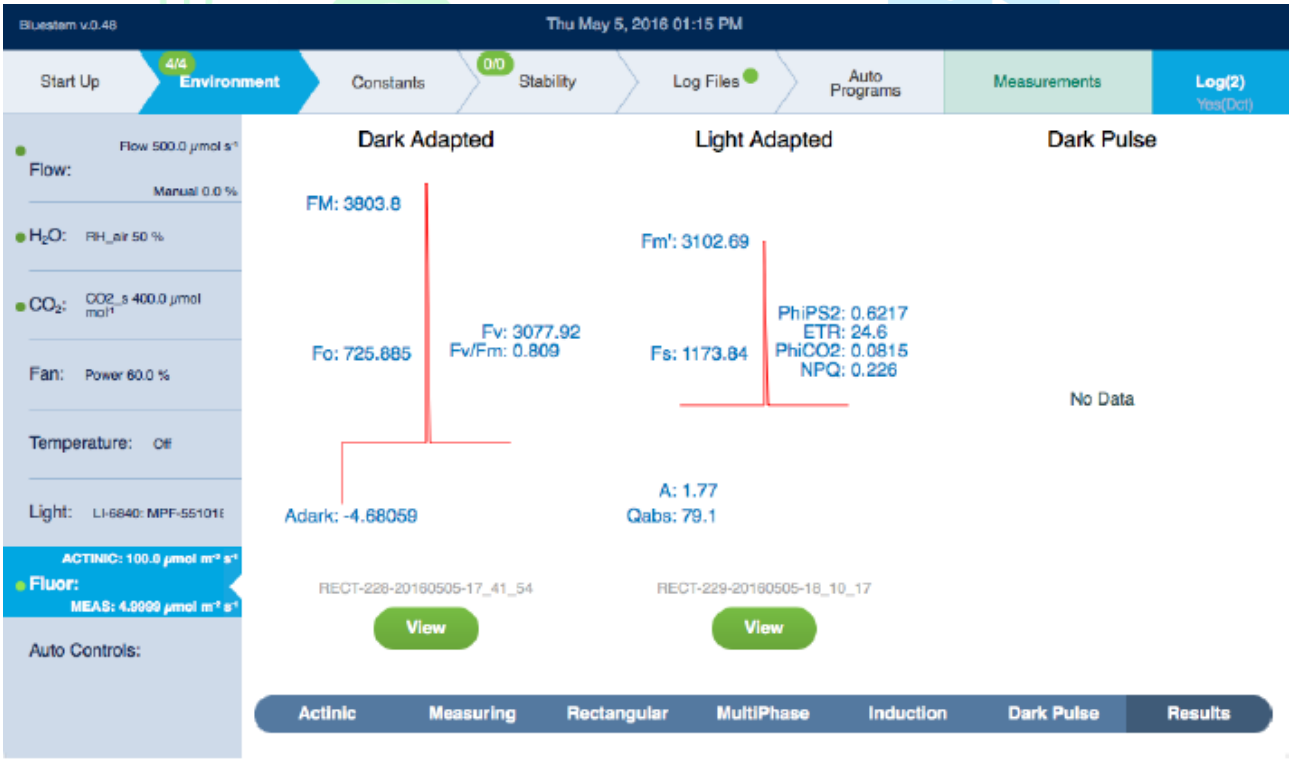
查看荧光图像，会看到叶片荧光数值会很快稳定下来。但是如果测量光过高，荧光稳定相对较慢，此时需要调低 Dark mod rate。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn



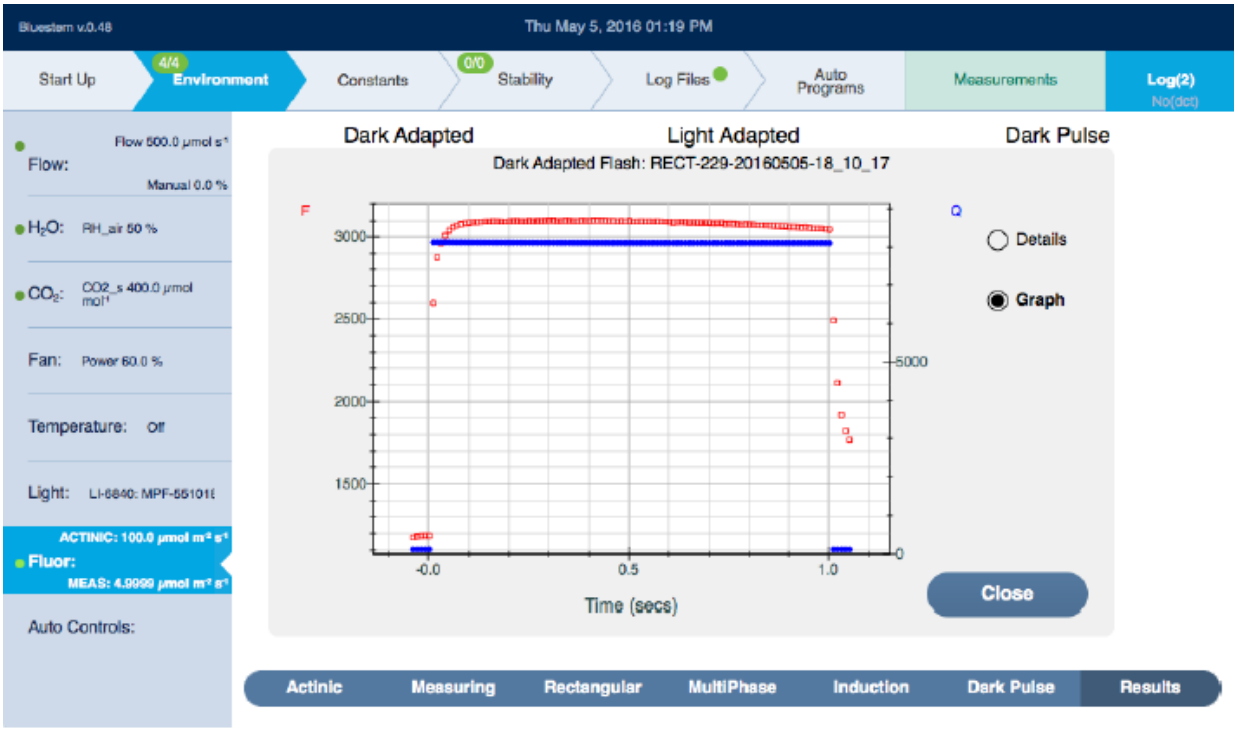
7. 点击 Log 按钮，查看 Φ_{PSII}。
8. 查看荧光数据。

Environment > Fluor > Results 下，如果实验一结束后没有关闭仪器，接着进行实验二，会看到暗适应（实验一）的荧光参数和光适应（实验二）的荧光参数。



基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

9. 在 Light Adapted 图像下点击 View，查看饱和闪光和荧光信号图像。



更换相似叶龄和照光历史的叶片，重复步骤 7 和 8，进行测量。

进一步的研究可以尝试一下不同光照强度，比较强光（2,000μmol m-2 s-1）和弱光（100μmol m-2 s-1）条件下，叶片的 PSII 量子效率（ΦPSII）有何区别。

低光和高光下的叶片 ΔF/Fm'（ΦPSII）有什么差别?

叶片的 ΦPSII 一般在弱光条件下较高，因为吸收的光主要用于光化学过程，这部分光占总吸收光的比例最高；强光照射下的叶片 ΦPSII 低，因为强光下多数吸收的光可能会通过非光化学过程进行耗散了，这部分光占吸收光的比例较高。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

实验三，Fv’/Fm’与荧光猝灭系数的测量

本实验会对其他三个比较有用的荧光参数进行剖析。Fv’/Fm’代表了在光下开放的 PSII 反应中心的能量捕获效率。与叶绿素荧光竞争的两个过程分别为光化学猝灭（qP）和非光化学猝灭（qN）。

很多学科或研究领域都会用到这些参数，但是后面两个参数（qP 和 qN）对胁迫生理研究很是有用。这三个参数的计算都需要 Fo’的参与，Fo’是光适应的叶片在黑暗中的最小荧光。如何对 Fo’进行测量呢？一种方法是将样品进行暗适应，直至所有的 PS Ⅱ反应中心全部氧化（一般 20min 左右）。另一种相对便捷的方法是使用远红光优先激发 PSⅠ系统，加速 PS Ⅱ向 PSⅠ泵入电子；这种方法只需要照射几秒钟远红光即可完成。LI-6800 荧光仪采用第二种方法，程序中设有暗脉冲“Dark Pulse”的方法，针对光照下的植物测量 Fo’。。

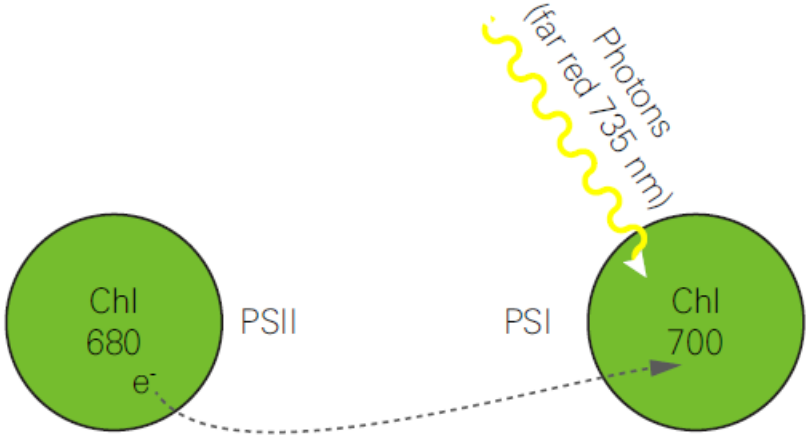


Figure 4-1. PSI is preferentially excited by far-red light, which drives electron transport of PSI, and thus drains electrons from PSII. This is a method of rapid equilibration for determining Fo'.

1. 选择植物。

   这个实验需要暗适应和光适应的植物叶片。

2. 按照实验一配置荧光。

   除了实验一的配置，还需要进行以下设置，Environment > Fluor > Dark Pulse 下，

   - FarRed target: 25 μmom^{-2} s^{-1} (暗脉冲适宜值)
   - Duration: 5 (作用光关闭时间)
   - Before: 1 (作用光关闭前 1s 远红光打开)
   - After: 1 (作用光关闭后 1s 远红光关闭)
   - Margin: 1 (Number of data points before and after)

3. 设置荧光图像，**夹上暗适应叶片。**

   同实验一设置，等待 F 稳定。

4. 打开记录文件，并设置相关选项。

   - Match Options: 选择 Only match if Elapsed time 10 minutes since last match, CO2_r has changed ＞100 ppm since last match, and abs(CO2_r - CO2_s) < 5 ppm.

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

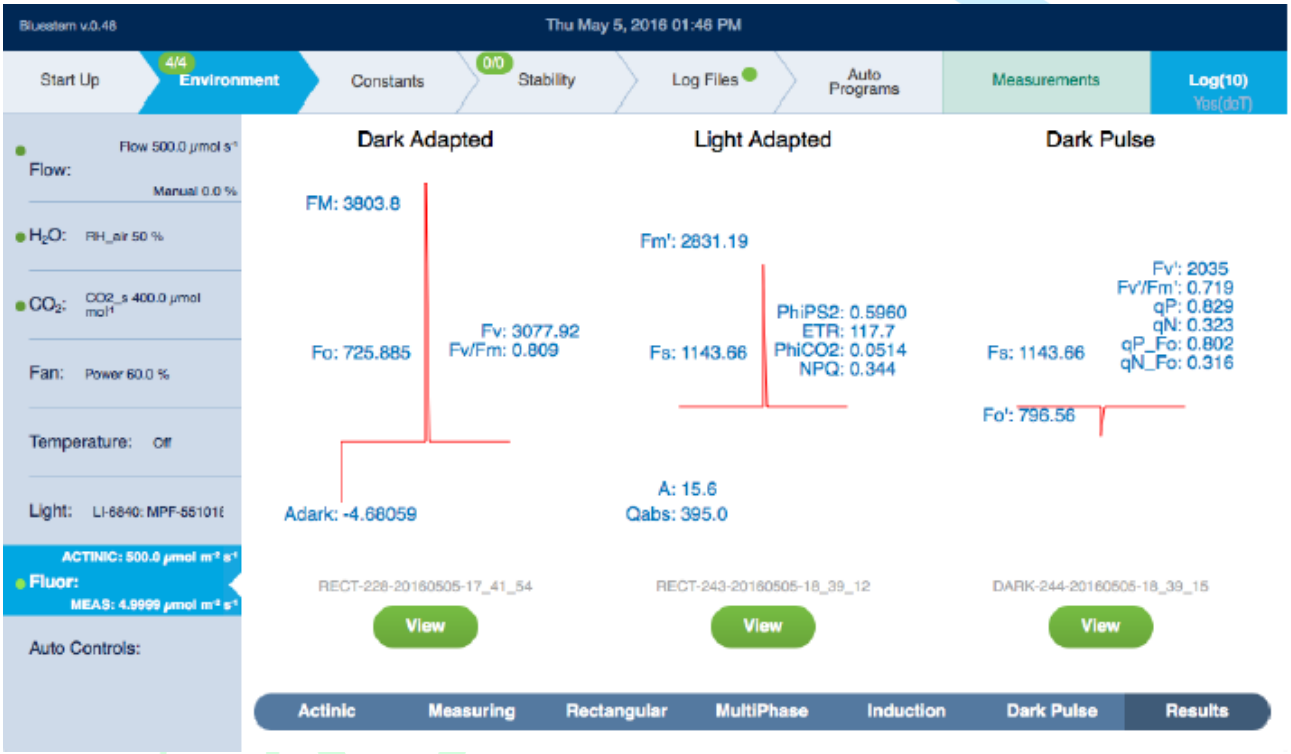
- Flr Action at Log: 选择 2: FoFm (dark) of FsFmFo' (light).
- Flash type: Rectangular，先以矩形闪光开始。

5. 等待 F 稳定后，测量 Fv/Fm。
6. 设置并打开作用光 Actinic 并等待植物适应。

设置作用光的强度为植物中午接收的平均 PAR 水平，每一个光照强度下适应 1h 后进行下一个步骤，可以根据 F 的稳定情况判断植物是否已经适应该光照条件。

7. 等待 F 稳定后，点击 Log 按钮。
8. 查看暗脉冲具体设置。

查看暗脉冲期间荧光 F 信号是否稳定，判断暗脉冲设置是否合适。



9. 比较 Fv'/Fm' 和 phiPS2(即 ΦPSII)。

查看 Fv'/Fm' 的计算公式，可以看出来 phiPS2 应该小于 Fv'/Fm'，因为 Fv'/Fm' 是最大的量子效率，而 phiPS2 是某一光强水平下的实际量子效率，由于存在其他过程与光化学过程竞争光能，所以 phiPS2 会低于 Fv'/Fm'。

10. 查看猝灭系数。

qP 和 qN 的数值在 0~1 之间，完全暗适应的植物，qP=1 和 qN=0；作用光强度逐渐升高时，两者成相反方向变化。

11. 其他叶片重复以上步骤。

比较强光和弱光下适应的叶片的测量结果。

强光和弱光下适应的叶片，哪个 PSII 反应中心的光能捕获效率更高?

通常情况下，弱光适应的叶片能更有效地利用入射光，低光强度照射下，过剩 PAR 较少，大多数植物在这种情况下捕获光能的效率更高。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

4.4.6 荧光和气体交换实验

以下两个实验将气体交换和荧光参数测量结合起来，测量气体交换数据请确保分析器零点准确，匹配正常。

实验四：光响应曲线

在本实验中，主要研究 phiPS2 and phiCO2 这两个参数。ΦPSII 是由荧光参数计算出来的 PSⅡ的量子产率，ΦCO2 是由 CO_2 同化过程计算的量子产率。要想获得者两个参数，需要得到 CO_2 总的同化量，包含光下 CO_2 同化量与黑暗下的 CO_2 同化量（黑暗条件下的 CO_2 同化量需要提前测定），同样需要确定 Qabs，它的计算需要测得入射的 PAR 强度和叶片吸收率。

注意：如果测定 C_3 植物，最好在无光呼吸的条件下进行测量。实现方法是：向 LI-6800 inlet 口接入＜2%氧气的气瓶，借助适宜的调节器（减压阀）、T 型支管和流量计，控制合适流速给泵供气，并有合适的位置将过量的流速气体排掉。否则，得到的 Φ_{PSII} 和 Φ_{CO2} 之间可能就不是线性关系了。C_4 植物则不存在这样的问题。

本实验，我们借助 Light Response 自动程序进行，以光适应的叶片开始测量，然后逐步降低光强以提高量子效率和产率。

1. 选择光适应的叶片。
2. 配置叶室环境：在 Environment 栏下，
   - ✓ Flow: On , 500 μmol s^{-1}
   - ✓ CO_2: 样品室 400 μmol mol^{-1} 左右
   - ✓ H_2O: 50%~ 70% RH or VPD_leaf
   - ✓ Fan: 10,000 rpm
   - ✓ Temperature: 接近环境温度
   - ✓ Fluor > Actinic: 2,000 μmol mol^{-1}, f_red taget: 9, f_blue target: 1.
3. 设置荧光常量，在 Constants 栏下进行设置。
   - ✓ Adark: -0.5 或者之前试验中测得到的数值；
   - ✓ Fm、Fo 和 PS1/2：如果你在做此操作之前进行了暗适应的试验，这三个值会自动填充；否则，需要人为输入对应参数数值。
4. 打开记录文件，配置相关选项。
   - ✓ Match Options: 选择 Only match if Elapsed time 10 minutes since last match, CO2_r has changed > 100 ppm since last match, and abs(CO2_r - CO2_s) < 5 ppm.
   - ✓ Flr Action at Log: 选 1: FoFm (dark) of FsFm' (light).
   - ✓ Flash type: Multiphase
5. 对 Light Response 自动程序进行配置。
   - ✓ Light values: 从高到低，如 2000, 1500, 1000, 500, 200, 100, 50, 0 μmol m^{-2} s^{-1}
   - ✓ Min wait: 120 seconds
   - ✓ Max wait: 180 seconds
   - ✓ 选中 Early match
6. 对图像进行设置。等待稳定。启动自动程序。查看曲线。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

4.5 实验测量技巧

本节内容介绍一些小技巧帮助您更好地使用 LI-6800。

保持主机直立

保持主机直立，能够确保气流通过化学药品管；主机倾斜时，药品会倾向一侧，影响药品对气体的充分吸收。主机倾斜会导致控制 CO_2 和 H_2O 到设定浓度点的时间延长，或者无法达到设置点。此外，主机倾斜可能会造成 CO_2 和 H_2O 浓度控制不稳定，还会造成测定的 A, E, gs, and Ci 数值波动加大，数据不稳定。

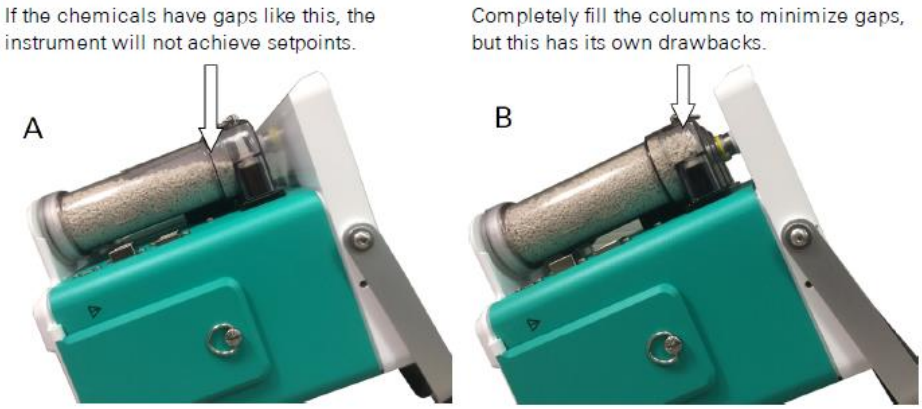


Figure 4-2. Notice that the predominant pathway for air is not through the chemicals **(A)**. *This is undesirable because air is not exposed to as much chemical. You can fill the columns completely to prevent gaps* **(B)**. *The downside of this is that the chemicals may appear saturated more quickly, and it is harder to break up channeling by shaking the column.*

如果您的实验不可避免的会出现主机倾斜的情况，请将每个化学管尽量装满药品。这样主机倾斜时，药品很难倾斜，但是同时也很难通过晃动将板结的药品在药品管内晃开，所以这是一种折衷的办法。

关注报警信息和达到控制点的耗时时长，时间过久时，需要摇晃化学管或者补充药品。

延长苏打使用寿命

往苏打管中添加 5 ~10 ml 蒸馏水，轻微摇晃化学管使水被药品颗粒均匀、充分吸收，延长苏打药品的使用寿命。

减轻负载

仪器可以只安装一块电池，另一块随身携带，但移除第一块电池之前必须先安装第二块电池。

叶片暗适应

进行荧光测量时，可能需要对叶片进行暗适应。最好的方法是在黎明破晓前进行测量，但是也可以通过铝箔片包裹叶片进行暗适应，确保把整个叶片包裹住，遮挡住所有光。要想得到理想的测量结果，请将叶片被测区域（即夹入荧光叶室部分）周边至少 10 cm（4 英寸）

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

范围都进行充分暗适应。

4.6 记录数据的管理

4.6.1 文件和目录

Log Files 栏下查看所有文件。

命名规则

数字、字母、空格和标点符号（“/”除外）的任意组合即可，字母区分大小写。logdata、LogData、LOGDATA、log_data 文件都是不同的；点号也可以使用：log.data；

目录

目录提供了对文件进行逻辑（或者非逻辑）分组的方法，可以按照文件命名的方式对目录进行命名，适用于 logs 和 flrevents 命名的测量。

浏览目录

点击文件夹打开，点击 New Folder 在选择的文件夹下新建一个文件夹，点击 New File 则在此目录下建立一个新文件。Home 按钮返回最顶行。

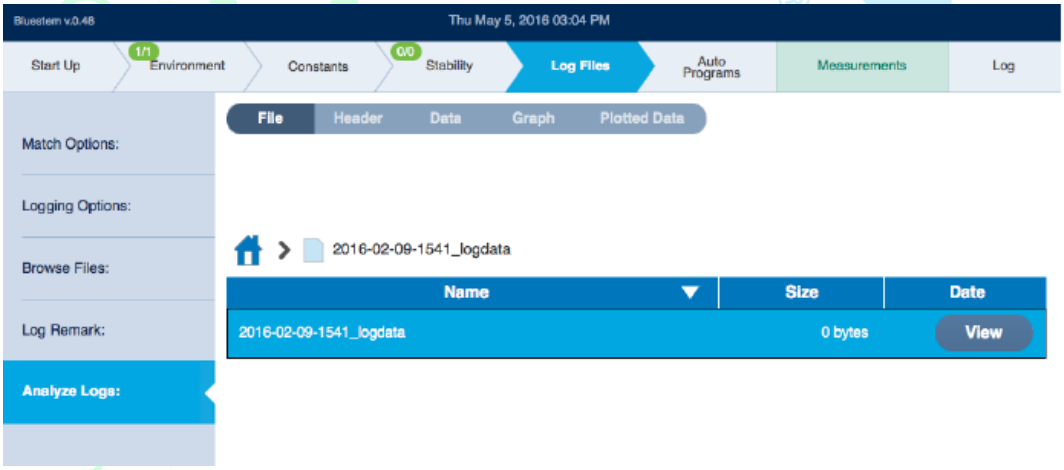
对文件和文件夹进行分类

文件浏览时，可以对文件夹按照名称、大小和日期进行分类，升降序排列依次切换。

4.6.2 在主机中查看记录数据

储存在 LI-6800 中的数据可以随时在主机上进行查看。

1. Log Files > Analyzer Logs 下查看文件。



2. 选择文件，点击 View 按钮。
3. 打开文件，可以看到：
   - ✓ File: 点击查看文件.
   - ✓ Header: 打开文件的表头信息.
   - ✓ Data: 实际的日期信息.
   - ✓ Graph: 对数据文件的参数绘图.
   - ✓ Plotted Data：进行绘图的数据值.

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

4. 数据绘图

点击 Graph 按钮进行绘图，对横坐标、左右纵坐标进行参数选择。

4.7 向电脑传输文件

将 LI-6800 与电脑连接，或者使用以太网连接电脑网络，这时将网络中的 LI-6800 视为一台电脑。数据文件可通过 Windows 系统电脑的 Windows Explorer 软件或者 Mac 电脑中的 Finder 软件进行下载，也可以通过 SFTP 软件实现文件传输。

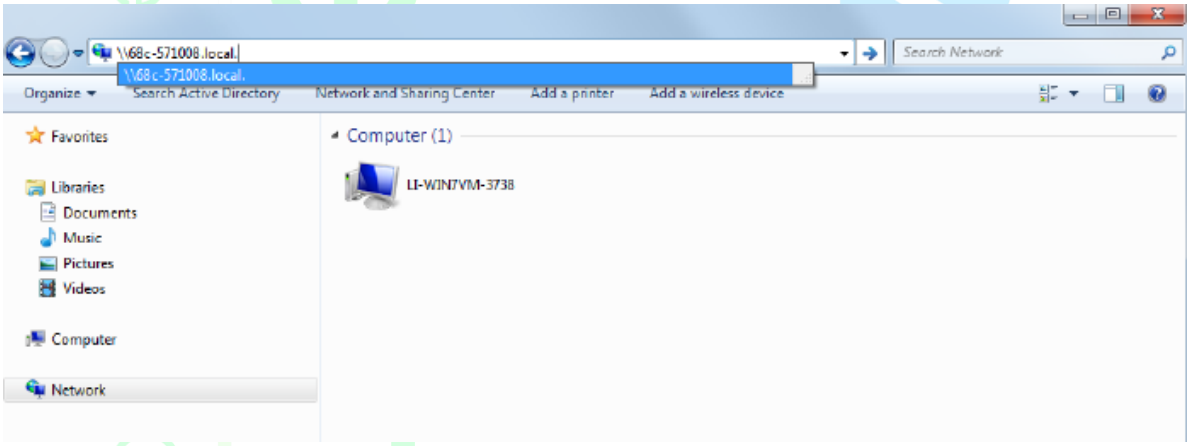
Win7, Win 8, Win 8.1, Win 10 的系统都支持；Mac OS 10 及以上系统都支持。

传输数据前，需要准备：

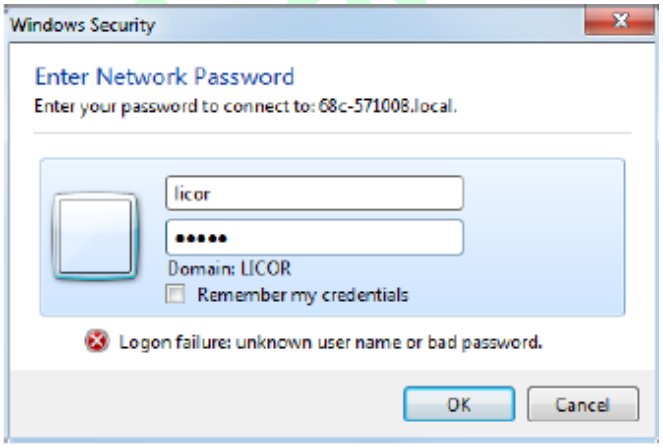
- ✓ 获取主机序列号（苏打管后面的标签上有标注，SR.NO.）
- ✓ 连接仪器与电脑（或者借助以太网线进行网络连接）
- ✓ 开机

4.7.1 Windows 操作系统

1. 打开 Explorer window 文件。
2. 地址栏中输入“\\主机序列号”，例如：“\\68c-######”。一些网络配置中可能需要输入“\\68c-#####.local”



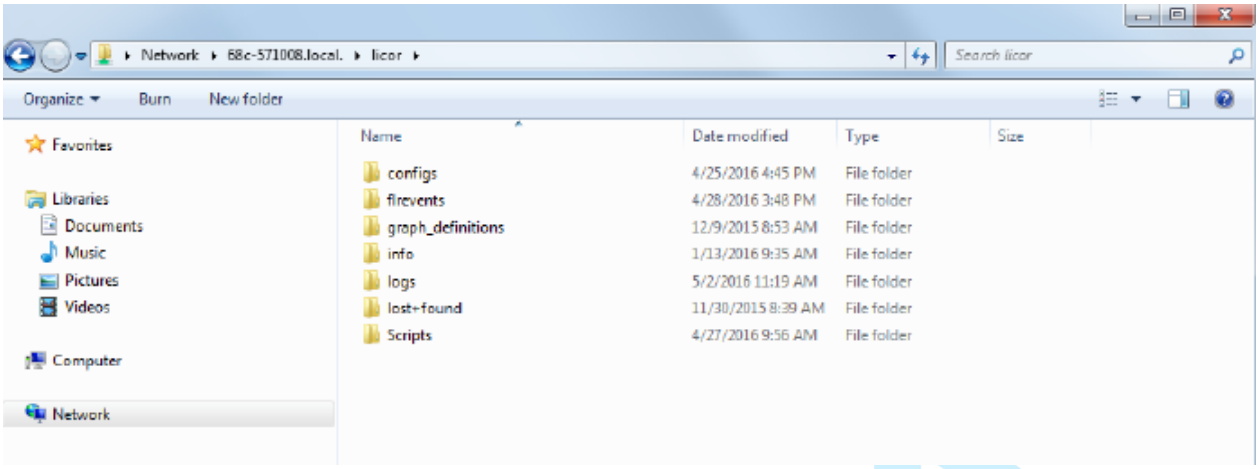
3. 按提示进行登录（User name: licor；Password: licor）



基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

4. 有一个文件夹叫做“licor”，双击打开它。

气体交换的数据在名为 logs 的文件夹里；荧光数据在 flrevents 文件夹里。

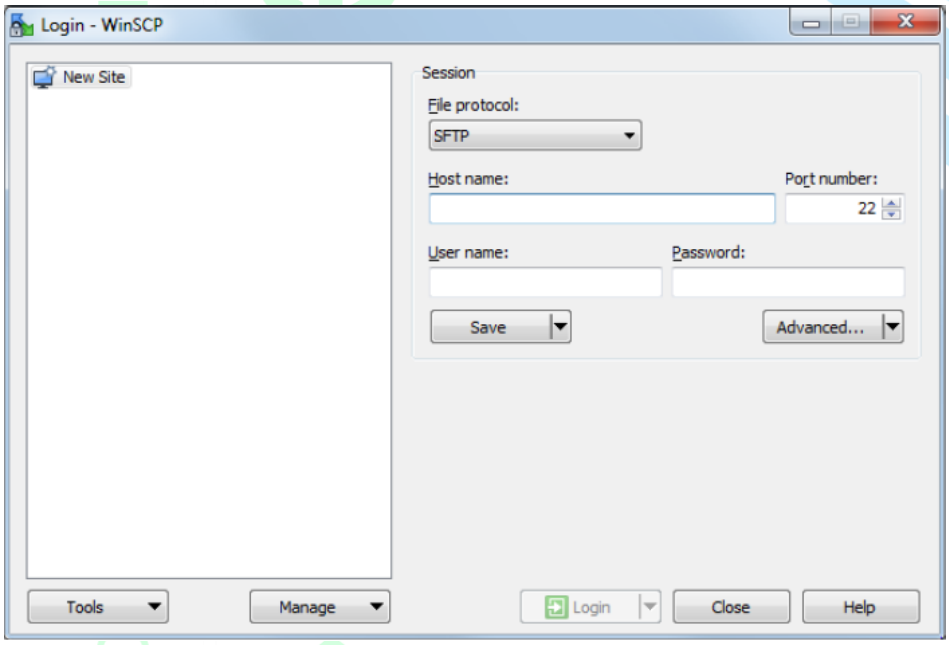


4.7.2 WinSCP 方式

WinSCP 是免费下载的 Windows 应用文件，支持安全文件传输协议(SFTP)，对于 Windows 系统识别 LI-6800 有困难时，此方式是一个比较好的选择。

进入链接 http://winscp.net/eng/download.php 进行下载，并安装在电脑上。

1. 打开 WinSCP。



2. 选择“New Site”，并输入：
   - ✓ File protocol: SFTP
   - ✓ Host name: 仪器机身号.类似: 68c-######；一些网络配置需要 68c-#####.local。.
   - ✓ Port number: 22
   - ✓ User name: licor
   - ✓ Password: licor

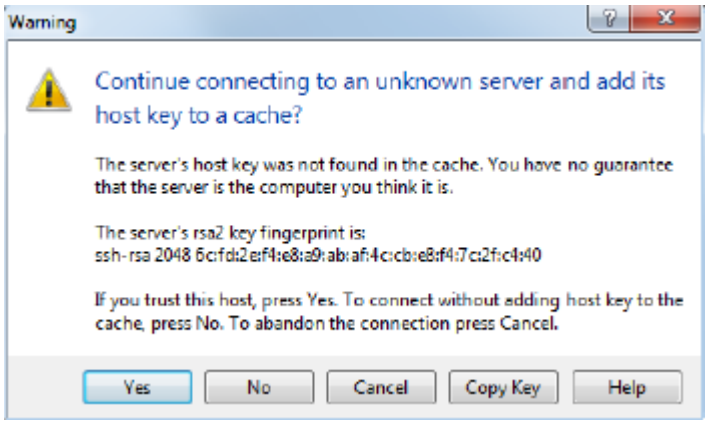
基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

对连接进行保存（可选）。

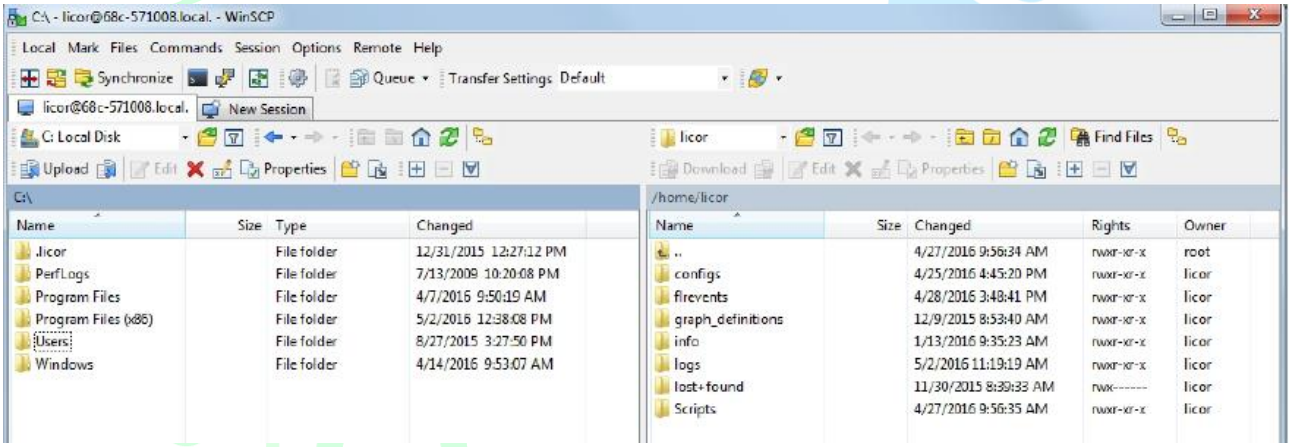
3. 点击“Login”。

登录屏幕将立刻出现。如果 WinSCP 需要另一个密码（如果你保存的是连接而不是密码时），输入密码并单击 OK。

4. “an unknown server”的警报信息出现时，点击 YES。



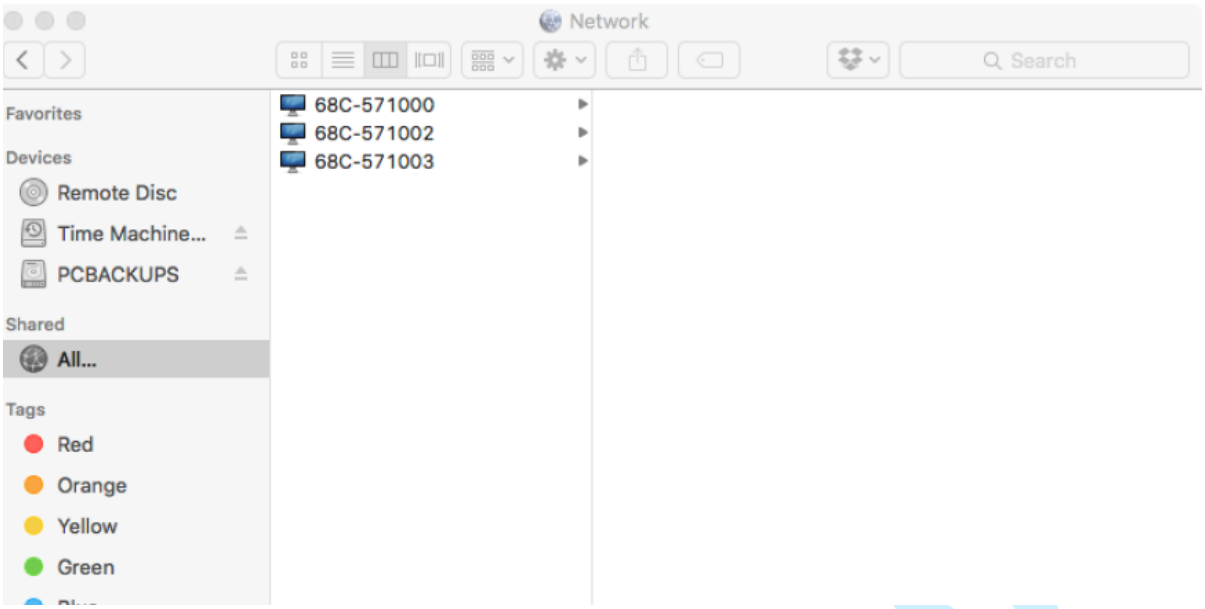
5. 数据存储在 logs 和 flrevents 文件夹中。



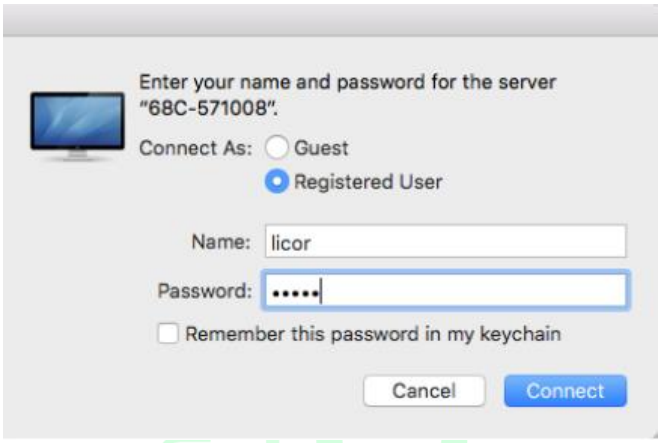
4.7.3 Mac 操作系统

1. 打开一个新的 Finder 窗口，Shared 下选择 All…会看到一系列仪器，名称类似“68C-######”。

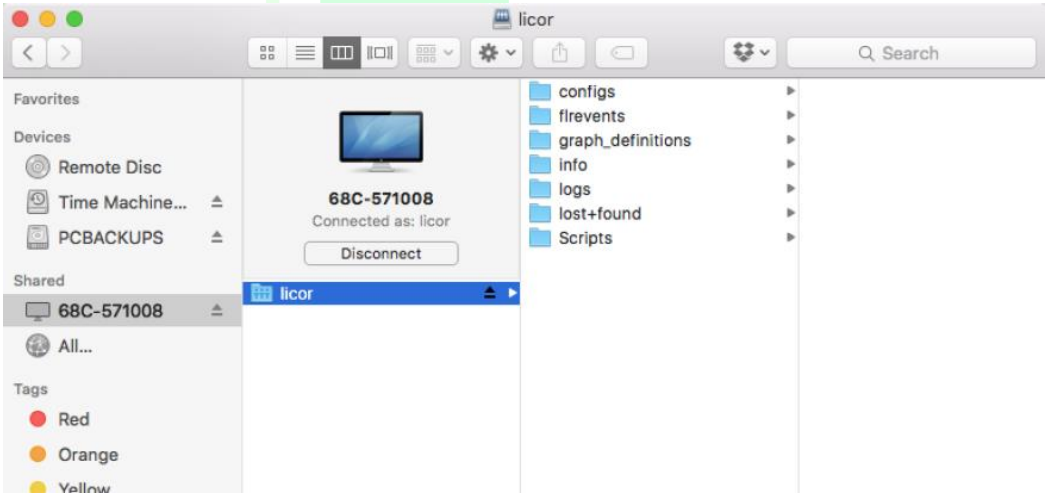
基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn



2. 选择要连接的仪器。
3. 按提示进行登录。（User name: licor；Password: licor）



可能需要耗费几分钟的时间才能在电脑上看到文件目录。见下图。logs 里面为气体交换的数据；flrevents 里面为荧光数据。

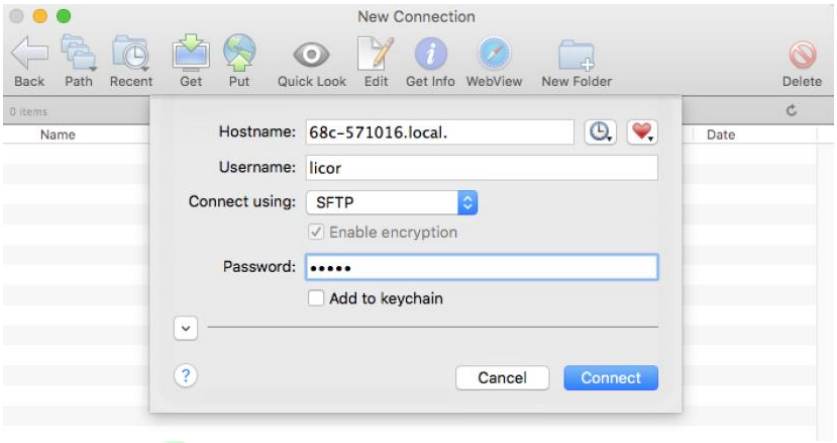


基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

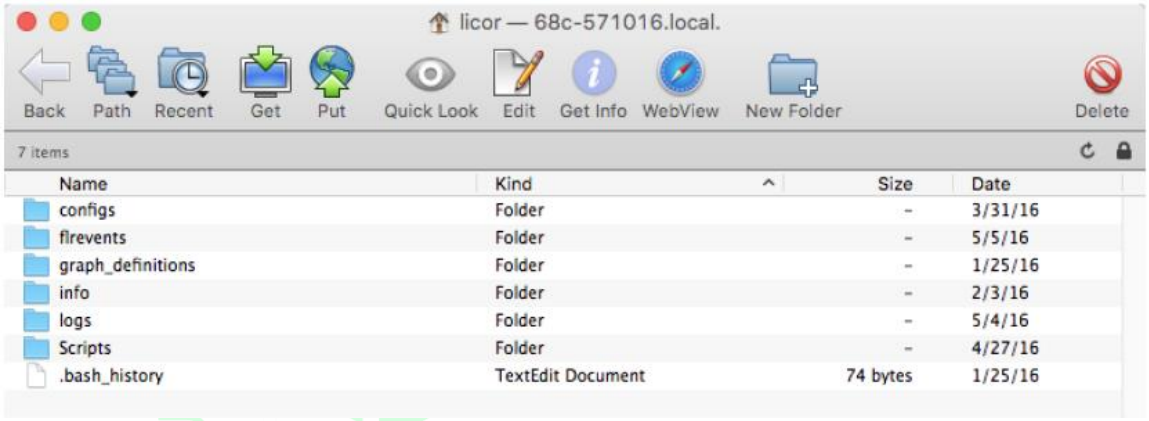
4.7.4 Fetch FTP 方式

Fetch 是 Mac OS 系统中一种很便宜的文件传输 App，通过一个简单的图形界面支持 SFTP，其他 AFTP App（例如 CyberDuck）也是类似的配置。

1. 运行 Fetch，New Connection 窗口下建立连接。



2. 输入以下信息。
   - ✓ Host name: 仪器机身号.类似: 68c-######；一些网络配置需要 68c-#####.local。.
   - ✓ Username: licor
   - ✓ Connect using: SFTP
   - ✓ Password: licor
3. 点击 Connect。
4. 登录后，可以对文件进行搜索、拖拽、终止等操作。



4.8 文件夹 Folders

和电脑操作系统类似，LI-6800 在文件夹中储存数据文件和配置信息，您可以在主机中直接对文件夹进行新建、重命名和删除操作，或者将仪器与电脑连接，在电脑中对文件夹进行上述操作。

4.8.1 logs 文件中包含什么?

选择.xlsx 文件时，数据文件是制表符分割的文本文件。每个文件包含表头，对文件内容

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

进行描述、表头内容是由 LoggingOptions 设置时的选择决定的（Logging options＞Check to log as a row）。表头信息后面就是每次测量的数据，参数按列进行排列，具体显示哪些参数还是取决于 LoggingOptions 下的选择。数据文件信息可能包括下表所列的部分信息或全部。详细说明见英文原版手册。

Headerlabel名称	Description描述	变量表Variables table
Const	Gas exchange constants气体交换常数	*Table4-2*
FLR	Fluorometer computations荧光计算公式	*Table4-3*[a]
FlrLS	Fluorometer light source data荧光光源数据	*Table4-4*[a]
FlrStats	Fluorometer statistics荧光统计量	*Table4-5*
GasEx	Gas exchange variables气体交换变量	*Table4-6*
LQConst	Light source constants光源常数	*Table4-7*
LTConst	Leaf temperature constants叶温常数	*Table4-8*
LeafQ	Light光强	*Table4-9*
MPF	MultiPhase flash values多相闪光参数	*Table4-10*[a, b]
Match	Match data匹配值	*Table4-11*[b]
Meas	Measured variables测量变量	*Table4-12*
Meas2	Additional measured data其它测量数据	*Table4-13*[b]
QConst	Light source constants光源常数	*Table4-14*
Raw	Raw data原始数据	*Table4-15*[b]
Stability	Stability parameters稳定性参数	*Table4-16*[b]
Status	Status data状态参数	*Table4-17*
Status2	Additional status information其它状态参数	*Table4-18*[b]
Sys	System variables系统变量	*Table4-19*
UserDef	User defined constants用户自定义常数	

[a] 表示：只有连接了Multiphase Flash™ 荧光叶室才有的参数。

[b] 表示：只有在 Logging Options 中选择记录了才有的参数。

记录文件里面的备注（Remarks）信息：

In text data files：备注信息都会记录在 text data file 里面，在表头或者测量数据的行间，并且都有时间标注；

In Excel files：备注信息记录在独立于测量数据 sheet 的另外一个 sheet 里面，sheet 名称为 Remarks，每条 remark 也会有时间标注。

4.8.2 flrevents 文件夹中包含什么?

荧光测量的数据文件储存在仪器内存中（flrevents 文件夹），此文件夹中，包含文本文件和类似以下命名的.xlsx 文件。

RECT-3-20160217-16_54_29

MPF-4-20160126-16_45_11

INDUCTION-5-20160202-21_42_17

DARK-6-20160202-21_42_23

上述文件名称中，第一组大写字母代表闪光类型：

✓ RECT 矩形闪光

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

- ✓ MPF 多相闪光
- ✓ INDUCTION 诱导事件
- ✓ DARK 暗脉冲。

第一个数字为闪光编号，每次闪光被分配了编号。每进行一次闪光，测量编号依次增加。其他数字代表日期和时间，yyyymmdd-hh_mm_ss，yyyy 表示年，mm 月，dd 天，hh 小时 mm 分钟，ss 为秒。

数据文件说明

用 Excel 打开矩形闪光数据文件，可看到如下格式：

Fluorometer Serial Number

Fluorometer Settings

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	EVENT_ID	2		SECS	FLUOR	DC	PFD	CODE
2	DEVICE	MPF-551005		0	0.614	-109.986	24.9985	2
3	DATE	20160217		0.002	-0.61	-107.434	24.9985	2
4	TIME	16:54:24		0.004	-0.758	-106.01	24.9985	2
5	TYPE	RECT		0.006	-1.532	-106.308	24.9985	2
6	OUTRATE	500		0.008	0.66	-108.618	24.9985	2
7	MARGIN	5		0.01	-0.426	175.348	4082.08	3
8	DURATION	1000		0.012	-1.116	185.838	4081.94	3
9	Q_RED_SETPOINT	4000		0.014	0.35	188.132	4081.89	3
10	D_RED_PERCENT	100		0.016	-0.376	186.402	4081.81	3
11	FMAX	1.574		0.018	0.16	185.968	4081.77	3
12	QMAX	4082.08		0.02	0.28	187.678	4081.72	3
13	MODRATE	250000		0.022	-0.296	190.32	4081.7	3
14				0.024	-0.342	188.28	4081.7	3
15				0.026	-1.202	187.078	4081.58	3
16				0.028	-0.418	188.396	4081.55	3
17				0.03	-1.484	190.476	4081.52	3
18				0.032	-0.608	188.992	4081.48	3
19				0.034	-1.3	187.15	4081.46	3

左侧前两列（A 和 B）为荧光事件的记录信息，D~H 列为荧光数据。

表格 4-1 每个闪光都有自己的一个文件，其中包含了以下信息。

Column 列名称	Meaning 含义
Secs	Time 时间
Fluor	
DC	Actinic light 活化光/作用光
PFD	Photon Flux Density 光量子通量密度（$\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$）
Code 代码	The sequence of the flash that is underway at the time. 正在进行的闪光序列 • 2 is the beginning margin 2 表示Margin开始 • 3 is the rectangular flash 3 表示矩形闪光 • 4 is Phase 1 of a multiphase flash 4 表示多相闪光第一段 • 5 is Phase 2 of a multiphase flash 5 表示多相闪光第二段 • 6 is Phase 3 of a multiphase flash 6 表示多相闪光第三段 • 7 is the end margin 7 表示Margin结束

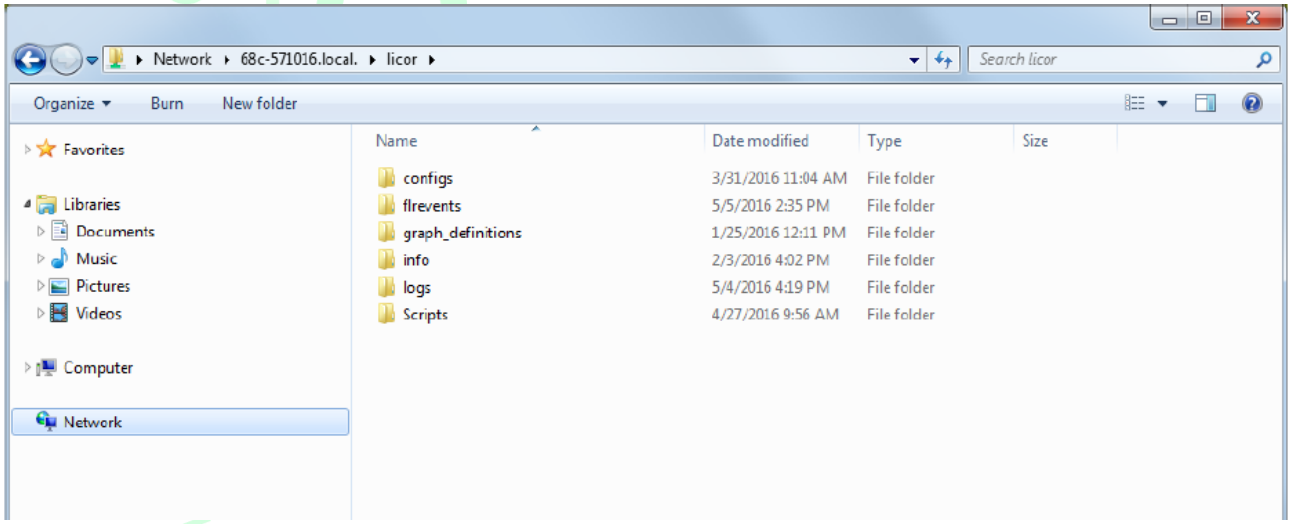
典型的多相闪光的数据包括以下内容：

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	EVENT_ID	1		SECS	FLUOR	DC	PFD	CODE
2	DEVICE	MPF-551005		0	-0.664	252.43	24.9985	2
3	DATE	20160209		0.002	-0.894	253.38	24.9985	2
4	TIME	21:26:27		0.004	0.312	251.944	24.9985	2
5	TYPE	MPF		0.006	0.082	251.244	24.9985	2
6	OUTRATE	500		0.008	-0.632	251.966	24.9985	2
7	MARGIN	5		0.01	1.144	838.506	8169.37	4
8	PHASE1_DURATION	300		0.012	-1.214	852.652	8169.15	4
9	PHASE2_DURATION	300		0.014	-0.788	853.55	8168.91	4
10	PHASE3_DURATION	300		0.016	-0.31	854.67	8168.69	4
11	Q_RED_SETPOINT	8000		0.018	-0.132	856.482	8168.51	4
12	D_RED_PERCENT	0		0.02	-1.14	857.452	8168.36	4
13	RAMP	30		0.022	-0.386	855.74	8168.17	4
14	FMAX	-0.265718		0.024	-1.202	857.65	8168.01	4
15	QMAX	8169.37		0.026	-0.452	856.572	8167.83	4
16	MODRATE	250000		0.028	0.768	857.064	8167.7	4
17	P1_MAXF	1.466		0.03	1.332	855.452	8167.51	4
18	P2_SLP	-0.0371314		0.032	0.49	855.024	8167.33	4
19	P2_INT	-0.265718		0.034	-0.504	856.074	8167.16	4
20	P2_R2	4.25728E-05		0.036	-0.566	856.202	8166.99	4
21	P2_SLP_SE	0.467773		0.038	0.38	854.53	8166.88	4
22	P2_INT_SE	0.685604		0.04	-0.868	853.964	8166.67	4
23	P2_DQDT	-0.00815425		0.042	1.4	854.162	8166.54	4
24	P3_Q	8155.94		0.044	-0.436	853.882	8166.36	4
25	P3_MAXF	1.692		0.046	-0.692	853.674	8166.25	4
26	P3_PREDF	-0.270271		0.048	0	852.872	8166.11	4
27	P3_DELTAF	1.96227		0.05	-1.708	854.192	8165.95	4
28				0.052	-0.75	852.644	8165.83	4
29				0.054	0.152	851.75	8165.66	4
30				0.056	-1.104	851.716	8165.56	4
31				0.058	-0.624	850.452	8165.39	4
32				0.06	-0.344	851.642	8165.27	4

4.8.3 配置和图形定义文件

LI-6800 文件系统除数据文件之外，还包括配置文件，图形定义文件，以及其他记录信息、设置（txt 格式）、仪器操作指导（.py 和.json 格式）的记录文件。连接仪器后，可获取上述文件。



Configs 文件夹中的设置文件为.txt 格式，用户可用多种文本编辑软件打开查看或编辑。复制 Configuration 文件与一般文件的移动、复制操作类似，还可以将文件保存至本地计算机上，然后将其复制到另一台 LI-6800 的相同目录下。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

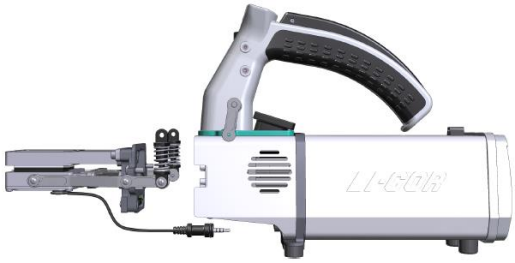
第五章 故障排除

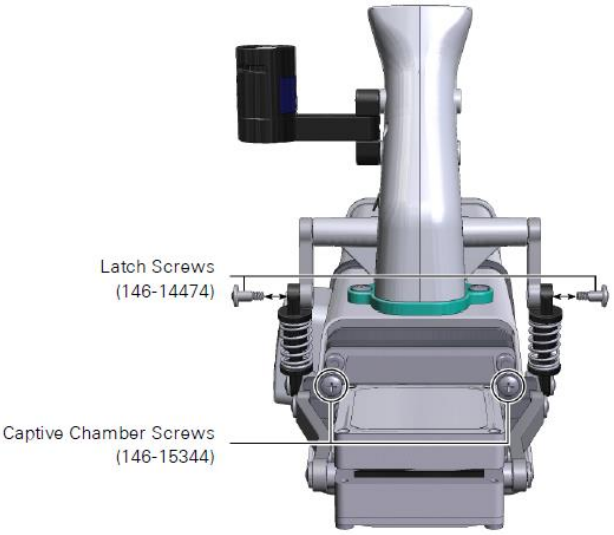
2.1.5 更换叶室

更换叶室非常简单。每一种叶室都以相同的方式与分析器相连，每一个叶室都自带芯片，所以一旦连接好，分析器可自动识别叶室，自动调用所需要的参数信息。

卸下叶室（必须在关机状态下进行！）

1. 卸下分析器底部的接头盖；
2. 拔下 LI-190R 和温度热电偶电缆线接头；
3. 打开叶室，卸下 2 个闭锁螺丝(latch screws)，并完全松开叶室螺丝 (Chamber screws)；(约 9 转)。
4. 最后卸下叶室。





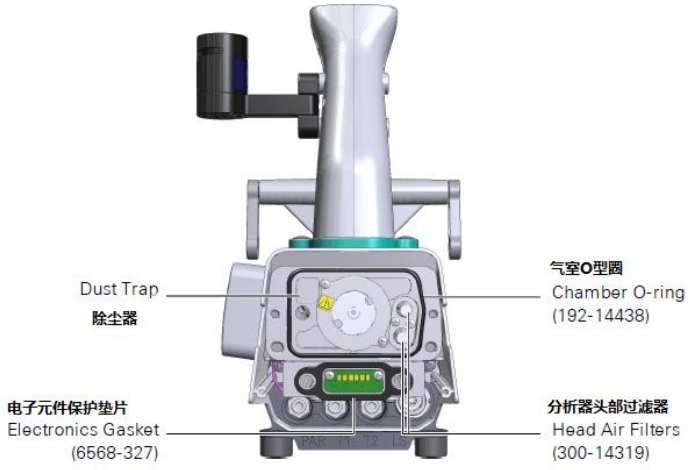
警告：虽然配备了软件锁，防止叶室被卸下时还进行操作，但是不要试图操作没有叶室连接下的混合风扇。以免造成伤害或损坏。

安装叶室

注意：必须使用指定的螺丝(货号 **146-15344**)来安装叶室，其他螺丝即使看似大小合适，但是可能导致漏气或对混合风扇造成损坏。

1、叶室在安装之前，需要检查如下几项：

1) 查看叶室的 O 型圈(192-14438)是否损坏，如有损坏及时更换，O 型圈放置在备件包里。
2) 查看叶室垫圈（6568-327）是否损坏，如有损坏及时更换。
3) 检查分析器头部过滤器和除尘器，清除灰尘等杂物，及时更换损坏的过滤器。
4) 检查下叶室的黑色橡胶软管是否有损坏，如有损坏及时更换（很少发生）。



2、将叶室放置到合适的位置，闭锁螺丝对准手柄，拧紧两颗叶室螺丝。注意必须使用叶室配

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

对螺丝（部件号 146-15344）来安装叶室。

3、安装闭锁螺丝：打开闭锁，拧动螺丝到合适位置，再次检查每个螺丝都已拧紧。

4、如尚未接好光源传感器电缆线，将光源传感器接头插在标有 PAR 的接口。

5、将叶温热电偶的接头接在标有 T1 的接口上。

6、装上接头盖。

更换叶室之后，在 Starup >System Tests>Chamber Leak 下查看一下叶室是否漏气，以及点击 Constants>System Constants>ChType 检查软件是否正确识别。

2.1.6 光源

3×3cm 光源直接连接在 3×3cm 的透明叶室上；荧光光源则固定连接在荧光叶室上（详见章节 2.1.7 的内容介绍）。

警告：本产品发出的光源有潜在的光学辐射危险，超出免除风险组。潜在的风险取决于如何使用以及安装本产品。请勿在脱离叶室的情况下操作光源。不要在任何情况下直视光源。在环境空气下冷却光源。严格按照手册介绍的方法安装并使用光源，不可用作他途。

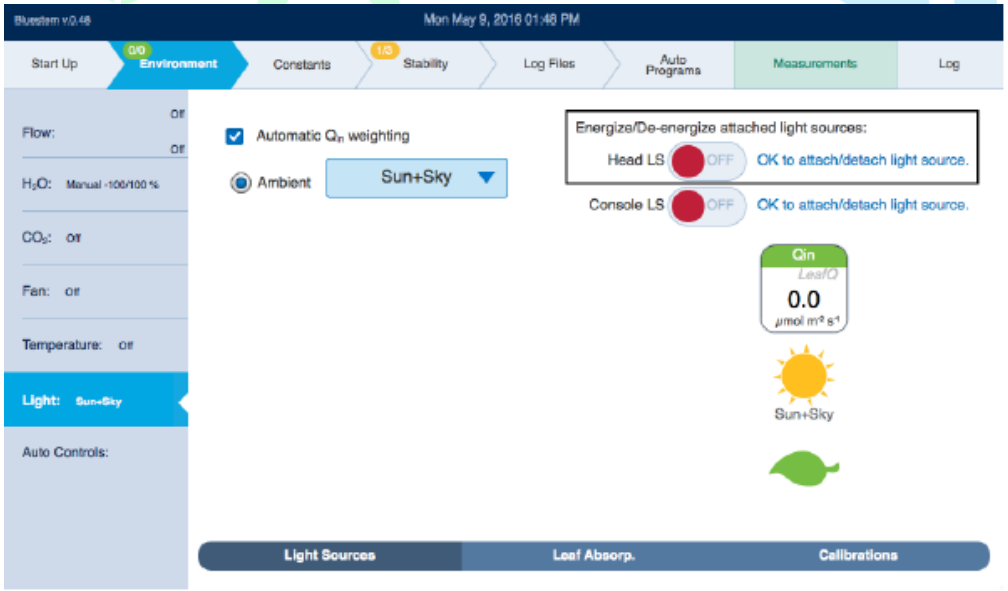


连接光源

为了使用光源，分析器必须安装相对应的叶室。安装光源时没必要卸下叶室。

1、仪器连接外置光源前的准备

点击 Environment>Light，将 HeadLS 切换至关闭状态。或者，直接关闭仪器。

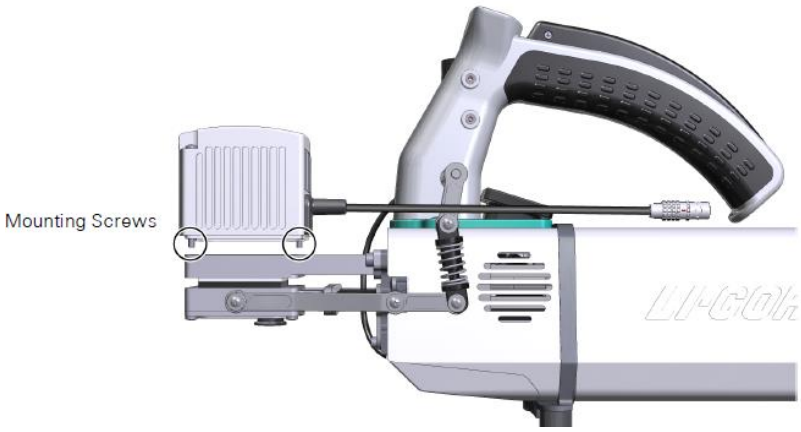


2、查看叶室顶部的透明膜是否有灰尘或损坏，如有及时清理和更换（见第六章）。

3、查看光源窗口是否有污渍和手印，如有用软布或酒精棉签清洁干净。

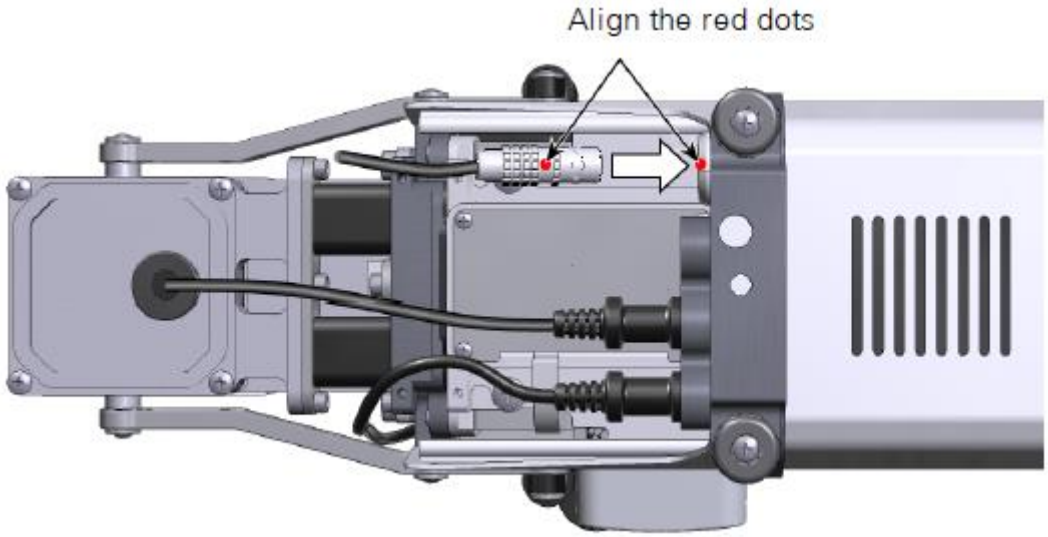
4、将光源放在叶室上方，对齐，拧紧两颗固定螺丝（Moubting Screws）。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn



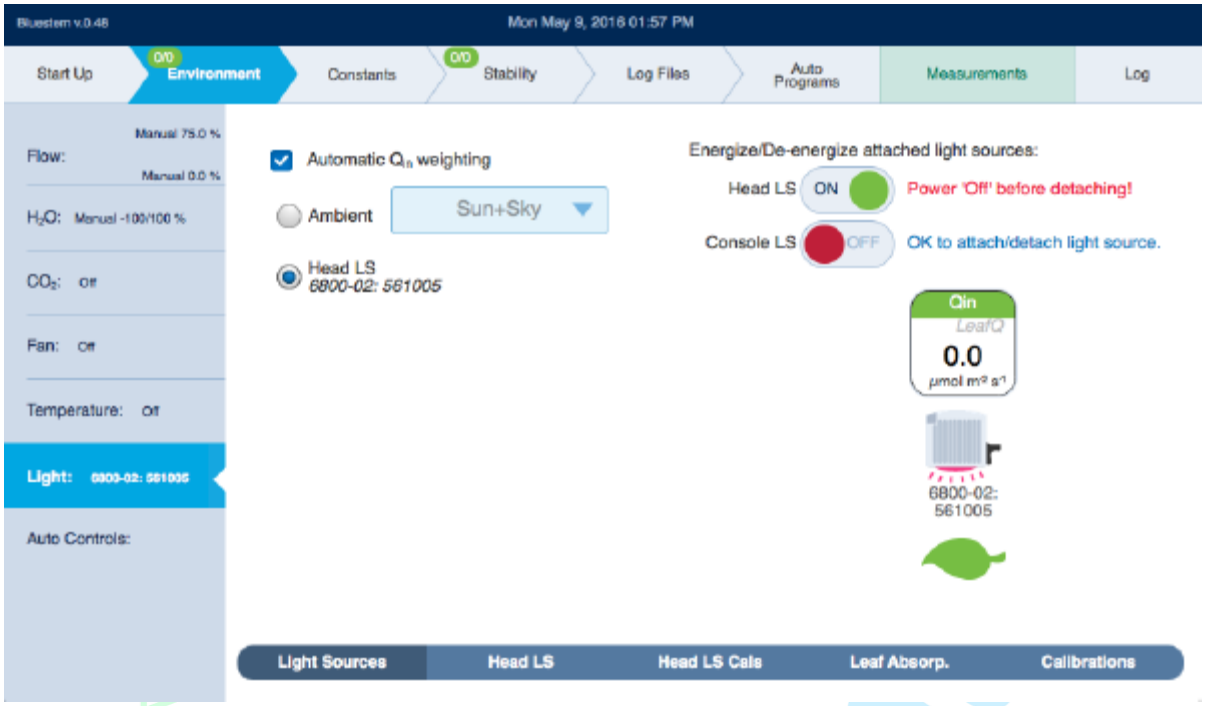
5、插入电缆线接头

卸下接头盖，摆顺线缆，将光源连接线接头的红点和分析器接口（LS）的红点相对，直接插入。



6、打开光源：点击 Environment>Light，ON。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn



7、检查光源是否正常响应

点击 Environment>Head LS，将 Head LS 设置至 Setpoint 以及将 Q Setpoint 设为 200μmol m^{-2} s^{-1}。打开叶室，查看照射在叶室底部的光（不要直视光源）。如果是第一次使用光源，当设置红蓝光比例为 0：1 时，将看到蓝光，当设置为 1：0 时，将看到红光，当红蓝光比例为 9：1 时，将提供 9 份的红光和 1 份的蓝光，这是进行气体交换测量的典型比例。

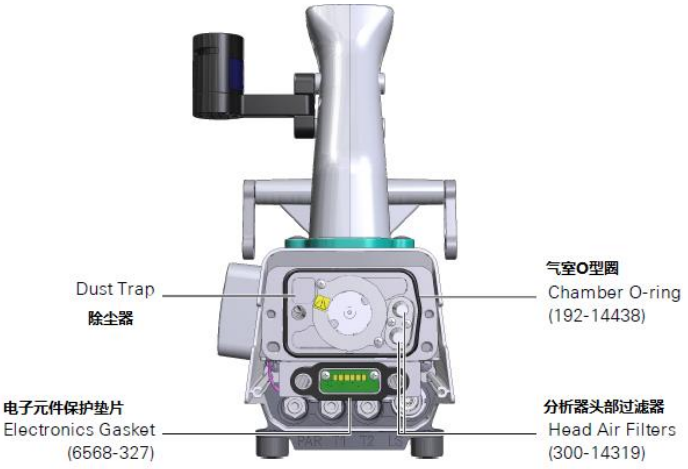
2.1.7 安装荧光光源

多相闪光（Multiphase Flash™）荧光仪和叶室闭锁都是通过两颗螺丝和分析器连接的。请确保在关机状态下进行。

注意：必须使用指定的螺丝(货号 **146-15344**)来安装叶室，其他螺丝即使看似大小合适，但是可能导致漏气或对混合风扇造成损坏。

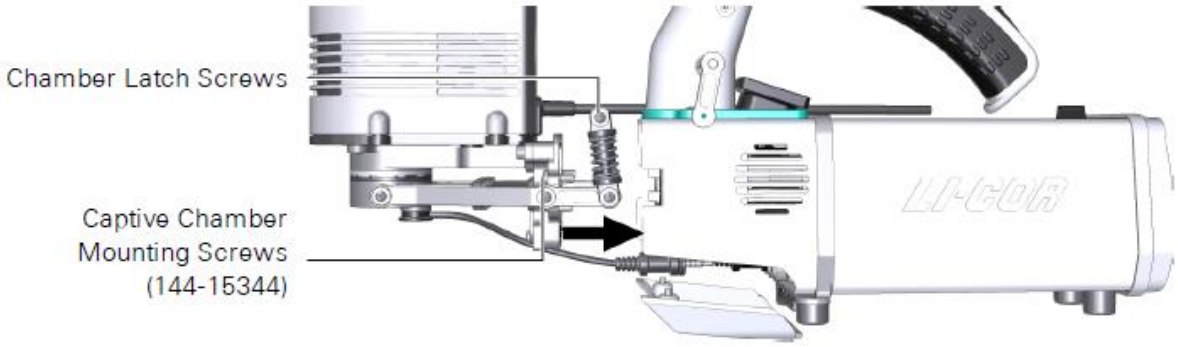
1、叶室安装前需进行如下检查：

5) 查看叶室的 O 型圈(192-14438)是否损坏，如有损坏及时更换，O 型圈放置在备件包里。
6) 查看叶室垫圈（6568-327）是否损坏，如有损坏及时更换。
7) 检查分析器头部过滤器和除尘器，清除灰尘等杂物，及时更换损坏的过滤器（详见第六章）。
8) 检查下叶室的黑色橡胶软管是否有损坏，如有损坏及时更换（很少发生，更换见第六章）。



基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

2、将荧光叶室放置到合适的位置，把闭锁对准手柄，拧紧叶室上的两颗固定螺丝。



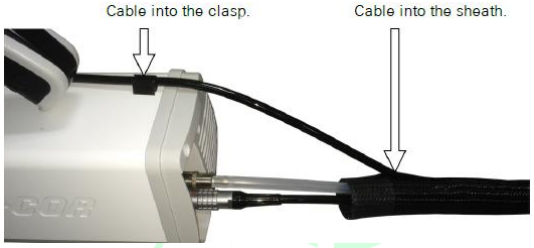
3、安装闭锁螺丝：拧紧闭锁直至合适位置。再次检查每颗螺丝是否拧紧。

4、如未插入光源传感器电缆线，将光源传感器接头插在标有 PAR 的接口。

5、将叶温热电偶的接头接在标有 T1 的接口上，然后装上接头盖。

6、将带有白色胶圈的荧光电缆线和主机的 Head (1)或 Head (2)相接，两者可以互换。

7、将电缆线塞入分析器电缆线的护套，将电缆线扣入卡环中（见下图）。



8、开启仪器；

9、点击 Constants＞System Constants＞ChType 查看叶室是否被正确识别；

10、点击 Startup＞System Constants＞Chamber Leak 进行漏气检查。



基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

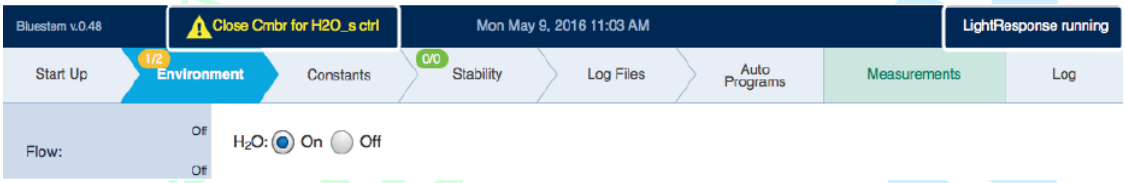
第六章 故障排除

故障排除主要解决三种类型的问题：

1. 配置问题，仪器以一种错误的方式进行配置和使用，通常是植物材料和人为操作仪器导致的错误。
2. 软件问题，例如软件中有漏洞等。
3. 硬件问题，通常是硬件的组成部件出现问题，例如 O 型圈等。

6.1 提示消息

LI-6800 配置有充分的仪器状态自检程序，状态信息和警告信息将出现在显示屏的左上角，提示仪器出现了哪些问题。时刻关注这些信息，任何一个警告信息的忽视都会导致实验结果和数据质量的不理想。用不同的颜色来表征问题的不同严重程度。红色的提示消息表明仪器出现了问题，黄色表示一些潜在需要注意的地方。表 5-1 是一些潜在问题的介绍。



6.1.1 仪器状态信息

表 5-1 显示屏上可能出现的状态信息提示

Message 信息	What it means 含义
**Log	在记数过程中出现，可能很快消失，也可能出现几秒钟。
Pending**	测量荧光参数时系统需要等待荧光事件完成；或者等待系统完成匹配。
<autoprogram name> paused	自动程序暂停
<autoprogram name> running	自动程序正在运行
Auto CO_2	多种环境条件可被系统自动控制，出现哪一个提示，就表示对应的环境条件正在自动控制中。当多种环境条件都在自动控制时，显示屏上会滚动显示逐条提示。
Auto Fan Auto Flow	
Auto H_2O	
Auto Light	
Auto Temp	
Auto Match	系统正在进行自动匹配
Manual Match	手动匹配模式，等待操作人员进行操作及退出匹配
SysTest: <name>	系统在预热或者系统正在做自检
AutoDry	当系统检测到叶室或分析器相对湿度高达99%，会进入自动干燥程序
PostFlash	PostFlash is a “post fluorescence flash stabilization routine”.当要执行荧光程序的饱和闪光，系统同时又在控制温度，以及/或者正在控制水分，在饱和闪光进行前，这些环境条件的控制将被暂时锁定，这样叶片温度不免受饱和闪光的影响，这个时间持续30秒。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

6.1.2 警告信息

表 5-2 显示屏上可能出现的警告信息

Message 信息	What it means 含义
<List of one or more temperatures>	当温度传感器读数>80℃或小于-20℃，会出现此类报警。温度传感器包括叶温（Tleaf、Tleaf2），还有样品室温度Ts ，参比室温度Tr，分析器模块温度Tirga和空气温度Tair
Chopper Not Locked	无法识别光学斩波器位置。解决这个问题，可以将仪器设置为休眠模式，然后再退出休眠模式；或者重启仪器；仍然无效，则联系公司技术支持人员。
Close Cmbr for <xxx> ctrl	当控制样品室的CO_2浓度或H_2O浓度时，叶室必须关闭。出现此报警，关闭叶室。
CO2 Cartridge Low/Empty	当CO2_FLOW_STATUS 值低于0.5时出现此报警；当控制的CO_2浓度非常低，CO_2小钢瓶几乎在关闭状态；否则就是CO_2小钢瓶快要空了，高浓度CO_2无法控制了。
CO2 too high to control	
Console flow leak?	这些信息表征了主机气路可能存在问题，漏气（化学药管没有正确安装）或者气路堵塞。当PUMP_PRESSURE_STATUS值> 4.9V表示有气路堵塞；< 0.1V 表示有漏气。
Constricted flow?	
Cooler target less than Td	表示要控制的温度低于露点温度。解决方法：设置一个较高的温度。
Cooler Td limited	控温模块不能正常快速降温，可能是因为要降的的温度低于露点温度. 这并不是表示冷凝存在问题，只是意味着在当前情况下控温模块不能充分降温
Fan Fail	冷却风扇或机箱风扇工作异常；解决方法：多次开机试验，如果还发生，联系公司技术部。
Flow_r low	开启流量控制，发现Fr或Fs <25 μmol s^{-1}. 对于样品室流速Flow_s低，可能是叶室张开未关闭，这在开机检查中可能出现。
Flow_s low	
Flr DC Overrange	荧光仪的调制信号超量程，很少出现这种情况。解决方法：降低荧光调制信号即可
Flr DC Saturated	荧光仪的DC信号达到饱和，及作用光达到最大了。
Flr Measuring Off	表示测量光强度为0 ，多数发生在荧光仪的测量光被关闭了。
Flr Mod Off	荧光的调制是关闭的。这应该是一个暂时的状态，因为荧光叶室只有连接了主机才能被识别，而主机会尝试重新打开它。
Flr Q Saturated	荧光仪的二极管饱和了。
Flr Temp Warning	荧光仪温度出现问题。解决方法：关掉荧光仪，让其自然冷却几分钟。
Head Powered Off	分析器头处于低电状态。
High RH: xx% <sensor>	当叶室或分析器相对湿度RH高于90%，会出现高湿报警，并显示湿度和位置（以传感器区分）。 Ts或Ta表示样品室，Tr或Tb表示参比室，其余的（Tleaf, Tair, Txchg）表示叶室。如果RH超过99%，系统的自动干燥程序将启动来防止水汽凝结对仪器造成伤害。
Low Battery	低电压报警，请更换电池或者连接电源适配器。
Match Valve Open	表示气路处于匹配状态，在匹配时或者某些系统自检时，可以进入匹配界面，选择手动匹配，点击OK，退出匹配模式。
No Console	表示分析器头的channel线缆未与主机连接。连接，重启，解决问题。
Power Saver (1)	当选择"Conserve Chemicals" 会出现该节电模式的提醒
Power Saver (2)	当选择“Conserve Power and Chemicals ” 会出现该节电模式的提醒
TEC Fail	表示热电冷却器不工作了，或者更可能的是过载保护。重启解决问题。
TLeaf	叶温传感器（Tleaf和Tleaf2）未连接或者读数>80℃或<-20 ℃℃.
x Ver Flr (need y)	软件版本不匹配，表示分析器头或荧光仪的软件版本和主机的软件不同步。例如"1.0 Ver Head (need 2.0)" 。
x Ver Head (need y)	

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

6.2 故障排除

如果有些问题通过警告提示信息仍无法找到问题加以解决，可以在此章节寻找解决办法。

6.2.1 记录数据时添加的 Remarks 在 Excel 文件中找不到?

Remarks 信息存储在不同的标签里，和数据值不同：

- 数据存储在标签为“Measurements”的 sheet 下；
- Remarks 存储在标签为“Remarks” 的 sheet 下；

6.2.2 分析器头部的记数按钮不正常工作?

- 记录文件是否打开？只有打开记录文件才能记录数据。
- 按下 Log 按钮持续一段时间了吗？要按下 Log 按钮不松开直到记录数据，一次只记录一个点的数据。

6.2.3 无法对环境控制进行设置?

通常有如下几种情况：

- 仪器系统是否正在进行检测？如果是，等待检测结束或者直接取消检测运行，重新设置。
- 仪器是否正在运行自动控制？如果是，取消自动控制
- 仪器是否正在运行自动程序？如果是，取消自动程序
- 是不是只是对湿度控制无法进行？可能是系统为了防止冷凝而拒绝执行。如果叶室、热交换器或红外分析仪湿度太高，仪器为防止冷凝，拒绝执行湿度设置。
- 是否正在改变温度来源？温度传感器检测出异常值。核查叶温热电偶是否连接正常，以及是否正常响应。

6.2.4 输入了设置值，仪器却无任何反应?

检查泵是否启动：点击 Environment>Flow，确保泵已经开启。当自动程序或自动控制开启时，泵不一定处于启动模式。

6.2.5 无法维持 CO_2 设定点的稳定?

- 化学药品是否新鲜？当苏打碱石灰饱和时，CO_2_r 参比室浓度在 2-5 $\mu molmol^{-1}$ 之间波动，或者更大一点。摇晃化学管，可以获得一段时间稳定的操作，但是最好的解决方式是更换成新鲜药品。如果加湿剂太湿，也有可能出现 CO_2 读数不稳定的情况。
- CO_2 钢瓶是否是纯 CO_2？有些 CO_2 钢瓶中是含有其他气体成分的，请检查钢瓶标签，确认是否是纯 CO_2 钢瓶，如果不是或不确定，请更换为绝对确定的纯 CO_2 钢瓶。

6.2.6 无法达到流速设定点?

- 检查设定点是否合理，仪器无法达到 2000 $\mu mol\ s^{-1}$ 以上的流速。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

- 流量计是否需要调零，点击 Start Up>Calibrations>Flow/Pressure 进行流量计调零。
- 系统是否有漏气？启动漏气检查，如未通过，检查哪里漏气。
  A. 如果近期有人更换过化学药品，检查药品管安装时是否对准拧紧。
  B. 确定使用的是正确的螺丝（146-14474）安装叶室，其他螺丝固定叶室会导致漏气。
  C. 卸下每一个化学管的盖帽，清洁 O 型圈，清理螺纹上的灰尘和残留的固体颗粒。同时清洁化学管与 O 形圈接触的部分。安装盖帽，并牢固地拧紧。检查确认化学管是否正确安装。每个都轻轻晃动一下。取下再重新安装，一次只取下和安装一个，确保它们不会被混淆。
  D. 检查叶室垫片，以确保它们没有被压扁或破损，如果必要的话更换。
  E. 叶室关闭正确吗？打开和关闭叶室几次，以确保叶室闭合装置工作正常。
- 空气过滤器是否堵塞？
  A. 检查进气过滤器：用备件包中的过滤器进行替换（见章节 7.2 的介绍）。
  B. 检查每一个化学管上的过滤器。看看是否有污垢或碎片颗粒。如果不能自由地通气，更换堵塞的过滤器（见章节 7.3 的介绍）。
  C. 检查分析器头部的空气过滤器。更换分析器头部过滤器（见章节 7.4 的介绍）。

6.2.7 不能保持湿度设定值

- 加湿管中试剂太干？检查加湿管内药品是否充分湿润。如果干燥，加入 5 至 10 毫升的水。详见 2.1.2 章节关于加湿剂的介绍。
- 加湿器管或干燥剂管过滤器是否堵塞？检查加湿管和干燥剂管上的过滤器，如有明显污垢，用备件包中的过滤器进行更换（详见 7.3 章节内容）

6.2.8 漏气检查失败

在光合作用测定系统中，有两种类型的漏气：大流量漏气和扩散漏气。当有孔存在（除了系统的入口和出口），空气通过这个孔进出系统时，这种漏气为大流量漏气。扩散漏气是指某种特定气体，如二氧化碳，由于系统内外存在浓度梯度，而出现的从高浓度向低浓度扩散而导致的漏气。

大流量漏气

- 存在叶室上粘的透明塑料薄膜有破损或粘的不牢的现象吗？检查叶室四周及边缘，按压边缘，查找可能漏气的地方，如果仍然不能排除漏气，更换叶室上的透明膜（见章节 7.5.3 内容）。
- 叶室是否安装正确？如果最近有人更换了叶室，检查叶室螺丝是否拧紧。
- 检查叶温热电偶是不是在正确的位置？转一转温度传感器，调整好位置，必要时更换新的 O 型圈。
- 叶室是处于打开状态吗？关闭叶室，确保叶室不在 Parked 位置，而是完全关闭状态。
- 分析器后面的取气采样口（在电缆连接器旁边）是在打开状态吗？检查并确保插头是堵上的。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

扩散漏气

CO_2 从高浓度向低浓度方向的扩散，不仅仅是在空气中进行，也能穿过固体扩散，包括塑料和合成橡胶。CO_2 可以通过 Bev-a-line 管(高分子聚乙烯，内衬乙烯醋酸乙烯酯)以及垫片塑料(乙烯和氯丁橡胶)，但是不能通过玻璃和金属。另外，薄膜材料具有非常低的 CO_2 渗透率，Teflon®（聚四氟乙烯）, Saran™（聚偏二氯乙烯），Mylar®（聚酯薄膜），还有叶室上用于密封的涂有聚偏二氯乙烯的聚丙烯透明膜。

5.2.9 异常结果

对于刚接触气体交换测量的人来说，可能首先最关注的是以下几个重要指标是否正常：光合作用速率，气孔导度以及胞间 CO_2 浓度或者其它值。遇到这些测量结果异常时，可能首先怀疑是不是算错了，其实这是不可能的，仪器的数据处理中心只按照固化的模型计算相关的值，这些计算出的结果出错，只能说明用于计算的自变量参数（直接测定的数值和输入的数值）有问题。应该通过分析模型，找到参与计算某一参数的自变量参数，再分析这些自变量参数是否是可信的，合理的。从而找到问题，解决问题。

不可信的光合作用速率

如果测得的光合作用速率结果看上去差异非常大，试试以下的建议：

- 有没有耐心等待读数稳定？

当控制条件发生变化，如 CO_2 浓度设置进行了一个大的改变，系统在接下来的一个时间段（约 2 分钟），光合速率将会突然变得离谱，直到气体分析仪达到新的平衡值。如果在这个时间段进行测量，则得到的光合速率等参数值会看上去非常异常。

- 变化的幅度有多大？

任何测量参数或计算参数的显示值都会有一定的变化。那么变化是否过度？是由于分析仪的正常噪音造成的吗？请记住，在低光合速率下，噪音效应在 CO_2 的差异中较明显。所以，判断一下 ΔCO_2 的变化是否大于 0.1 μmol mol^{-1}？

- 观察流速值

检查并排除故障时，请设置固定流速，并禁用流量辅助控制器（点击 Environment>H_2O）。

- 进气浓度（CO_2_r）是否稳定?

观察参照 CO_2（CO_2_r）15 秒钟。看参照值的波动有多大？在大气浓度环境下预期波动在 0.1 μmol mol^{-1} 附近。如果波动值远大于这个值，很可能出现了问题。

- 样品测量稳定（CO_2_s）吗？

如果参照 CO_2（CO_2_r）是稳定的，但样品 CO_2（CO_2_s）不稳定，请进行漏气检查。

光合作用稳定，但是“不正确”

例如，测量一株充分灌溉，照光充足的植物，选取的是健康的叶片，但是测得的 A 值（净 CO_2 同化速率）是负值，或者很低，或者异常的高。

- 是否有进行匹配（Match）？

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

关闭空的叶室。同化速率和蒸腾速率应该是零。如果不是零，需要进行匹配（Match）。

- 检查叶室环境设置

CO_2 值是否与期望值相近，或者在零附近？

一些常见的**错误**是：没有打开混合风扇，泵没有打开（Flow 是 Off 状态），CO_2 小钢瓶空了，苏打药品已经失效了，光强控制的是预期值吗？或者光源处于关闭状态，未打开光源。

- 检查其它的输入值或直接测定值是否正确。
  1) 是否用了正确的叶面积？指的是封闭在叶室内的单侧叶面积。
  2) 流量值正常吗？应该接近设定值。
  3) 压力传感器正常吗？一般来讲海平面附近压力大约为 100kPa，海拔 330m 气压为 97 kPa，海拔 1500m 气压约 83 kPa。

5.2.10 供电问题

仪器没有保险丝备件。如果怀疑保险丝烧了，可以联系 LI-COR 或 LI-COR 代理公司。

A Gene Group Company

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

第七章 维护和校准

这部分介绍了正常操作 LI-6800 过程中的日常维护。除了本章介绍的操作以外其他操作都需要由 LI-COR 工作人员或代理商的专业人员进行。其他人员不得违规操作。

7.1 校准

Start Up > Calibration 显示了所有先前校准的类型和日期。除了 History 之外，还有 4 个选项。

- IRGAs：你可以进行 IRGAs 零点校准。见章节 7.1.1 的相关内容。
- CO_2 Span：你可以进行 CO_2 跨度校准。见章节 7.1.2 的相关内容。
- H_2O Span：你可以进行 H_2O 跨度校准。见章节 7.1.2 的相关内容。
- Flow/Pressure：你可以对流量计和气压传感器进行校准。见章节 7.1.3 的相关内容。
- Diagnostics 提供了一些重要信息，方便你评估仪器的整体性能。见章节 7.1.4 的相关内容。

7.1.1 红外分析器零点 IRGA

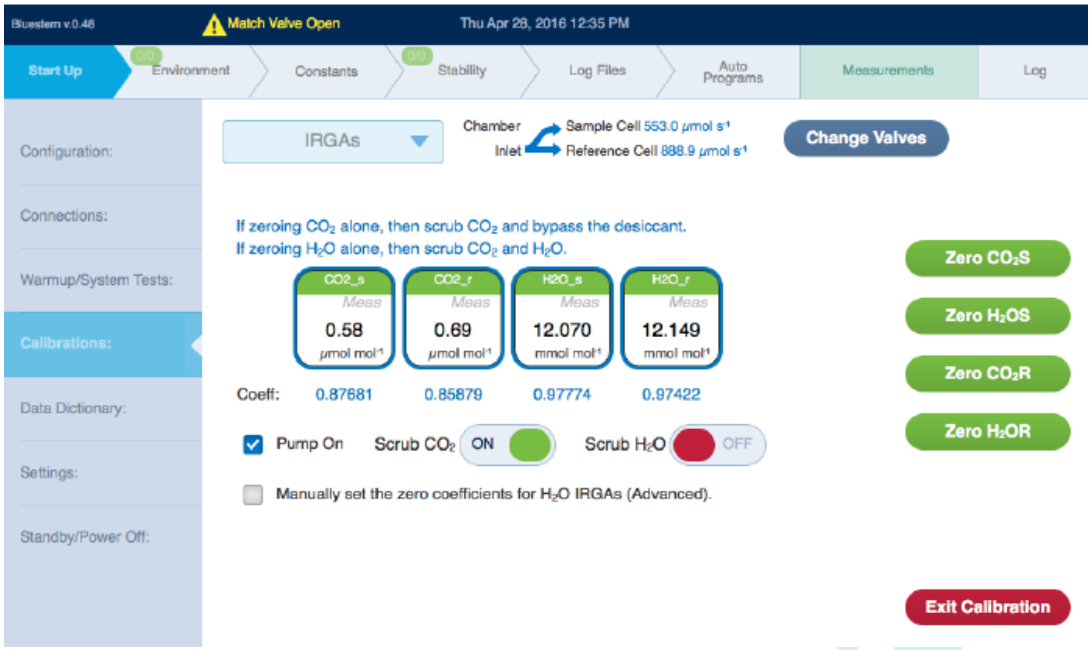
在 Start Up > Calibration > IRGAs 下进行红外气体分析器的零点校准。一次零点校准会在某个固定量上改变整条响应曲线。例如，分析器内通入无 CO_2 的气体，但是分析器读数显示为 2 μmol mol^{-1}，进行零点校准，将读数调整为 0，这样整条响应曲线的每个 CO_2 浓度点都至少改变了-2 μmol mol^{-1}（很微妙的是，在高 CO_2 浓度下调整值可能达到-4 μmol mol^{-1}）。

检查零点

你可以在测量的任何时候检查零点，不需要进入校准模式。叶室可以打开也可以关闭，可以夹叶片，也可以不夹叶片。

1. 开始设定 CO_2 零点
   在 Start Up > Calibration 下检查零点，点击 Begin Calibration。
   要注意干燥无 CO_2 的气流只流经要进行调零的腔室，当检查零点时，干燥无 CO_2 的气流并不经过叶室。使用 Change Values 按钮可以设置样品室或者参比室通入干燥无 CO_2 的气流（见下图）。
   - 调零前，检查苏打药品和干燥剂是否新鲜。
   - 如果只调零 CO_2，就完全吸收 CO_2（打开 Scrub CO_2，见下图），但不吸收 H_2O（Scrub H_2O 处于 OFF 状态，见下图）。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

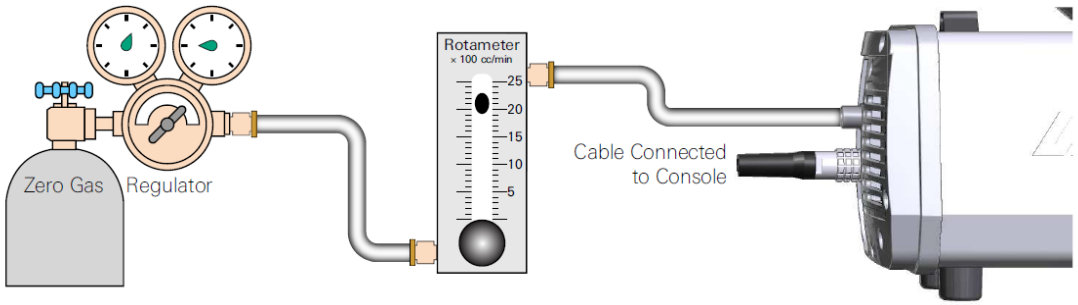


2. 如果仪器一切正常，你应该能看到 CO_2 值非常接近零。
3. 检查 H_2O 零点。要打开 Scrub H_2O（见上图，Scrub H_2O 也应该是绿色 ON 的状态）。
4. 查看气流流经腔室对应的 H_2O 的读数（H_2O_r 或 H_2O_s）。相对于 CO_2 零点检查时的响应速度，H_2O 的读数变化会比较缓慢，大约需要等 10 分钟，甚至 20 分钟才能达到真实零点状态，请判断读数是否降到最低。如果一分钟后读数下降了 0.2 或 0.3 mmol mol^{-1}，且下降非常缓慢，这就可以了。当然，如果读数是负值，且一分钟后仍然下降，可能会降到更低，这可能需要重新校准了。
5. 请务必对样品室和参比室的 CO_2 和 H_2O 的零点都做检查。

标气调零

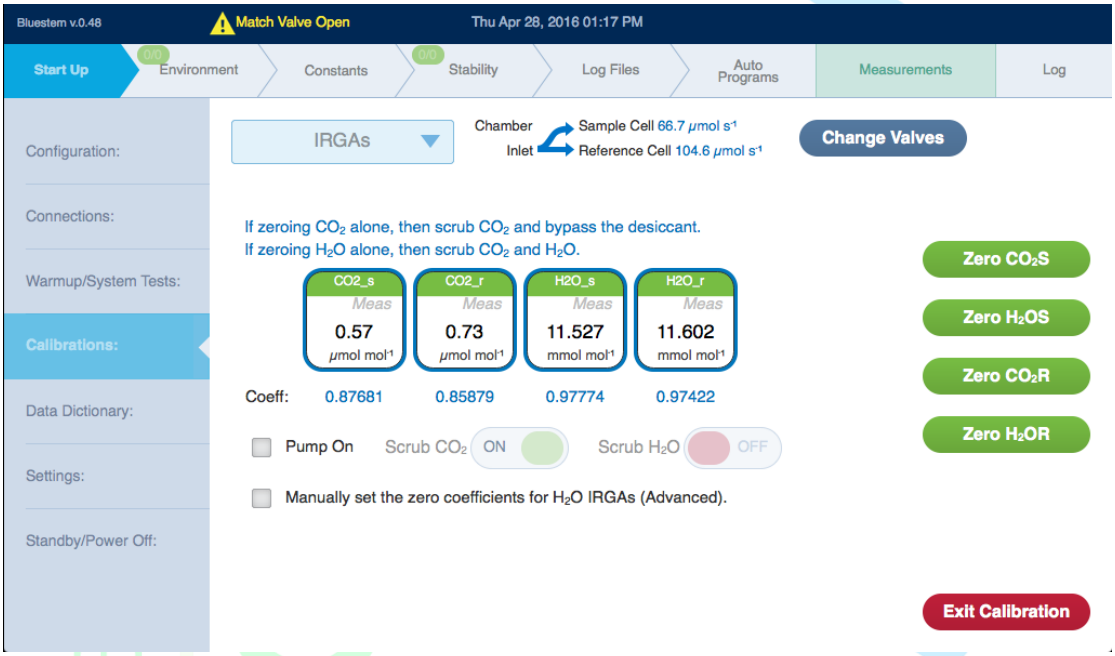
如果有条件的话，你可以使用已知 CO_2 和 H_2O 浓度为 0 的标气来校准 CO_2 和 H_2O 的零点。

1. 连接主机和分析器之间的电缆，仪器开机。
   叶室可以打开也可以关闭。
2. 分析器进气口通入零气。
   零气可以是没有 CO_2 的空气或氮气。储气罐供气流速设定为约 2 公升/分钟（如果你想节约气体，至少需要 0.5 公升/分钟）。必须使用流量调节器。配件箱里有一根 Bev-a-line 软管和一个快速接头。



基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

3. 开始 CO_2 调零。
   在 Start Up > Calibration 下，点击 Begin Calibration。
   这个程序会对分析器 IRGAs 进行调零。注意气体通入的腔室（参比室或样品室）就是正在调零的腔室。在调零过程中，气流不通过叶室。
4. 分流气体确保气体同时进入两个分析器。
   点击 Change Values 使气体同时进入样品室和参比室。
5. 不要选择 Pump On 复选框（见下图），让气体自然流通。
6. 如果仪器一切正常，你应该能看到 CO_2 值非常接近于零。



7. 检查 H2O_r 和 H2O_s 读数。
   当读数稳定后，点击 Zero H_2OR 和 Zero H_2OS 按钮。每次都要**先进行 H_2O 调零**，因为水汽会影响 CO_2 的测量。
8. 检查 CO2_s 和 CO2_r 读数。
   当读数稳定后（它们应该稳定非常快），点击 Zero CO_2S 和 Zero CO_2R 按钮。
9. 如果你对结果满意，就退出校准（点击 Exit Calibration 按钮）。

化学药品调零

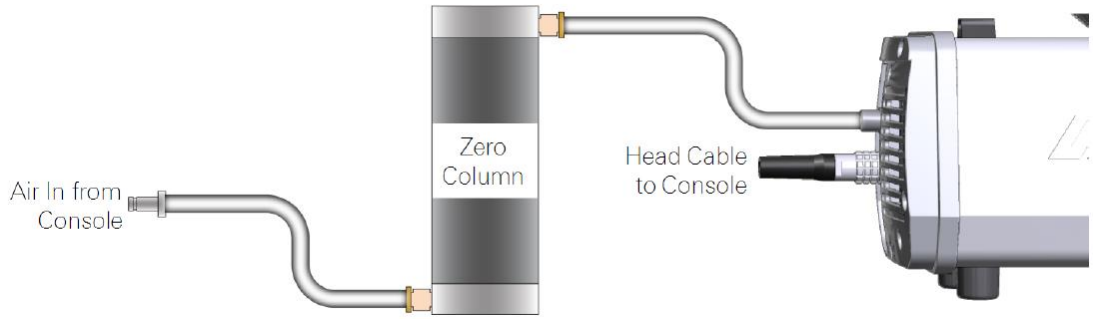
尽管最佳校准方式是使用罐装标气（零气），但您也可以使用校准套件调零。要想确保准确调零，请注意以下几点：

- 清楚化学药品是在何时、从何处购买的。
- 清楚化学药品是如何保存的、保存在哪里。
- 即使你最近刚更换了化学药品，也不能说明当前管内的药品是适合校准调零之用的。

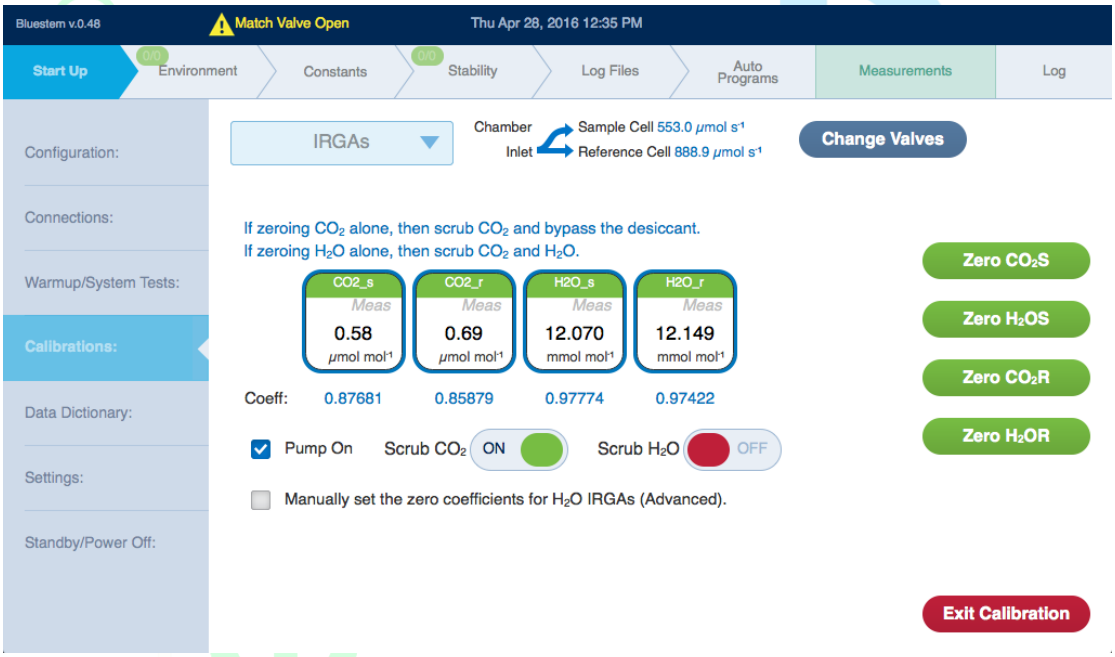
1. 连接主机和分析器之间的电缆。
   不连接气路管（软管），仪器开机。叶室可以打开也可以关闭。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

2. 校准套件中的调零管（Zeron Column）内装满干燥剂。
   一定要先做水汽调零，因为水汽会影响 CO_2 的测量。
3. 安装校准套件。
   校准套件连接在主机和分析器头部之间（见下图）。



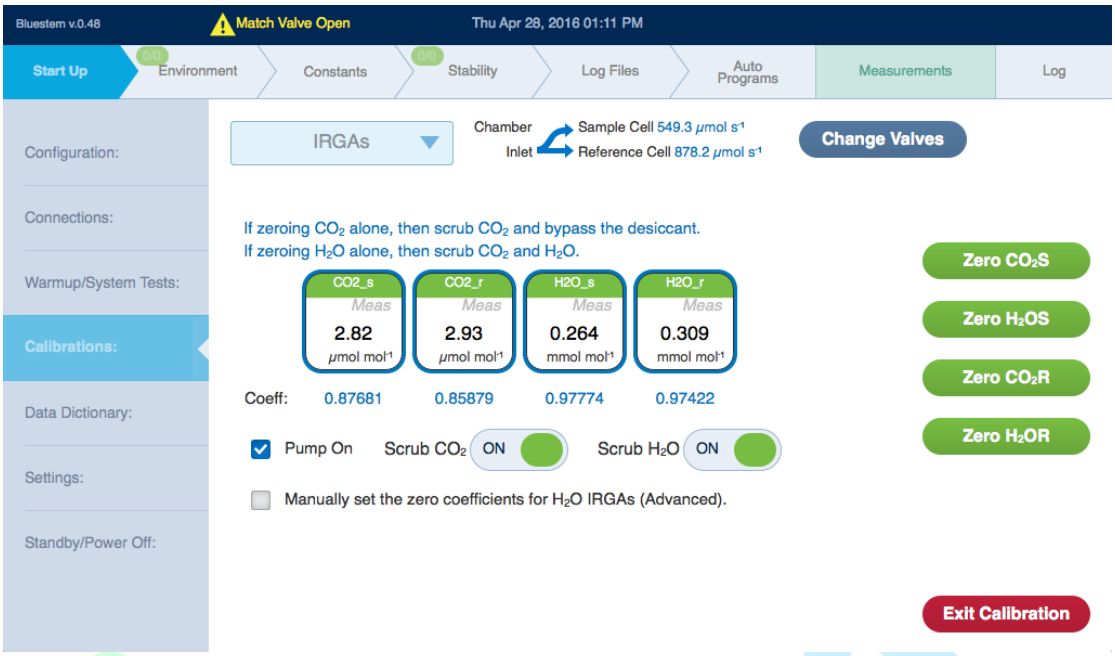
4. 开始 H_2O 调零。
   在 Start Up > Calibration 下，点击 Begin Calibration。
   这个程序会对分析器 IRGAs 进行调零。注意气体通入的腔室（参比室或样品室）就是正在调零的腔室。在调零过程中，气流不通过叶室。



5. 分流气体使之同时进入两个分析器。
   点击 Change Values 使气体同时进入样品室和参比室。
6. 如果仪器一切正常，你应该能看到 H_2O 值非常接近于零。
7. 点击 Zero H_2OR 和 Zero H_2OS 按钮。
   检查结果是否满意。
8. 下一步进行 CO_2 调零。
9. 清空调零管（Zeron Column）中的干燥剂，换成新鲜的苏打药品。
10. 同上，校准套件连接在主机和分析器头部之间。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

11. 如果仪器一切正常，你应该能看到 CO_2 值非常接近于零。点击 Zero CO2S 和 Zero CO2R 按钮。



12. 检查确认零点正常。
13. 如果你对结果满意，就退出校准。

7.1.2 跨度校准

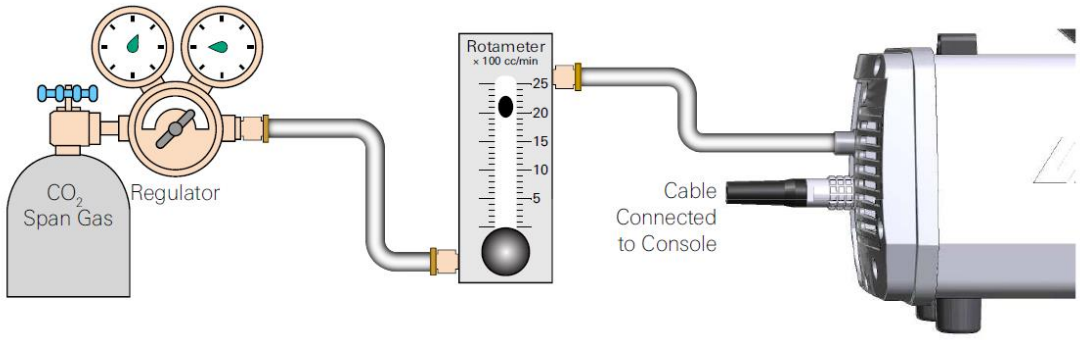
CO_2 和 H_2O 跨度校准是一种用户校准，通入已知浓度气体，检查读数是否准确，校准读数到已知浓度。跨度校准做什么？假设检测室通入 1000µmol mol^{-1} 的气体，分析器 IRGA 读 990µmol mol^{-1}。如果你调整跨度，纠正这个读数，在 1000µmol mol^{-1} 处会增加 10µmol mol^{-1} 的响应值，但在 500µmol mol^{-1}，响应值只增加 5，而在 2000µmol mol^{-1}，响应值会增加 20。（响应值并不是完全匹配，因为跨度调整只与分析器 IRGA 信号呈线性关系，而不是与浓度呈线性关系。）在浓度为 0 时（更确切地说， IRGA 检测器检测电压为 0 时），跨度调整对其完全没有影响。

CO_2 跨度

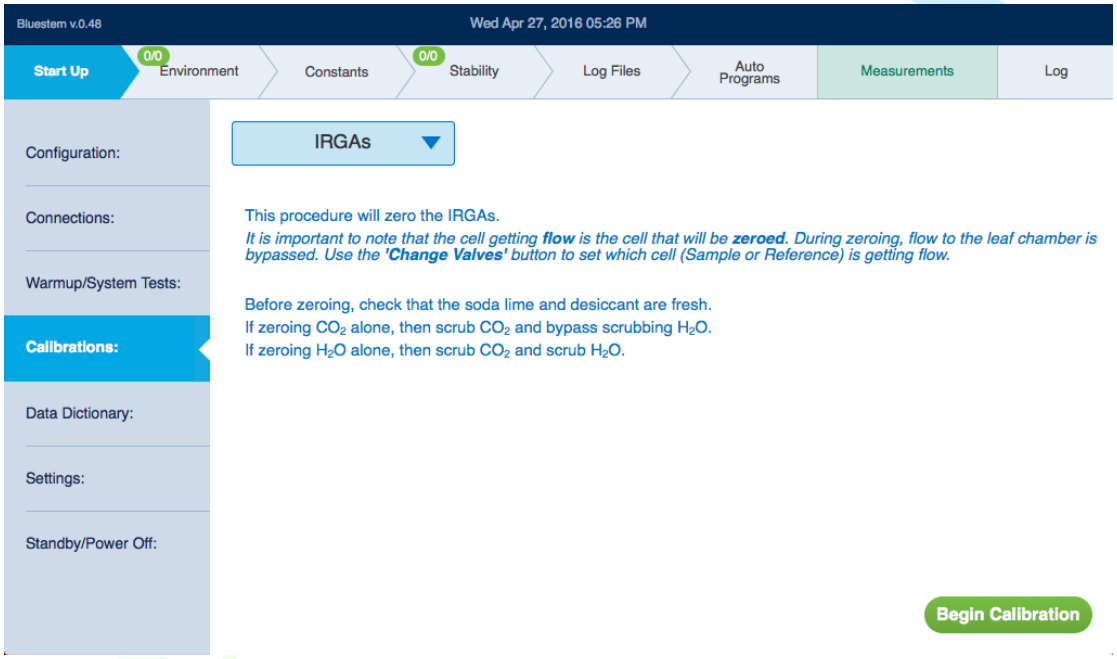
要设定分析器的 CO_2 跨度，你需要准备已知 CO_2 浓度的气体。通常使用一罐压缩的含有 CO_2 的空气或氮气，经过认证的，或者（最好）使用经过准确校准气体分析器测量过。气瓶 CO_2 浓度应该大于或等于你工作环境的浓度，使用 500µmol mol^{-1} 的浓度较好。

1. 连接主机和分析器之间的电缆，开机
   叶室可以打开，也可以空着闭合。
2. 将跨度标气气瓶通入分析器进气口。
   - ✓ 配件箱里有一根 Bev-a-line 软管和一个快速接头可以使用。
   - ✓ 标气可以是含有 CO_2 的空气或氮气。储气罐供气流速设定为约 2 公升/分钟（如果想节约气体，至少需要 0.5 公升/分钟）。
   - ✓ 必须使用流量调节器。

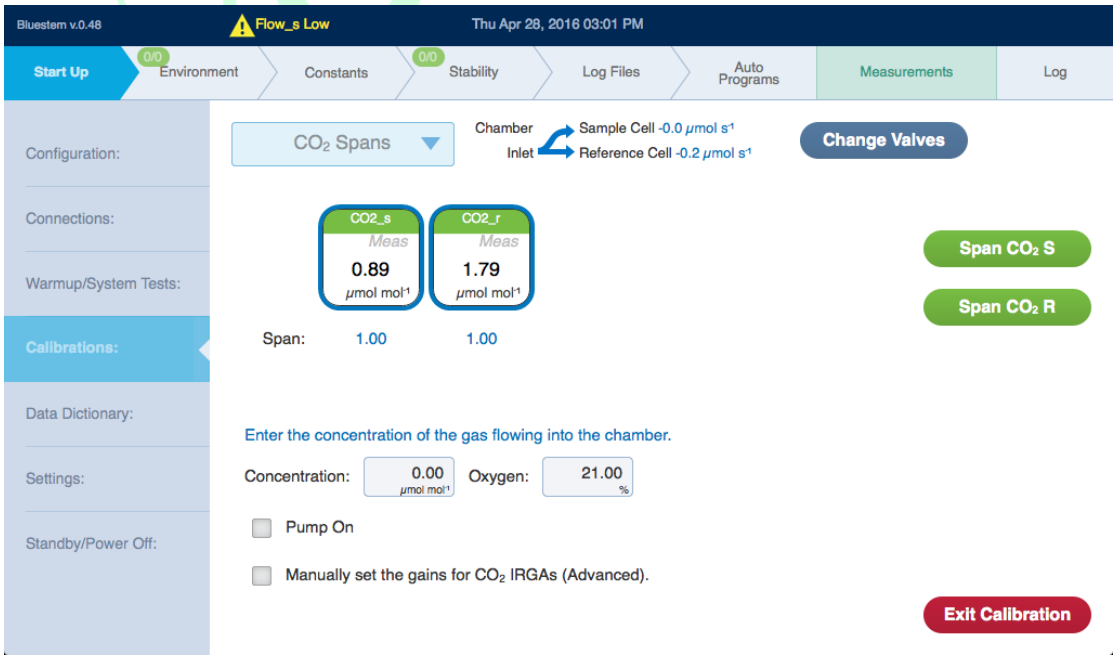
基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn



3. 进入 Start Up > Calibration，选择 CO_2 Spans，点击 Begin Calibration。



4. 分流气体同时进入 2 个分析器（按 Change Valves 按钮）。
5. 检查 CO2_s 和 CO2_r 读数。



基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

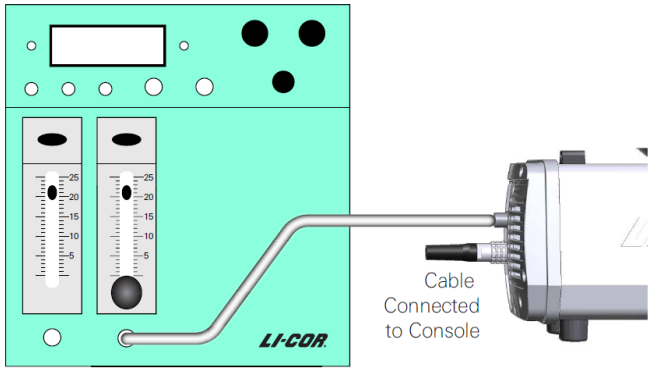
6. 输入标气的浓度（μmol mol^{-1}）。
7. 输入标气的氧气百分比（如果你使用含有 CO_2 的压缩空气，是 21%；如果使用含有 CO_2 的氮气，是 0%）。
8. 当你认为读数稳定后，点击 SpanCO_2S 和 SpanCO_2R 按钮。

水汽跨度

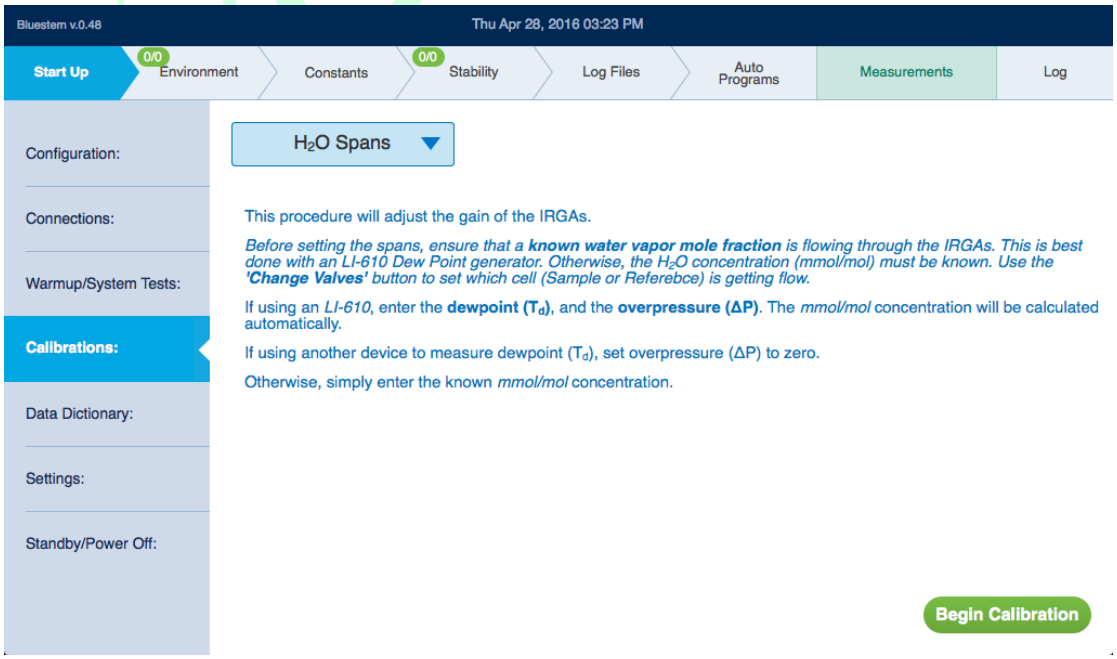
要设定 H_2O 分析器的跨度，你需要已知 H_2O 浓度的气流。最好使用 LI-610 露点发生器。

警告：如果你没有 LI-610，或其他类似的精确的仪器，就不要调整分析器的水汽跨度值。

1. 使用 LI-610，设定一个合适的露点。
   室温减去大约 5℃作为目标露点温度。等待冷凝器温度（LI-610 检测到的温度）达到这个目标值。这 5℃的“缓冲区”是为了避免 LI-610 冷凝器与 IRGA 之间的管路发生冷凝。如果发生冷凝，会产生很大的误差。
2. 设定 LI-610 供气流速为 0.5 公升/分钟。
3. LI-610 气体通入 IRGA 进气口。

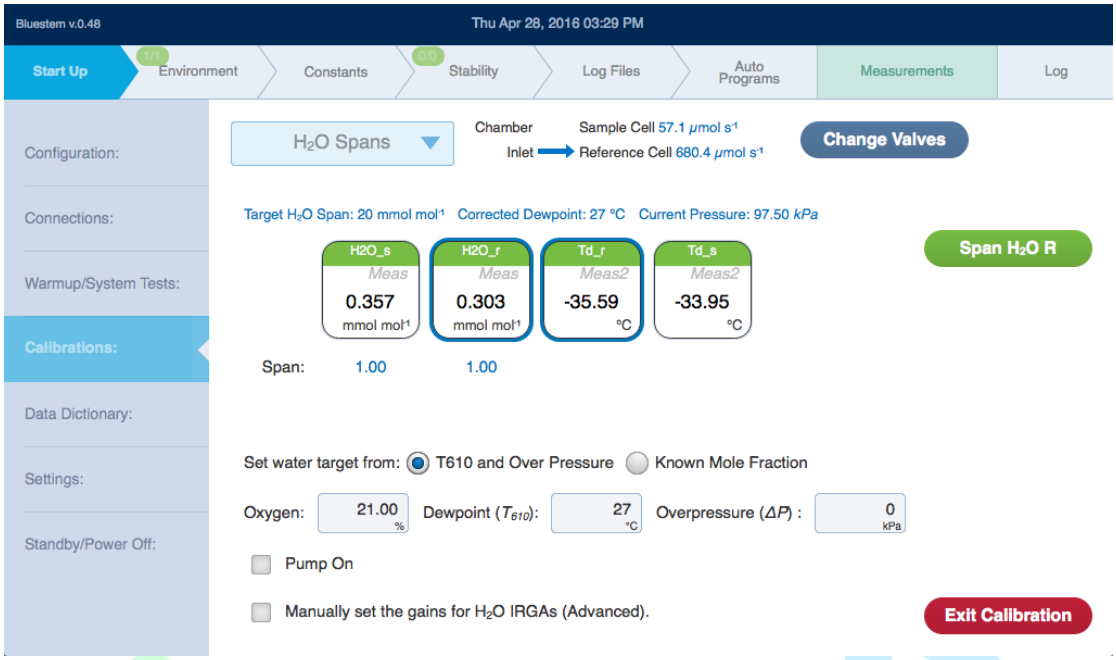


4. 进入 Start Up > Calibration，选择 H_2O Spans。



基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

5. 点击 Begin Calibration。
6. 等待平衡，观察 H2O_s 和 H2O_r 数值。平衡时间大约需要 3 到 5 分钟。



7. 选择水汽源：如果使用 LI-610，选择 T610 and overpressure；如果使用其他湿气源，选择 Know Mole Fraction。
8. 输入氧气百分比（环境空气是 21%）。
9. 输入露点温度（T_{610}）和压差（ΔP）。
10. 点击 Span H_2O S 和 Span H_2O R 按钮
    你可以 1 次调整 1 个分析器的跨度，也可以同时调整 2 个分析器的跨度。点击 Change Values 按钮选择 1 个分析器或同时选择 2 个分析器。

设定跨度时可能会发生那些差错?

跨度因子的数值应该在 1.0±0.05 范围内（也就是说在 0.95 到 1.05 之间）。当测量已知准确浓度气体时，分析器读数偏差越大，越有可能说明有地方出错了，例如：

- 分析器零点错误？
  在做跨度校准前一定要务必确保分析器零点正确。
- 标气的浓度确定是正确的吗？
  对于 CO_2，标气是否做过单独检查？不要相信即使是最有信誉的供应商的校准气体，毕竟有人可能不小心贴了错的标签在储气罐上发给你。
  对于 H_2O，冷凝器是否装有水？你是否检查过露点温度目标值，设定的露点温度是不是大于或等于室温？（如果是，你当然不会达到露点值，而且更为严重的是，这种设定会使得管路的一些部位发生冷凝，会造成很大的麻烦。）
- 叶室漏气？
  做跨度校准时叶室必须密封不漏气。
- 管路连接错误？

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

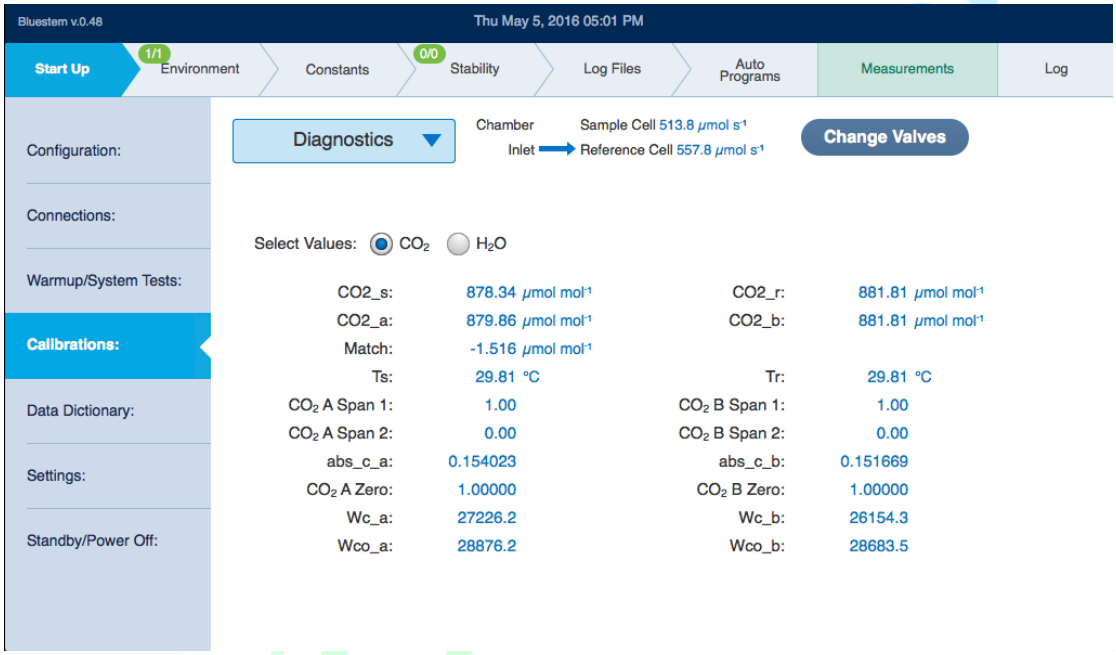
7.1.3 流量计和叶室气压传感器调零

流量计调零：

1. 在 Start Up > Calibration 中，点击 Flow Meter Zeroing。
2. 点击 Begin Calibration。
3. 传感器调零。
   依次点击 4 个按钮将相应的组件进行调零。

7.1.4 诊断

诊断标签提供了样品室和参比室气体分析器的运行情况及 CO_2 和 H_2O 的校准设定。



CO_2 分析器

参数		描述
Change Valves:		改变从样品室到参比室的气流。
CO2_s:	CO2_r:	样品室（s）和参比室（r）测量的 CO_2 浓度。
CO2_a:	CO2_b:	匹配后气体分析器测量的 CO_2 浓度。
Match:		对样品室气体分析器的调整。
Ts:	Tr:	样品室和参比室气体分析器的温度。
CO_2A Span 1:	CO_2 B Span 1:	参比室和样品室分析器的跨度值 1。
CO_2R Span 2:	CO_2S Span 2:	参比室和样品室分析器的跨度 2（不使用）。
abs_c_a:	abs_c_b:	CO_2 吸收的红外辐射。
CO2 A Zero:	CO2 B Zero:	参比室和样品室分析器的 CO_2 零点。
Wc_a:	Wc_b:	
Wco_a:	Wco_b:	

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

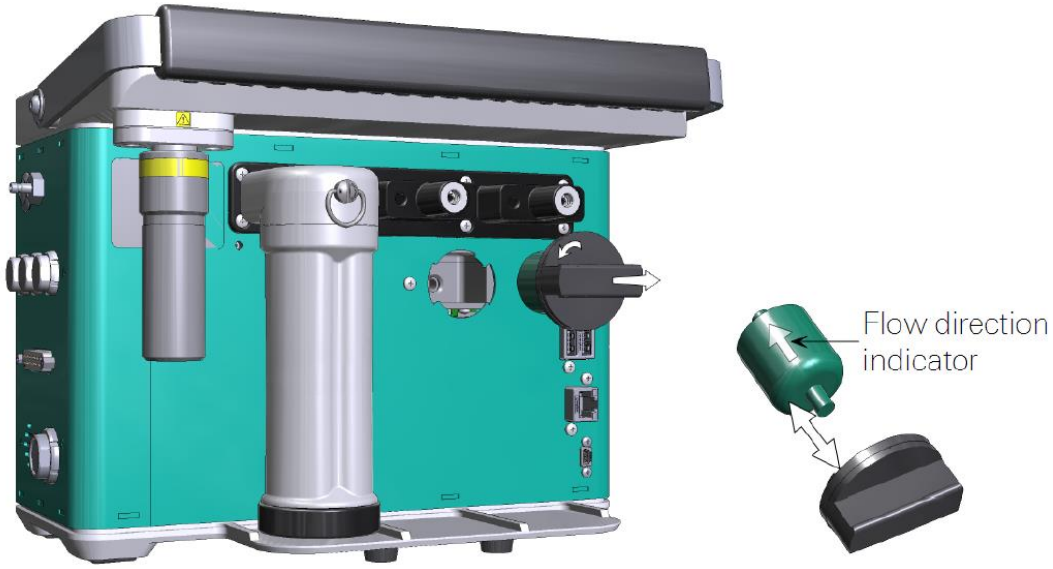
H_2O 分析器

参数		描述
H2O_s:	H2O_r:	样品室（s）和参比室（r）分析器的 H_2O 浓度。
H2O_a:	H2O_b:	匹配后气体分析器的 H_2O 浓度。
Ts:	Tr:	样品室和参比室的气体分析器的温度
H_2O A Span 1:	H_2O B Span 1:	参比室和样品室分析器的跨度值 1。
H_2O R Span 2:	H_2O S Span 2:	参比室和样品室分析器的跨度 2（不使用）。
abs_h_a:	abs_h_b:	H_2O 吸收的红外辐射。
H_2O R Zero:	H_2O S Zero:	参比室和样品室分析器的 H_2O 零点。
Ww_a:	Ww_b:	
Wwo_a:	Wwo_b:	

7.2 进气口空气过滤器维护

在主机进气口有一个空气过滤器，常规仪器使用，需要每年更换一次过滤器。如果仪器无法达到设定的流速值，过滤器可能堵塞了。按照下面的步骤更换进气口过滤器：

1. 取下加湿管和苏打药品管。
2. 取下过滤器。
   逆时针旋转进气口过滤器盖帽 1/4 圈，拉出，过滤器和盖帽会一起取出。



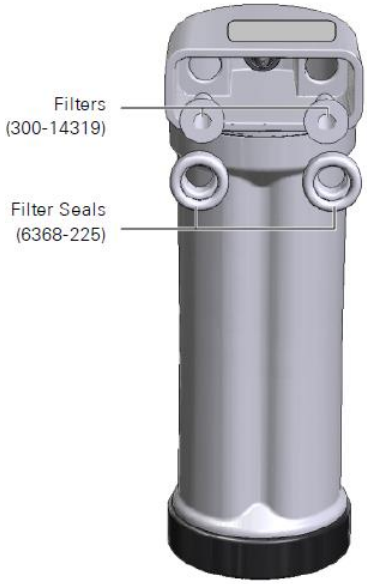
3. 从盖帽上取下过滤器。
   过滤器是一次性用品，如果堵塞的话就扔掉。
4. 检查盖帽上和主机里的 O 型圈是否有裂缝或破损。
   如果你看到破损，需要更换。它们是固定在上面的，可以使用牙签慢慢挑出 O 型圈，更换。但要非常小心，不要留下划痕或掉入杂物。
5. 安装新的过滤器（300-14311）。
6. 进行漏气检查。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

7.3 化学药品管维护

干燥剂管、苏打管和增湿管添加药品的完整方法请见章节 2.1.2。

药品管内的过滤器



每个化学药品管都有 2 个过滤器（300-14319），通过橡胶密封圈（6368-225）固定。

过滤器可能会变脏或堵塞，这时你需要清洁或更换它们。额外的过滤器在配件箱里。

如果过滤器出现堵塞，你应该更换。用手指抠出过滤器。过滤器和密封圈取出后是一个整体。将新的过滤器安装到橡胶密封圈里，然后按进药品管。

7.4 气体分析器维护

红外气体分析器需要定期维护，防止校准偏移并且确保良好的性能。维护频率要看具体的使用环境和操作者的爱惜程度。

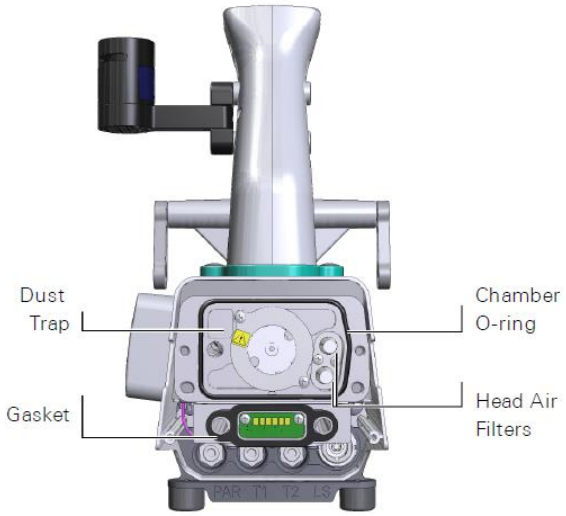
7.4.1 更换头部过滤器

警告：操作前必须关闭仪器。

在分析器头部，叶室和气体分析器之间有 2 个小的空气过滤器。

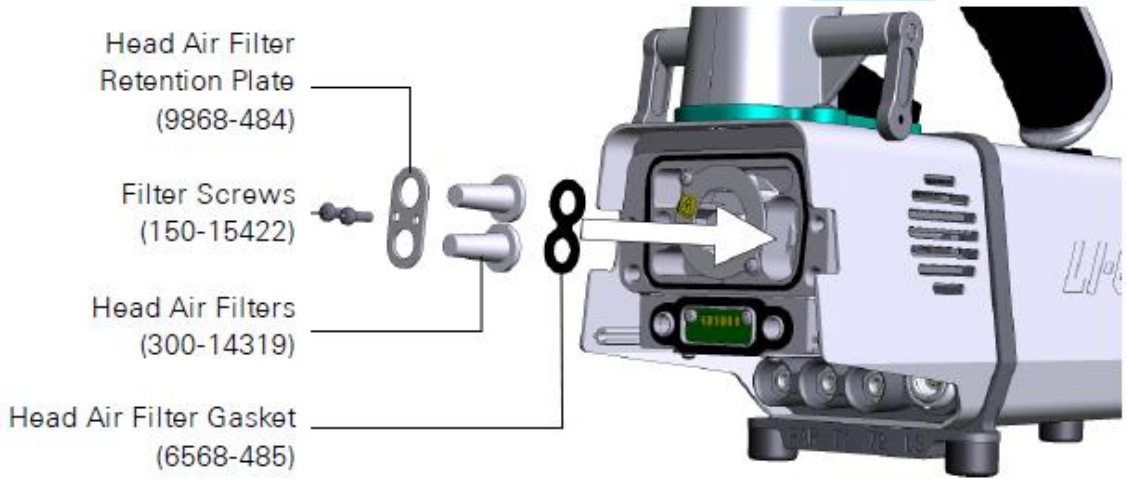
这 2 个过滤器能够阻止碎屑杂质进入气体分析器，你需要定期清洁或更换它们。

还有一个除尘器能够收集灰尘。见右图。



基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

1. 取下叶室（详见章节 2.1.5 更换叶室的方法）。
2. 过滤器是用 2 个螺丝（M2，6 mm 长）、一个固位板（9868-484）和垫圈（6568-485）固定。
3. 如果过滤器堵塞，从配件箱里找到新的过滤器（300-14319）更换它们。
4. 用配件箱里的小清洁签清洁风扇四周内表面、过滤器、通风管和除尘器。
5. 安装叶室，进行漏气检查。



7.4.2 清洁光路

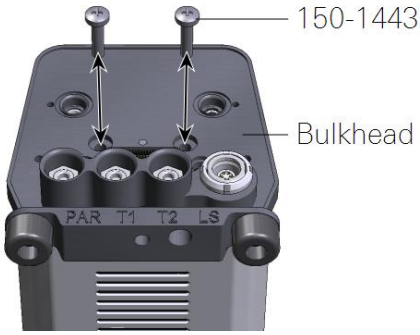
LI-6800 气体分析器是与叶室连通的，但有 2 个过滤器防止大多数杂质进入气体分析器。如果杂质进入光路，需要取出气体分析器，清洁光路。

警告：操作前必须关闭仪器。

打开光具座

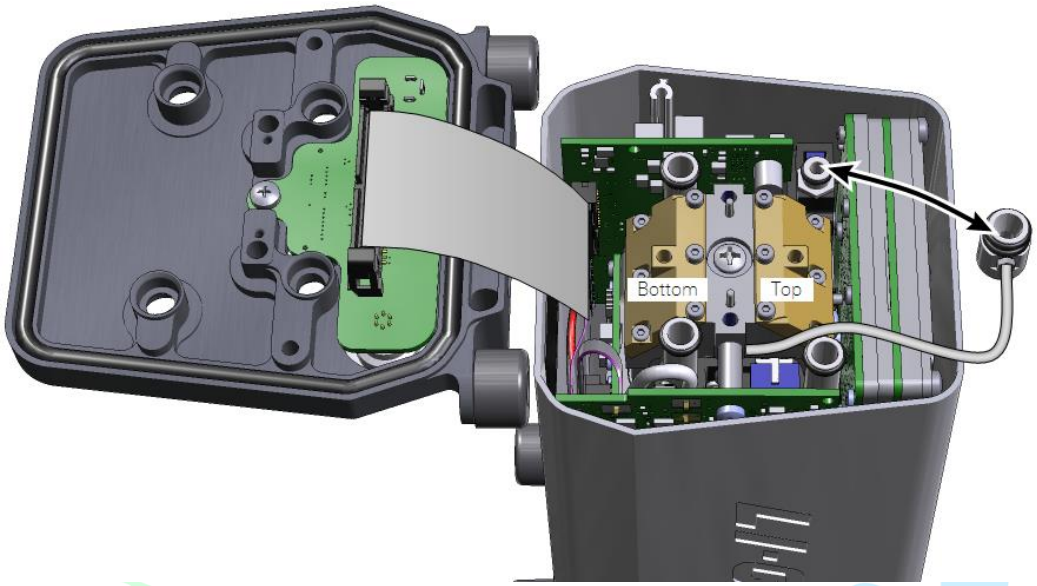
1. 取下叶室（详见章节 2.1.5）。
2. 取下热交换器组件。
   热交换器使用 2 个螺丝固定，1 个在 PAR 传感器接口上方，另一个在 LS 传感器接口上方。螺丝是拧住的，只需要拧下即可（见右图）。取下热交换器和手柄组件，放在一边。
3. 取下隔离舱盖（Bulkhead Cover）。
   隔离舱盖是用 2 个螺丝（150-14431）固定的，取下它们（见下图）。



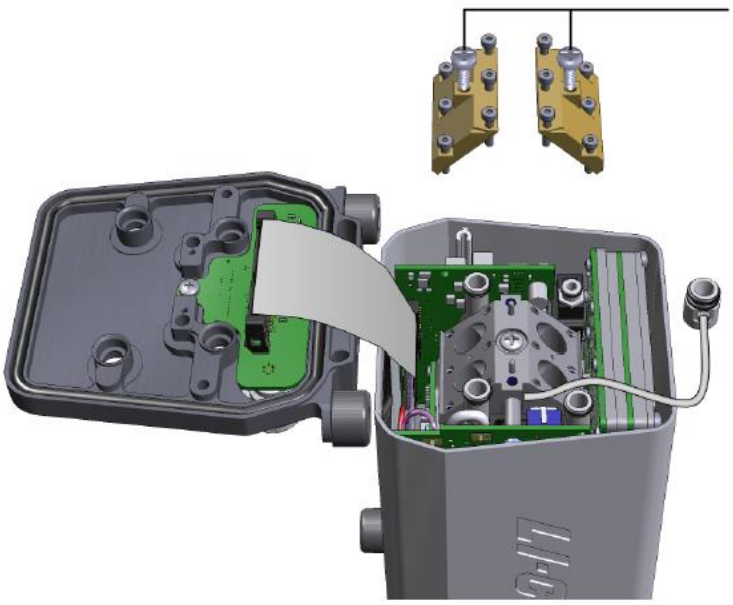


基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

4. 轻轻打开隔离舱盖，露出气体分析器。
   你可以拔出带状电缆放在合适的位置。拔出气压管移到一旁。



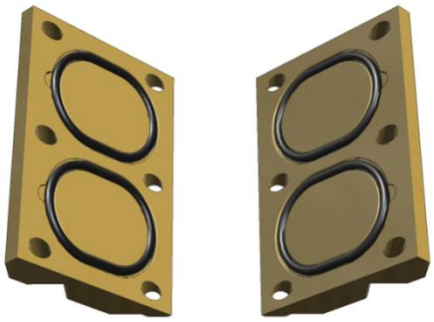
5. 用麦克笔分别在 2 块反光镜上标记“上部”和“下部”（见上图）。
   如果反光镜装反，可能会发生校准偏移。还记得固定隔离舱盖的那两个螺丝（150-14431）吗？把它们（或者从配件包找到同型号的备用螺丝）插到反光镜的螺孔上。捏着这两个螺丝可以方便取出反光镜（见下图）。
6. 卸下反光镜上的 6 颗螺丝，取出反光镜（见下图）。



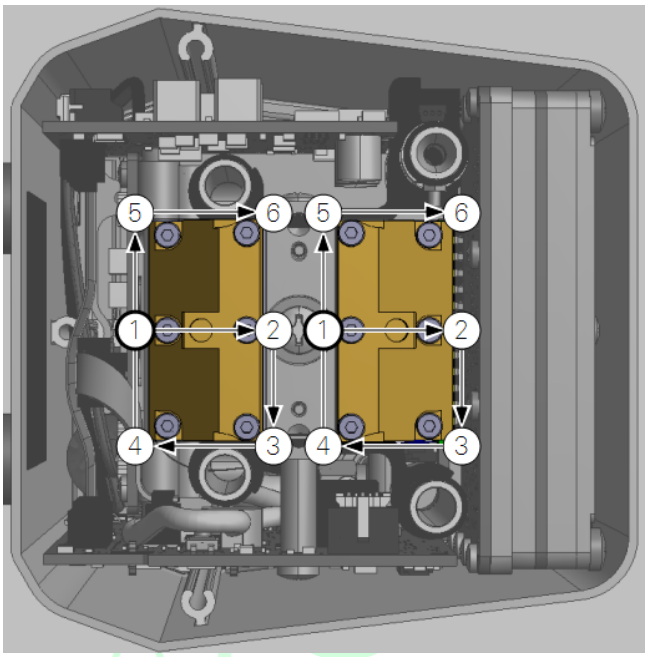
7. 检查分析器腔室和蓝宝石窗口。
   如果有明显的杂物，使用配件箱里的大清洁签（610-05315）清理污染物。用清洁的压缩空气吹腔室。
8. 用无纤维的软布清理反光镜。
   可以用配件箱里的软棉手套。
   注意：不能用棉签或清洁签擦拭反光镜，棉签可能会损伤镜面。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

9. 检查反光镜上的 O 型圈，如果有破损更换它们。
   用一根牙签取下 O 型圈。配件箱里有额外的 O 型圈，把新的 O 型圈装到反光镜上。

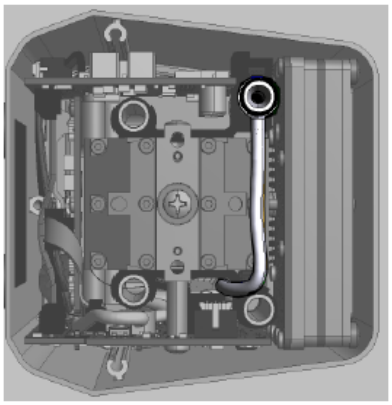


10. 安装反光镜。
    从中间螺丝开始按螺旋状顺序拧紧螺丝。如果你使用扭矩螺丝刀，将螺丝拧到 45 英寸盎司（0.32 N•m）力矩。按照顺序安装好所有螺丝（见下图）。

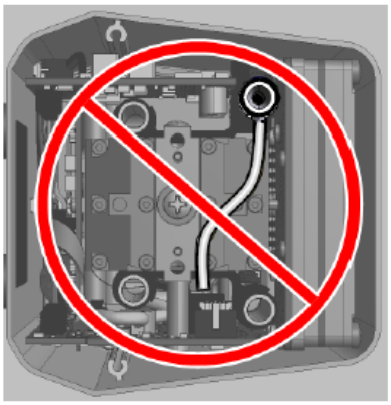


11. 安装压力管。
    轻轻地把压力管装在相应位置即可。压力管要围绕着反光镜，这样在你安装隔离舱盖的时候就不会压着这根管子（见下图）。

Correct routing around the mirror.

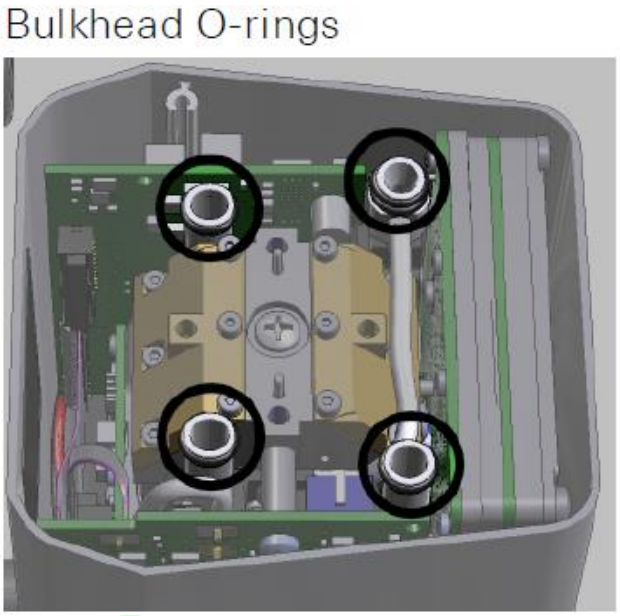


Incorrect routing will pinch the tube

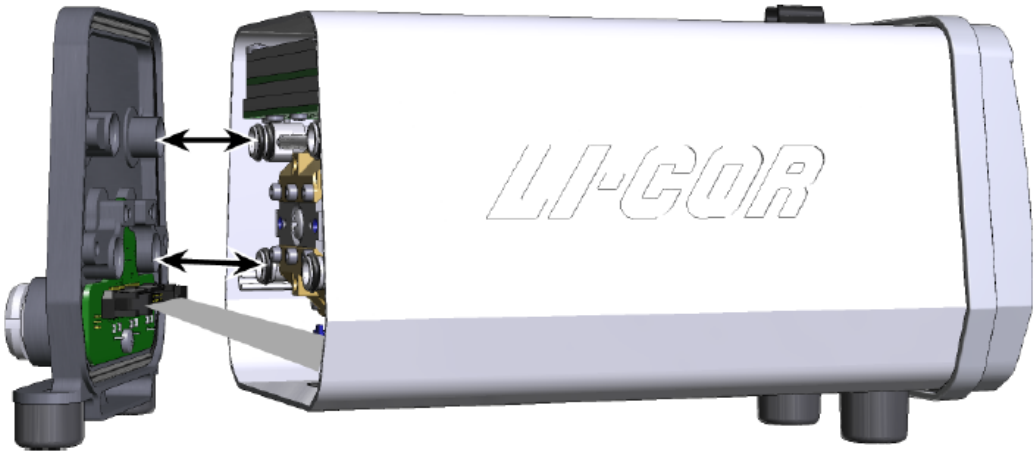


基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

12. 检查隔离舱盖 4 个 O 型圈的状况。
    如果发现破损，在配件箱里找到新的 O 型圈（192-14314）替换它们。



13. 安装隔离舱盖。
    安装隔离舱盖的时候，确保隔离舱盖和隔离舱内 4 根气路管和它们的 O 型圈对齐。拧紧螺丝。如果您使用扭矩螺丝刀，拧至 22 英寸磅（2.5 N•m）。



14. 检查热交换器组件的 O 型圈的状况。
    如果发现破损，配件箱里找到新的 O 型圈（192-14314）替换它们。
15. 安装热交换器组件。
    拧紧螺丝，如果您使用扭矩螺丝刀，拧至 22 英寸磅（2.5 N•m）
16. 安装叶室。
    详见章节 2.1.5 的内容。
17. 执行传感器检查。
    在 Start Up > System Tests 下，选择 Sensor Check。最重要的一项是漏气检查。
18. 调零和跨度校准。
    见章节 7.1.1 和 7.1.2 的相关内容。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

7.4.3 化学药品瓶维护

警告：操作前必须关闭仪器。在操作过程中带上防静电手环，防止静电放电。

在分析器腔室内有 2 个小塑料瓶，内装化学药品以保证检测器周围没有 CO_2 和水汽。这 2 瓶药品能够持续 2 年或更长时间。在判断是否需要更换化学药品前一定要认真考虑全面每一个可能的原因，切勿冒然更换药品。

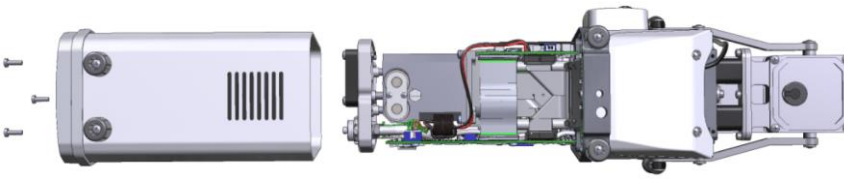
更换传感器头部苏打和干燥剂瓶：

1. 取下分析器头部外壳。

外壳使用 3 个十字螺丝固定，使用 1 号螺丝刀拧下螺丝。如图所示，从分析器头部向后抽出外壳。

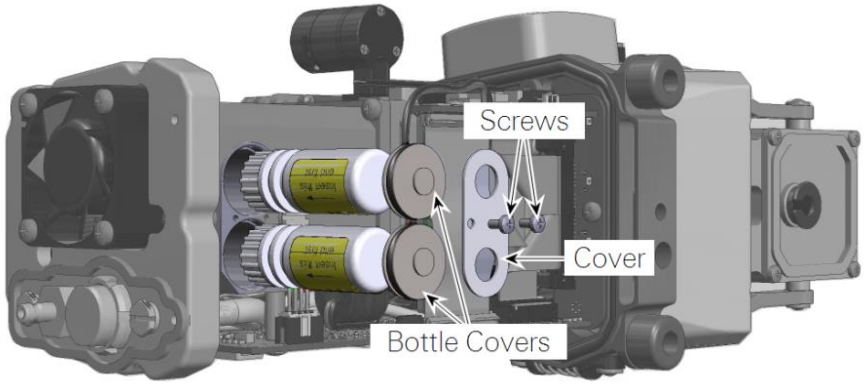
注意：外壳去掉后，一定要非常仔细对待分析器头部，不要触摸或弯曲电路板!!!





2. 拧下药品瓶盖板螺丝、盖板和瓶盖。

一旦取下盖板，药品瓶就会滑出，你需要用手捏紧它们。



3. 准备新的药品瓶。

如果你有 LI-COR 的药品瓶，你应该从旧的药品瓶上取下瓶帽（瓶帽顶端有一个孔），把它们放在新的药品瓶上。因此，放进分析器头部的药品瓶瓶帽上有一个孔，Gore-Tex 膜应该保留在瓶帽内。



4. 重新组装分析器头部。

放进分析器头部的药品瓶瓶帽朝着分析器头部的顶端。安装药品瓶盖、盖板，然后拧紧螺丝。小心安装分析器头部外壳，拧上第 1 步取下的 3 颗螺丝。当你安装外壳的时候，确保其边框完全紧贴嵌入隔离舱的垫圈，而不是直接与隔离舱接触。拧紧螺丝固定外壳。

注意：更换药品瓶后，仪器需要放置一天后再检查零点。药品瓶需要一些时间吸收分析器的 CO_2 和水汽。你可以通过让仪器开机来加速这个过程。不然的话，零点可能会发生偏移。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

7.5 叶室维护

这部分介绍 3×3 cm 标准透明顶叶室的维护。

7.5.1 泡沫垫圈保养

叶室泡沫垫圈的保养很重要。*不使用的时候确保张开叶室*，防止垫圈一直保持挤压状态。黑色氯丁橡胶在几小时后能够恢复弹性，但白色的垫圈恢复非常慢。

7.5.2 泡沫垫圈更换

叶室上下 2 个垫圈在需要的时候应该更换。正确取下垫圈很重要。在泡沫垫圈的下面有一层薄膜涂有粘合剂。尝试用手指甲或小刀的平边撬起薄膜的一个角。如果你只撬起泡沫和粘合剂，薄膜将会保留在叶室上，很难刮掉。如果你插入薄膜的下方，则很容易取下整个垫圈。

取下垫圈后，通常会有残留的胶粘材料。如果表面是涂着油漆的金属可以使用 Goo Gone®、丙酮或其它溶剂来清理。严禁使用化学溶剂清理叶室的塑料部分。

把要更换的垫圈粘合剂上覆盖的纸撕掉。撕掉纸后，查看粘合剂黏住垫圈的部位有没有空隙，如果有，轻轻拉伸垫圈，空隙就会消失。如果垫圈有空隙就直接黏在叶室上，会发生漏气。

上叶室最好使用白色的聚乙烯垫圈。这个垫圈跟黑色氯丁橡胶一样，被压扁后很难恢复，而且取下时更加艰难。因此，非必要时尽量不要经常更换垫圈。

7.5.3 叶室透明膜更换

叶室使用 Propafilm 透明膜（Innovia Films Inc., Atlanta, GA）做为透明上叶室。如果透明膜撕裂、刺破或非常脏的话，需要进行更换。配件箱里提供了可更换的透明膜和双面胶带。

按下面的步骤更换 Propafilm 叶室透明膜：

1. 如果有必要的话取下光源。
   使用 2 号十字螺丝刀。
2. 去除旧的透明膜和胶带。
   胶带有强力粘合剂，不容易去除。使用溶剂例如丙酮溶解粘合剂进行去除。不要使用刀片或其它锋利工具去除胶带，这样可能损伤叶室表面，导致透明膜很难密封。
3. 准备新的胶带。
   取一条细双面胶带，要长于叶室。放置在平整的表面上，胶体向上。
4. 粘合胶带并休整边缘。
   把叶室顶面放到胶带上并压紧，把叶室内外边缘的胶带修整一下，尽可能使用新的刀片一次性靠边切下。
5. 准备一片 Propafilm 透明膜。
   切割一片稍大的 Propafilm 透明膜。把膜展开在平整清洁的表面上拉紧。各个角上贴上玻璃纸胶带以保证它固定在表面上。
6. 去除胶带背纸。
   从胶带上撕下背纸，并保证无褶皱存在。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

7. 贴上 Propafilm 透明膜。
   叶室放在 Propafilm 透明膜上，翻转叶室，压平透明膜。褶皱应该推平。
8. 修整至恰当大小。
   修整叶室外边缘的透明膜。尽可能一次性靠边切下。
9. 重新安装叶室。

7.5.4 叶温热电偶维护

叶温热电偶很少需要维护。如果无法提供合理的测量结果，可能需要更换。

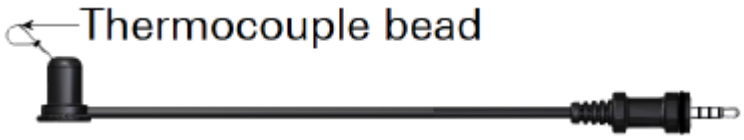


图 6-1 叶温热电偶和接头

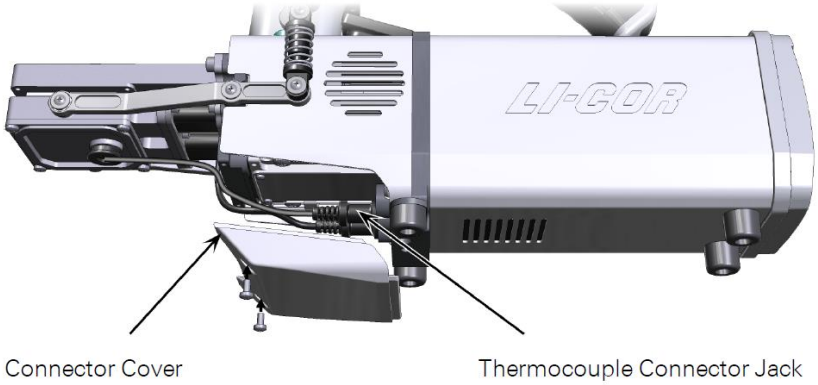
热电偶维护

应该定期检查叶温热电偶读数，通常是在每天开始使用的时候。损坏的热电偶很容易更换，如果你的热电偶坏了，最好在测量前检查出来，进入 Start Up > System Tests >Sensor Check，进行检查。

热电偶更换

叶温热电偶（9968-245）固定在一个塑料底座上，从下方插入下叶室。热电偶末端是一个公的 1/8 英寸接头，要更换的是这个整体。如果热电偶结点损坏，叶温读数会在 999.9 附近。
按照下面的步骤更换叶温热电偶：

1. 取下外盖（Connector Cover）。
   外盖是用 2 个螺丝固定的。拧开螺丝，取下外盖。



2. 拔下热电偶接头。
   直接拔出热电偶接头。
3. 从叶室取下热电偶传感器。
   直接向下拉，从叶室底部拉出。如果很紧的话，你可以轻轻晃动热电偶。请勿直接拉拽热电偶线缆。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

4. 插入新的热电偶。
   稍微弄湿热电偶 O 型圈，或使用少量的硅润滑脂。这样比较容易安装新的热电偶。

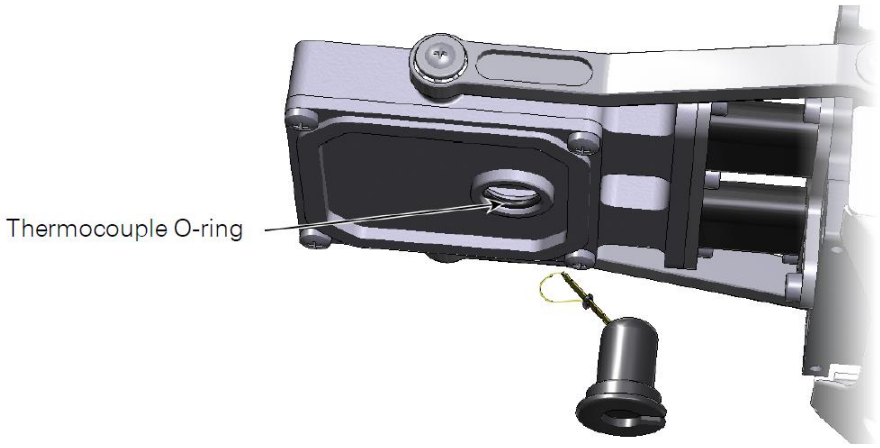


图 6-2 热电偶插入下叶室，需要的时候在 O 型圈上涂抹少量硅润滑脂方便安装。

5. 插入接头。
   热电偶接头连接到 T1 或 T2 接口上。少量的硅润滑脂会比较容易插入和拔出。
6. 调整热电偶位置。
   调整热电偶位置，从侧面看的时候热电偶感应点应该略高于下叶室泡沫垫圈。这样能够保证叶室闭合的时候热电偶能够跟叶片接触。

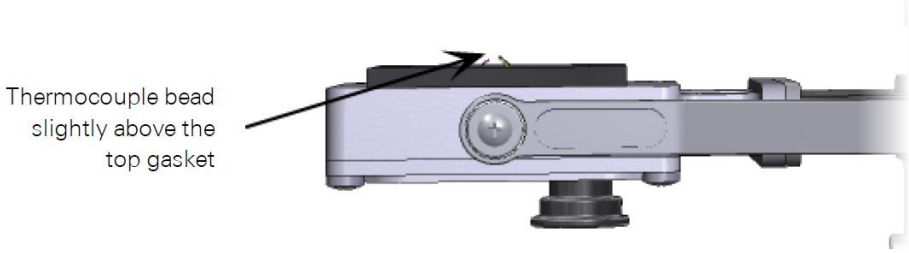


图 6-3 调整热电偶距垫圈顶端距离，若位置合适，热电偶能够跟叶片底部轻轻接触。

7. 安装外盖。
8. 检查热电偶读数。
   进入 Start Up > System Tests >Sensor Check，运行测试。

Note: Install 4 O-rings from the spares kit on the thermocouple shaft, as shown, to maintain the correct position.

注意：在热电偶轴上（如下图所示）安装4个O型圈，有助于传感器保持正确的位置。

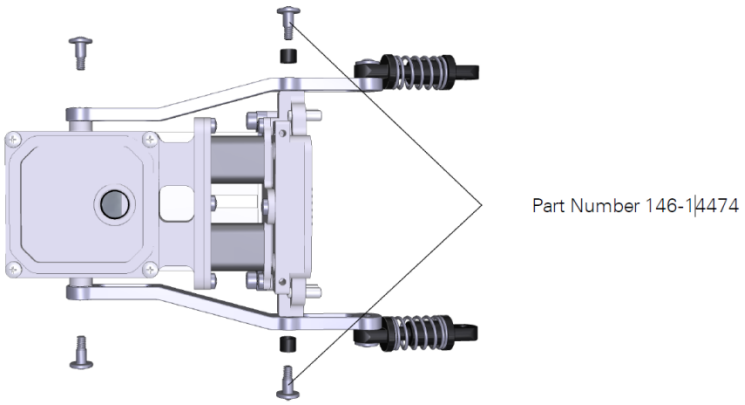


基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

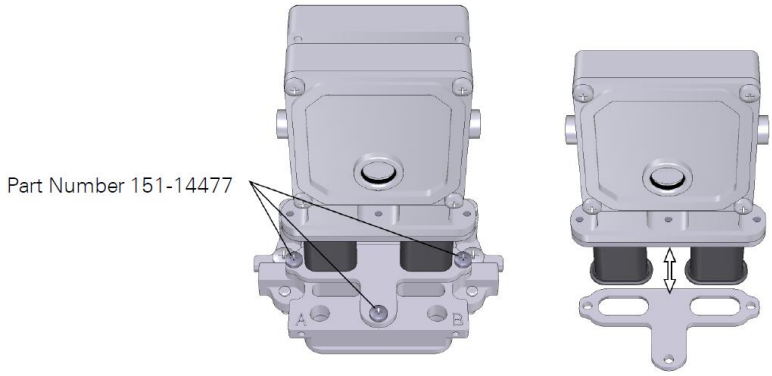
7.5.5 更换叶室软管

下叶室有 2 个软管，随着长期使用，软管可能会老化破损。如果需要的话，按照下面步骤更换软管。这部分介绍了 3×3 透明叶室的操过过程，但其它叶室操作过程相同。

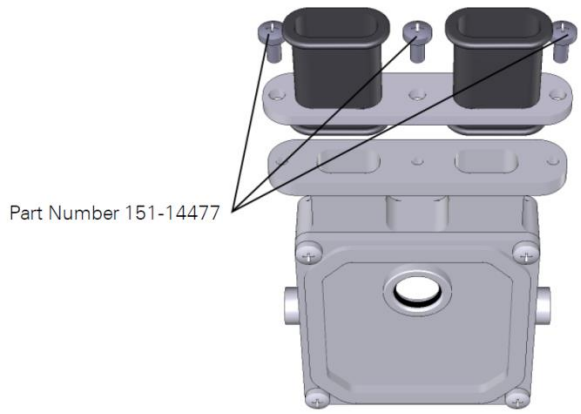
1. 从分析器头部取下叶室。
   见章节 2.1.5 更换叶室方法。把叶室顶朝下放在操作台上。
2. 从叶室上取下铰链臂。
   警告：不要弯曲软管。如果在取下或安装铰链臂过程中弯曲软管，可能会产生漏气。



3. 拧下固定软管的 3 颗螺丝。
   你需要转动下叶室，方便拧下螺丝。拧下螺丝后，下叶室会与叶室的其余部分分离。将软管拉出垫板。

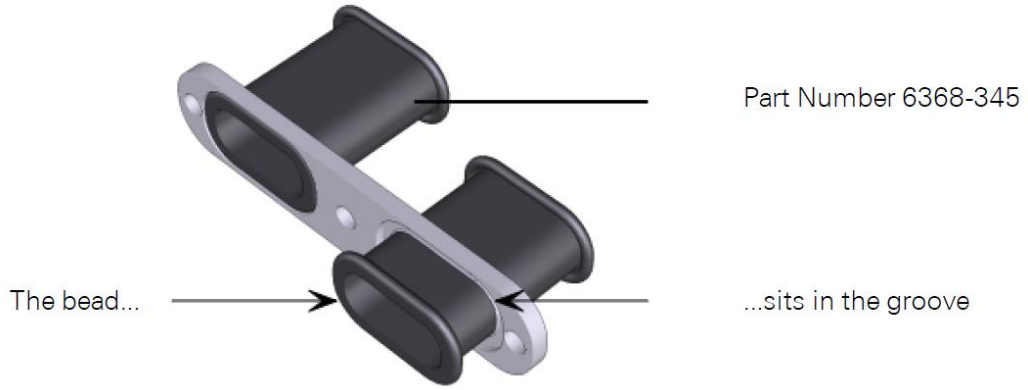


4. 从下叶室取下软管。

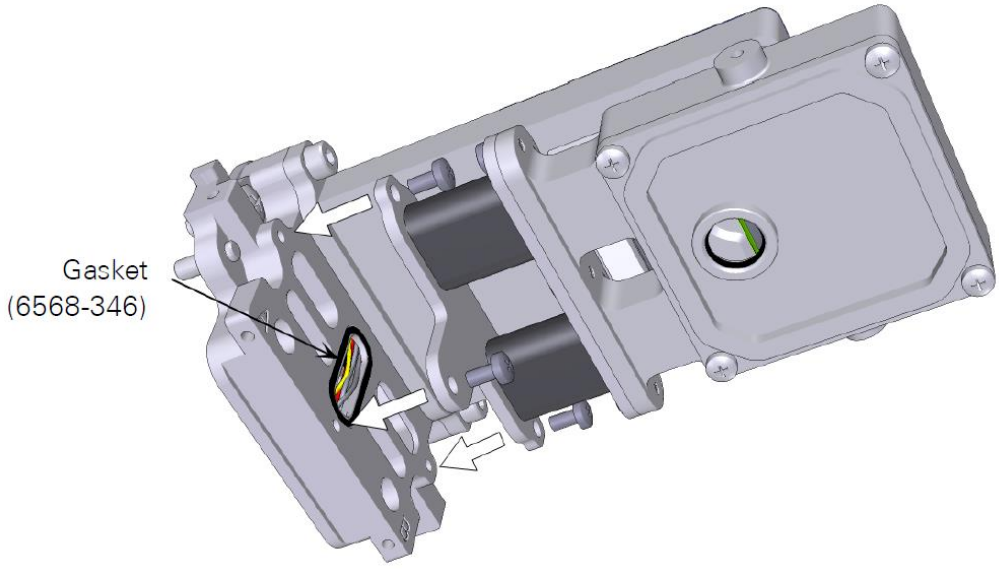


基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

5. 先将新的软管安装到下叶室上（使用上一步取下的零件）。
   软管穿过开口，要小心，确保管圈座在凹槽内。特别注意管圈（bead）不被挤压。拧紧螺丝（如果使用扭矩螺丝刀，使用 1.1 N•m、9.4 英寸磅）。



6. 检查另一块垫板后边的垫圈。
   如果有破损（龟裂、收缩或断裂）需要更换，配件箱里有备用的垫圈（6568-346）。



7. 安装下叶室。
   软管穿过另一块垫板的开口，拧紧固定叶室的 3 颗螺丝（如果使用扭矩螺丝刀，使用 1.1 N•m、9.4 英寸磅）。再次注意管圈不能被挤压。
8. 安装第 2 步取下的铰链臂。
   拧紧螺丝（如果使用扭矩螺丝刀，使用 1.1 N•m、9.4 英寸磅）。
9. 将叶室安装到分析器头部。
   见章节 2.1.5。
10. 执行传感器测试。
    在进 Start Up > System Tests 下，选择 Sensor Check。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

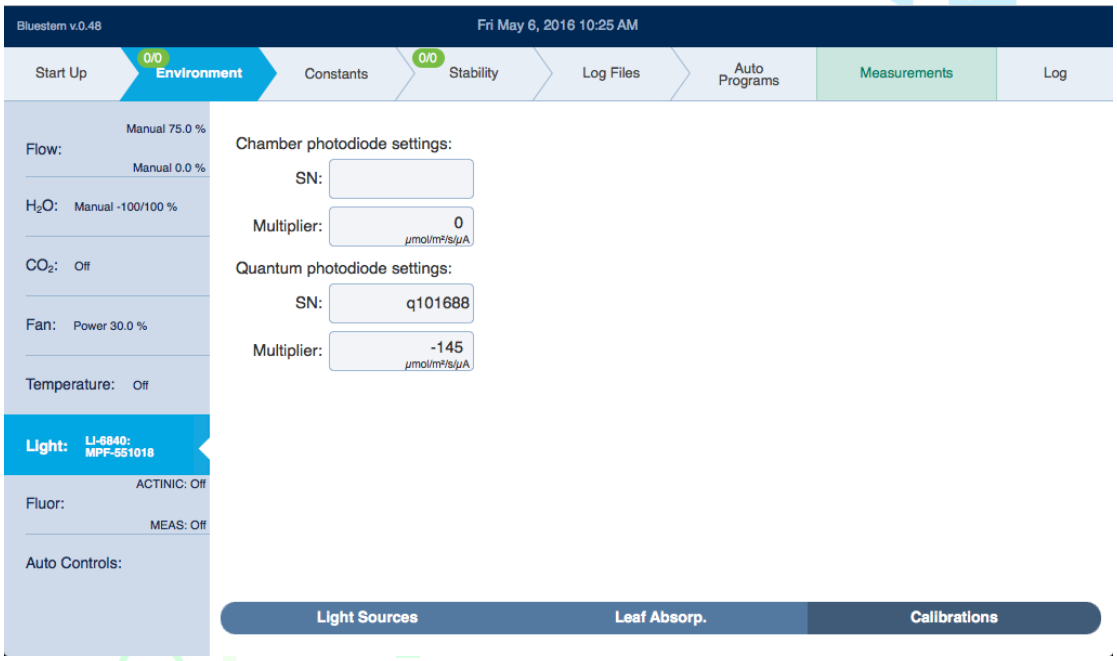
7.6 光源维护

光源没有必要进行维护。光源上的泡沫垫圈保护叶室的 Propafilm 透明膜，同时阻止环境光进入叶室。所以要定期检查泡沫垫圈。如果需要的话，使用柔软的无纺布和外用酒精清洁光源窗口。不要使用其它溶剂清洁透明塑料。

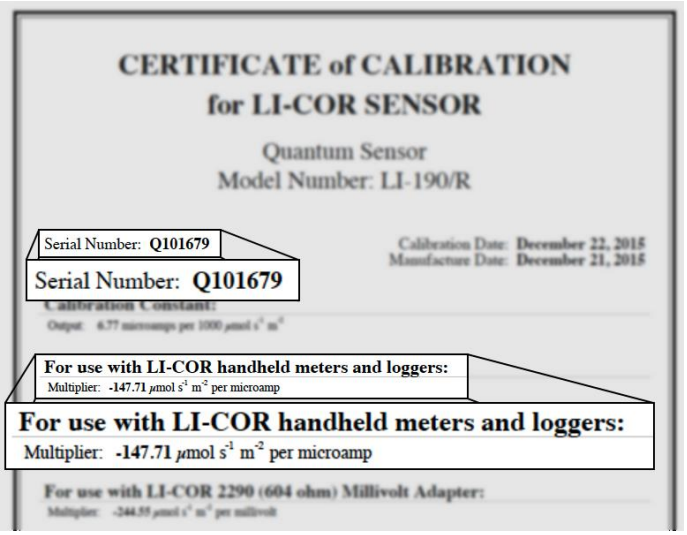
7.7 光传感器校准信息

这部分介绍如何输入外置 LI-190R 光合有效辐射传感器的校准数据。在你更换了另一个 LI-190R 后需要进行这个操作。

1. 进入 Environment > Light > Calibration。
   可以看到有两项设置：Chamber photodiode setting 和 Quantum photodiode setting。如果连接了一个光源，第 1 项会自动填充。我们只需要设置第 2 项。



2. 获取辐射传感器的校准信息。
   仪器的校准信息里有校准单。你也可以从 www.licor.com/env/support 获取，输入 LI-190R 的序列号查早最新的校准单。
3. 输入序列号和系数。
   输入序列号，这是一个很好的记录习惯。校准单上有这个辐射传感器唯一的系数，在 For use with LI-COR handheld meters and loggers 下，这个系数是一个负数。



基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn

7.8 软件更新

软件更新包括漏洞修复和新功能，会定期推出。一个标准的软件更新包括一个分析器头部程序包、一个主机程序包和一个多相闪光程序包。这些程序包可以从 LI-COR 网站获得：https://www.licor.com/env/support/product?p=6800。

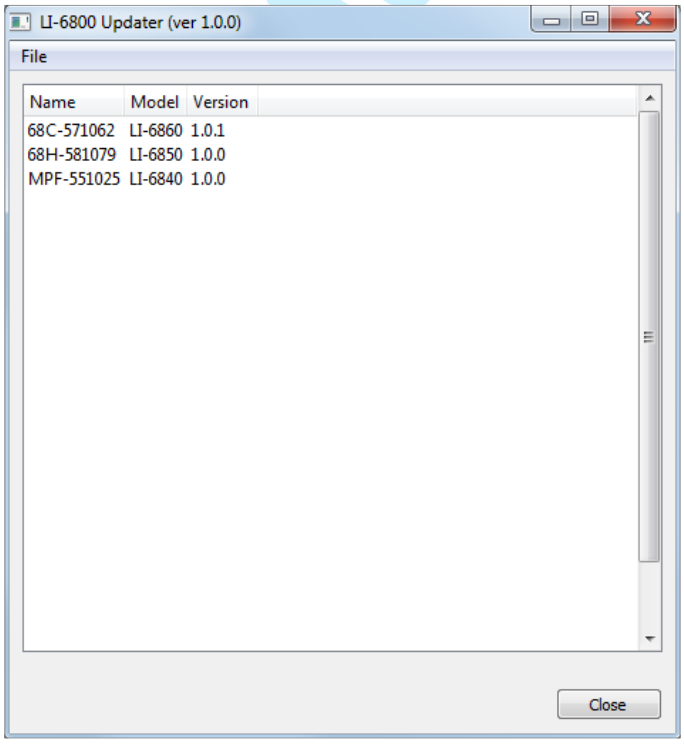
警告：不要尝试通过无线方式连接升级。使用以太网线将电脑直接与仪器相连，或与网络连接进行升级。电脑需要配置 WIN7 及以上版本系统。

在你下载了这些升级包到电脑之后，

1. 使用 RJ-45 网络电缆将 LI-6800 与你的局域网连接或与你的电脑连接。
2. 运行 li-6800-updater.exe 程序。



3. 你可以看到所有 LI-6800 仪器列表。这个列表包括主机、分析器头部和荧光叶室（见下图）。



4. 选择主机、分析器头部或荧光叶室，然后点击 Update Software：

   Update Software (1.0.0)...。

   根据提示点击，等待升级结束。确保升级了所有组件：主机、分析器头部和荧光叶室。没有先后顺序。

基因有限公司 农业环境科学部
Add.: 北京市西直门南大街 2 号成铭大厦 A 座 22F P.C.: 100035
Tel: 010-51665551 Fax: 010-66001652 Web Site: www.ecotek.com.cn E-mail: info@ecotek.com.cn