

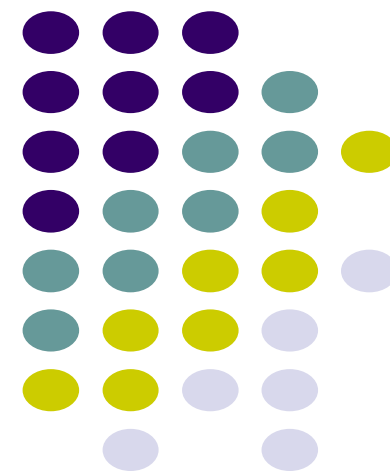
# LI-6400/XT光合仪测量原理

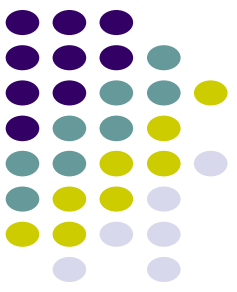


北京力高泰科技有限公司  
基因有限公司 农业环境科学部

电话：010-66001566；

网址：[www.ecotek.com.cn](http://www.ecotek.com.cn)

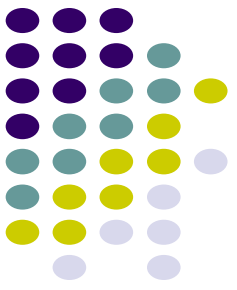




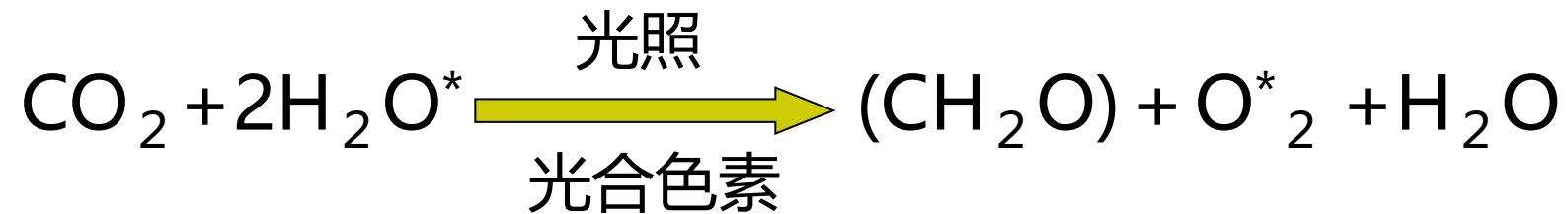
# 光合作用

光合作用 (Photosynthesis) : 即光能合成作用, 是植物、藻类和某些细菌, 在可见光的照射下, 利用光合色素, 将二氧化碳和水转化为有机物, 并释放出氧气的生化过程。

光合作用是一系列复杂的代谢反应的总和, 是生物界赖以生存的基础, 也是地球碳氧循环的重要媒介。

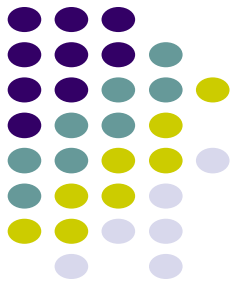


# 光合作用



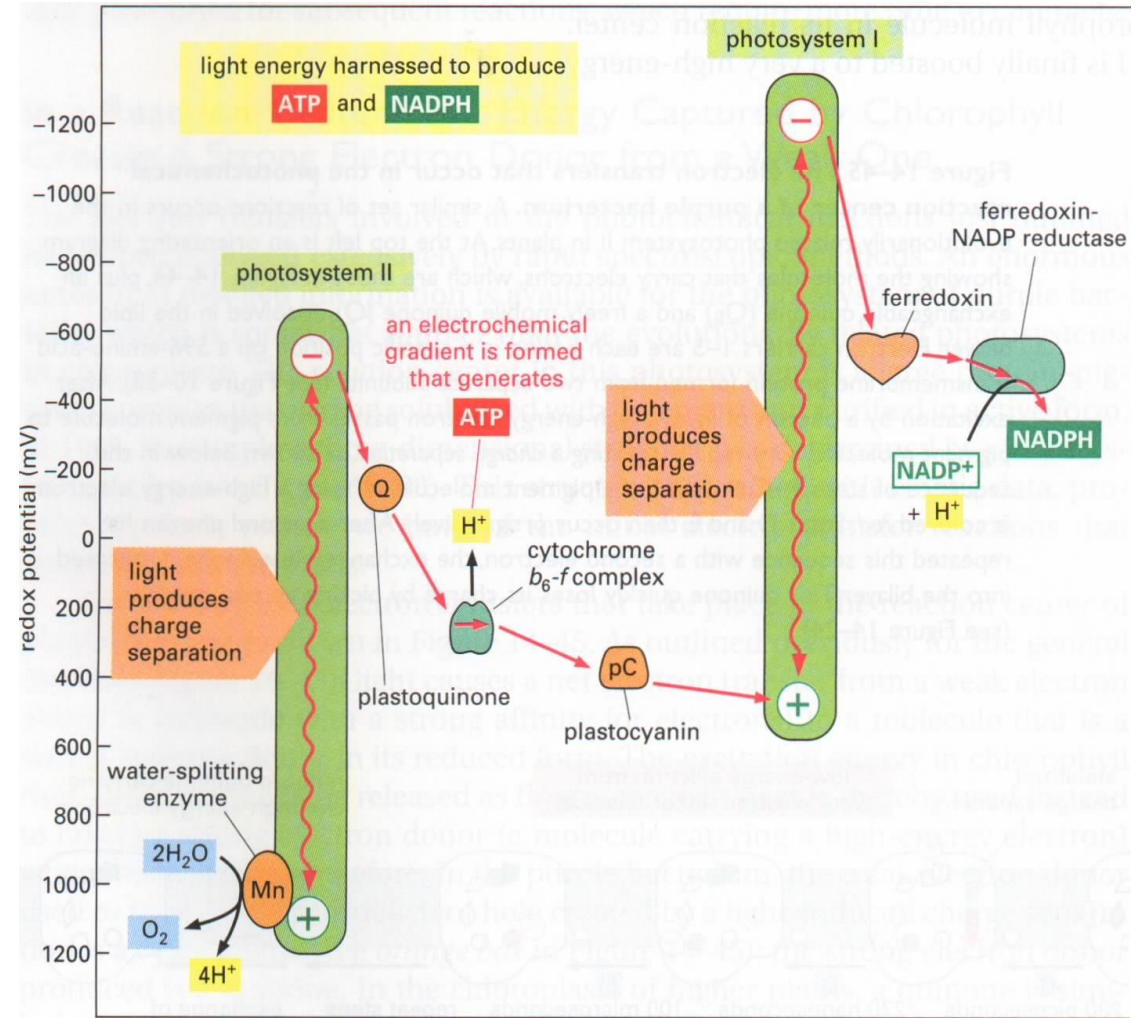
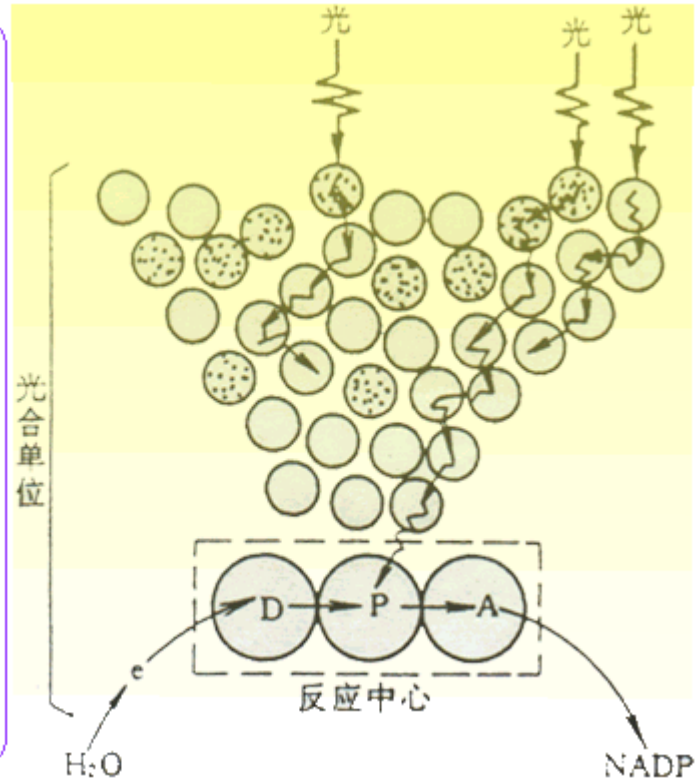
此反应式并不能完全表达整个光合作用过程

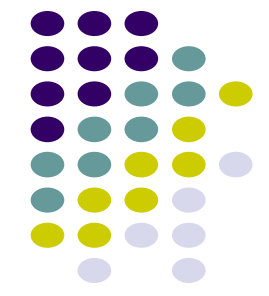
光合作用可分为光反应和碳反应两个阶段



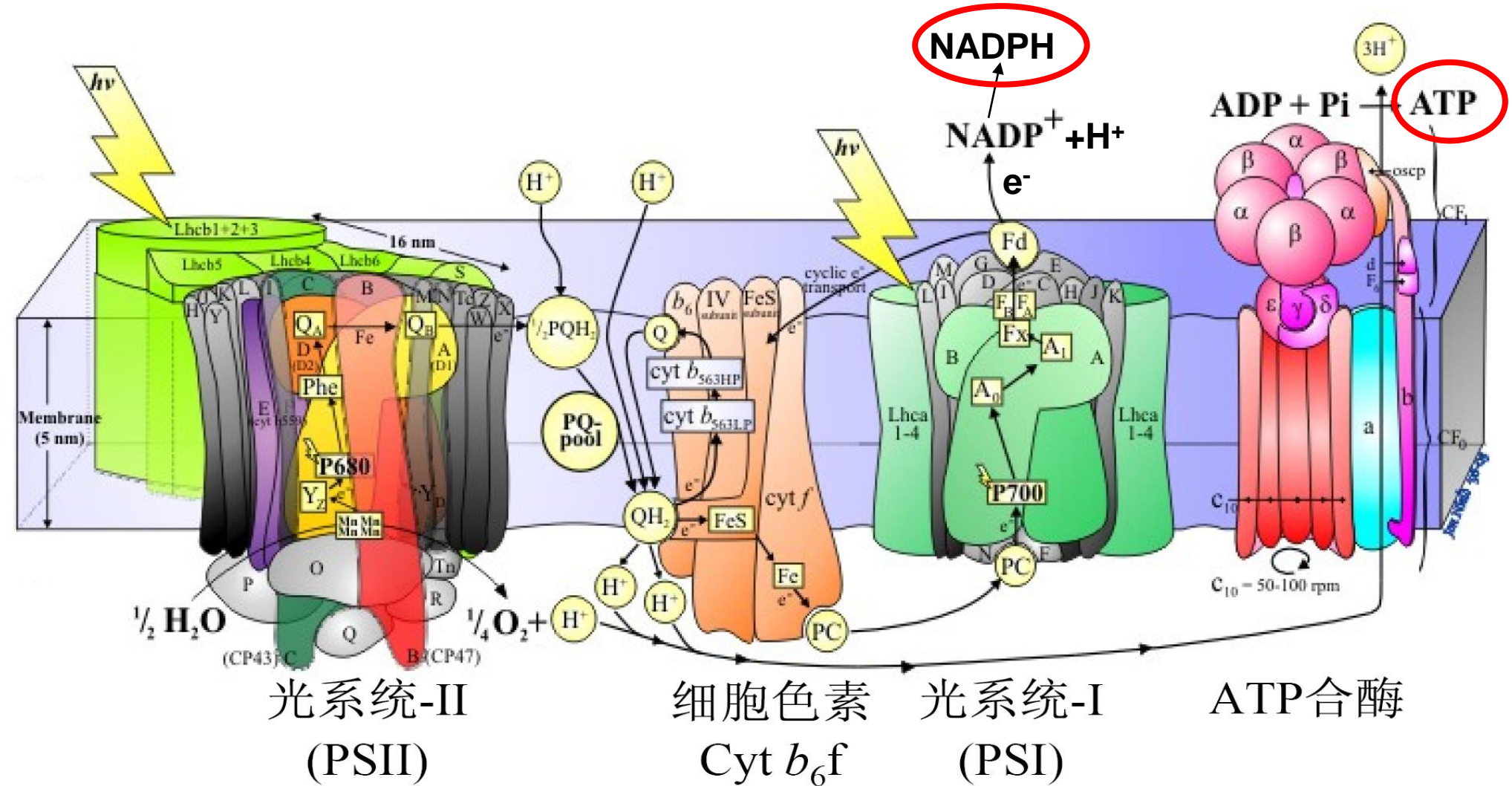
# 光合作用—光反应

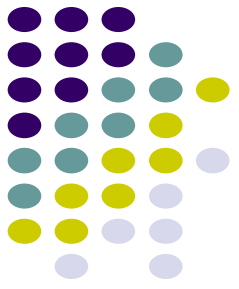
光合作用原初反应的能量吸收传递和转换图解



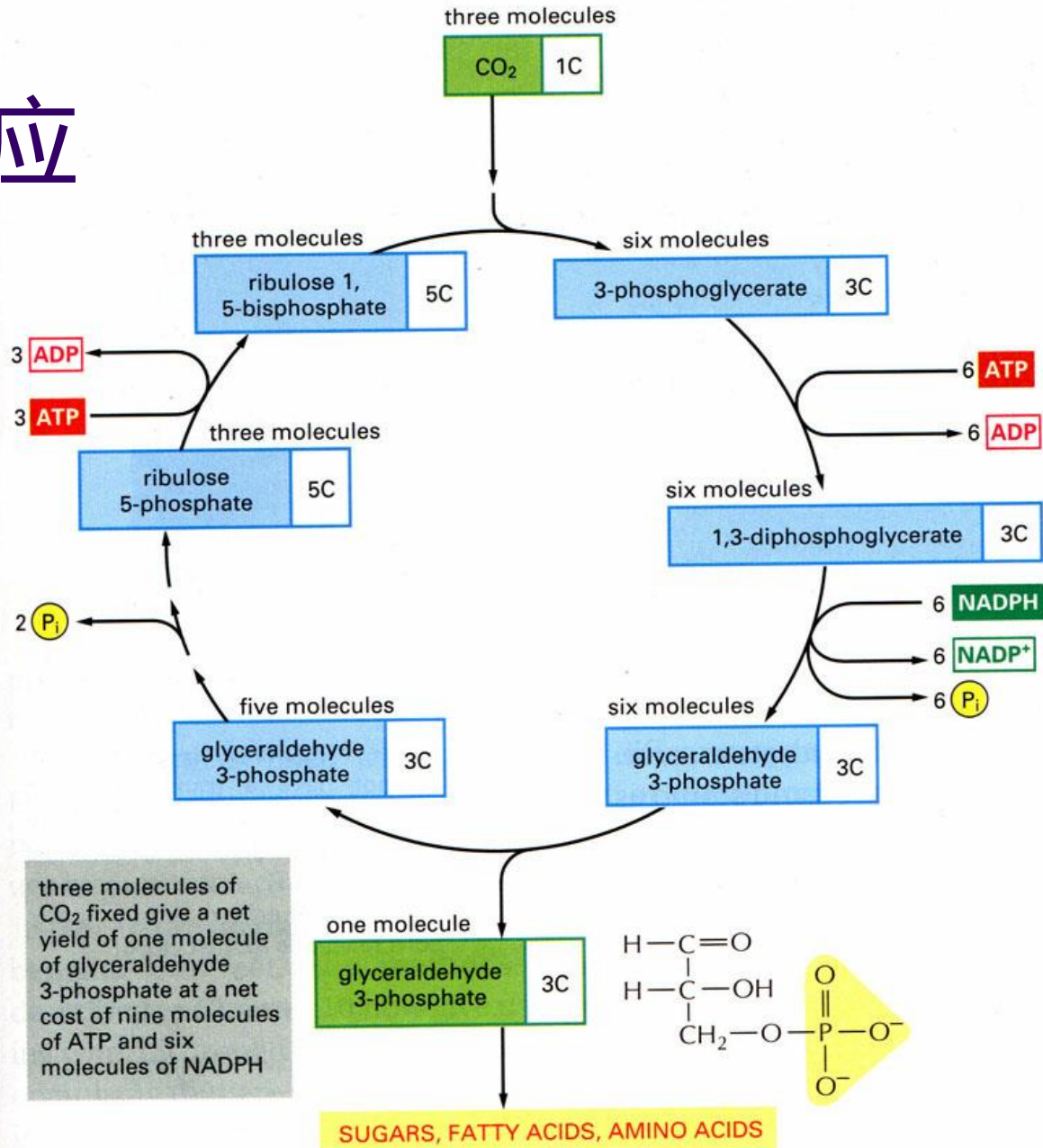


# 光合作用—光反应





# 光合作用—碳反应

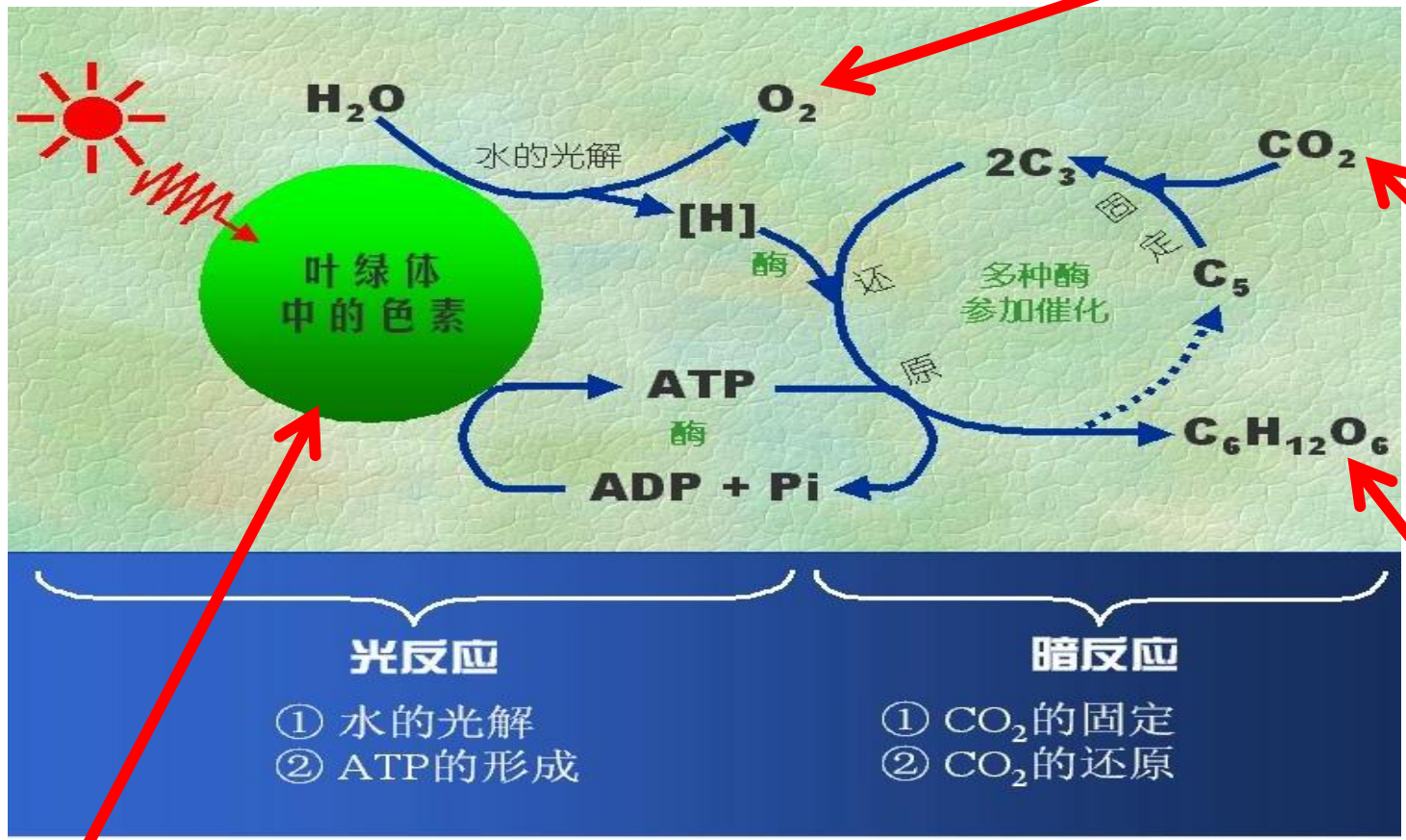




# 光合作用的测定方法

光反应：将光能转换为活跃的  
化学能

碳反应：同化  
 $\text{CO}_2$ ，将活跃的  
化学能转化为稳定的化学  
能

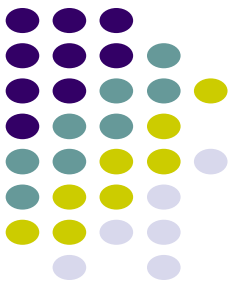


反映气体产物的氧电极法

反映净光合速率的  
气体交换参数

反映干物质的量的  
收获法、半叶法

反映光能能量分配的荧光参数



# 光合作用的测定方法

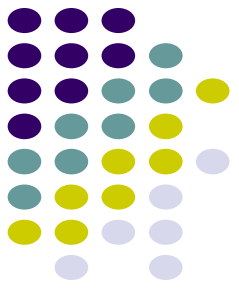
- ✓ 氧电极法：参数单一，不能反映光合过程（逐渐淘汰）
- ✓ 收获法、半叶法：粗糙（很少使用）

✓ 荧光参数：更多的是反映光能转化过程中**能量的分配**，间接反映光合，是光合作用的探针。

✓ **气体交换参数**：通过植物在单位时间单位面积/质量同化（或呼吸放出） $\text{CO}_2$ 的量，来反映植物光合/呼吸速率。

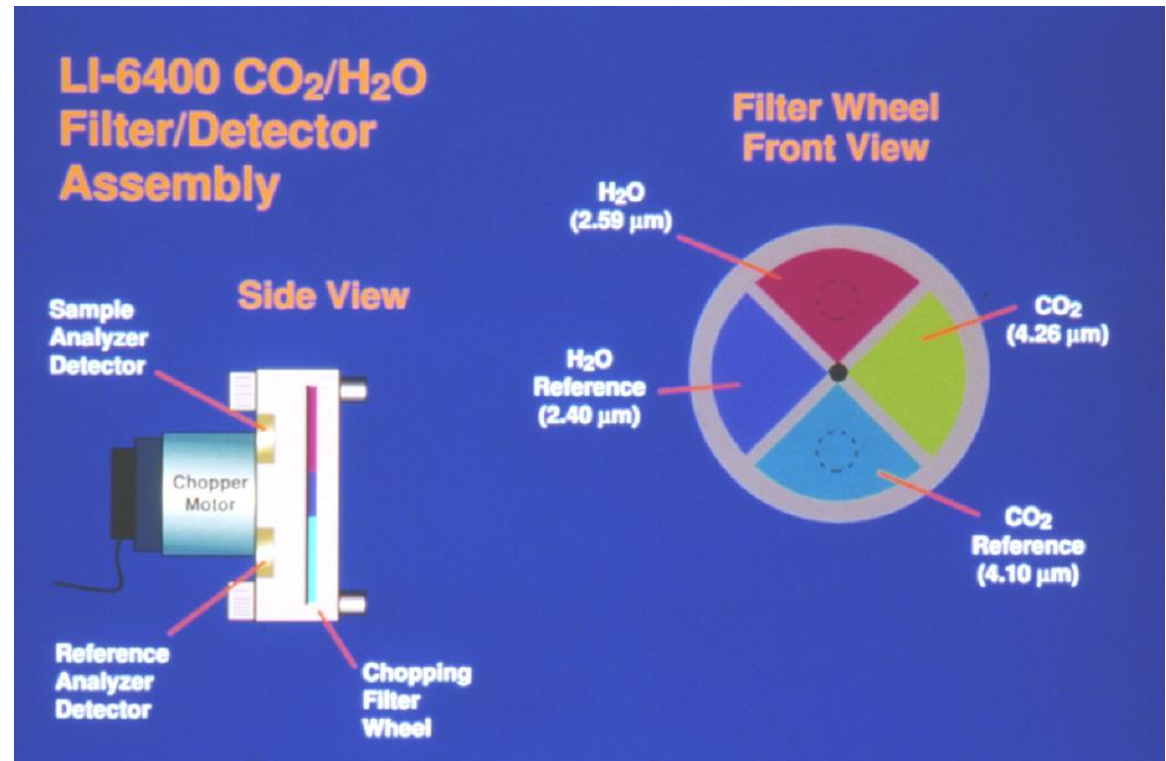
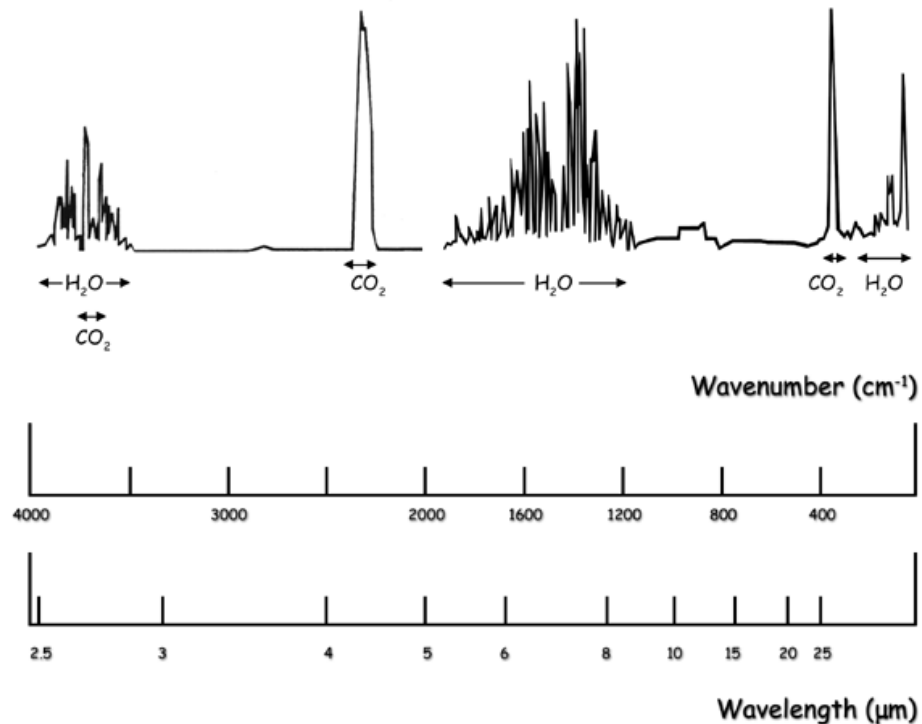
气体交换参数和荧光参数结合，能更全面反映光合的机理。

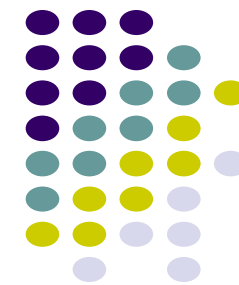




# 光合作用的测定方法

红外气体分析法原理：利用CO<sub>2</sub>在426nm、水汽在259nm对红外光线有吸收的特性来测量其浓度。红外光被吸收后产生衰减，其量与CO<sub>2</sub>的浓度有相关关系（水汽浓度同理）

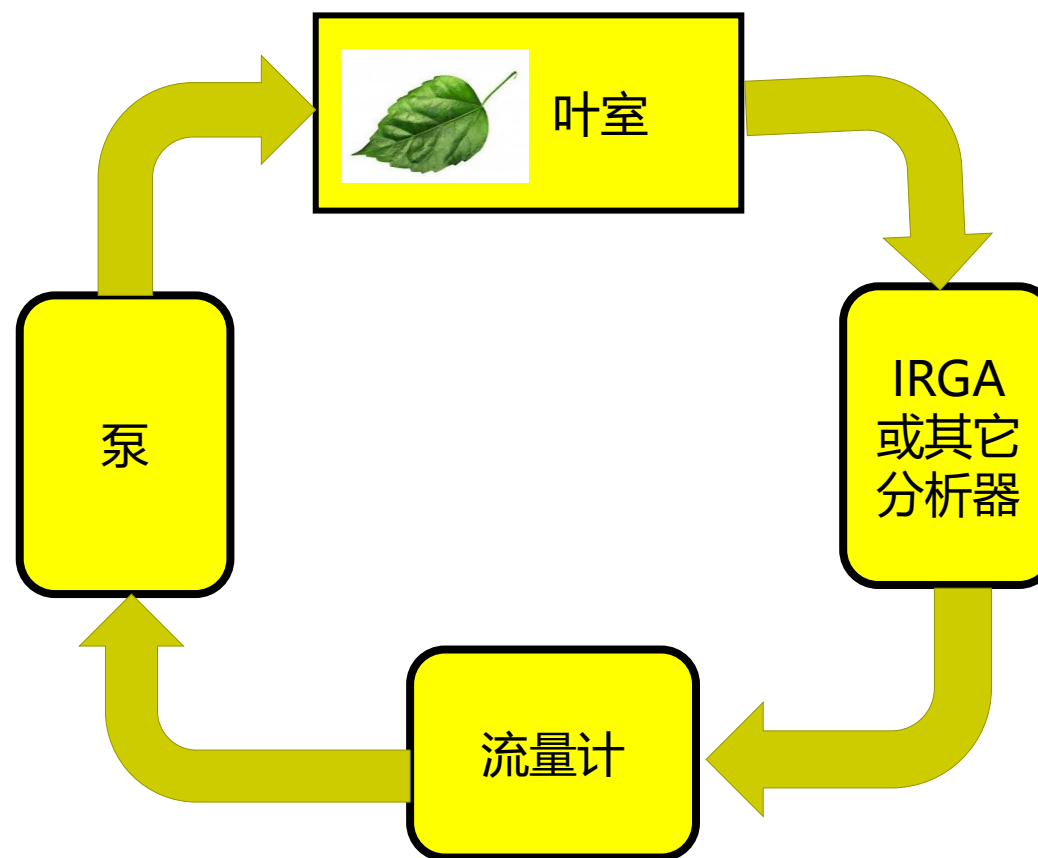


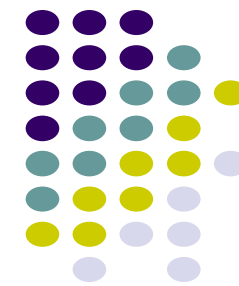


# 光合作用的测定方法

早期闭路测量方法：分析器、叶室之间形成闭合回路，以测量植物对CO<sub>2</sub>的消耗速率。

缺点：植物自身的光合降低了CO<sub>2</sub>浓度，光合速率逐步下降

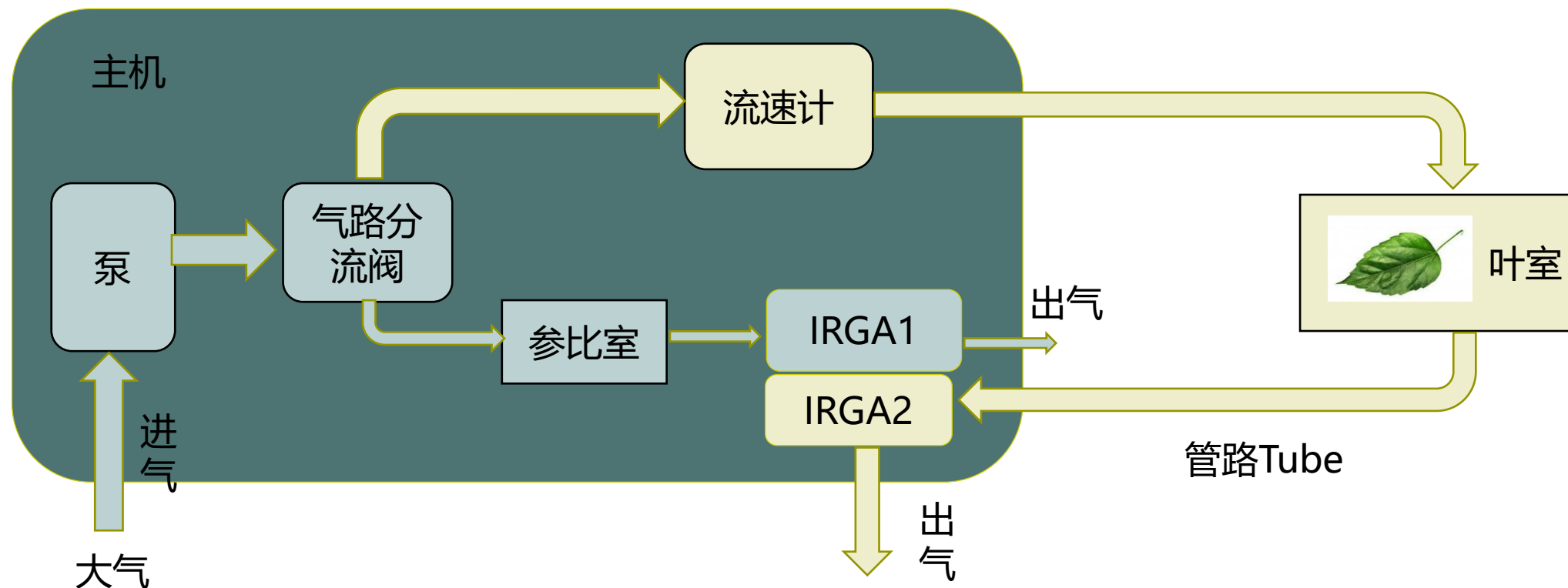




## 过度期开路式差分测量方法：分析器IRGAs置于主机内部

缺点：流经叶片进行光合蒸腾作用后的气体需要经过长长的管路再到IRGA进行测量，导致：

1. 时滞效应大，灵敏度差，不能反映出叶片当时的光合实时值，尤其不适合测瞬态光合；
2. 管路对水汽具有吸附作用，导致水分测定准确性差，由此导致气孔导度，蒸腾速率等都不够准确。

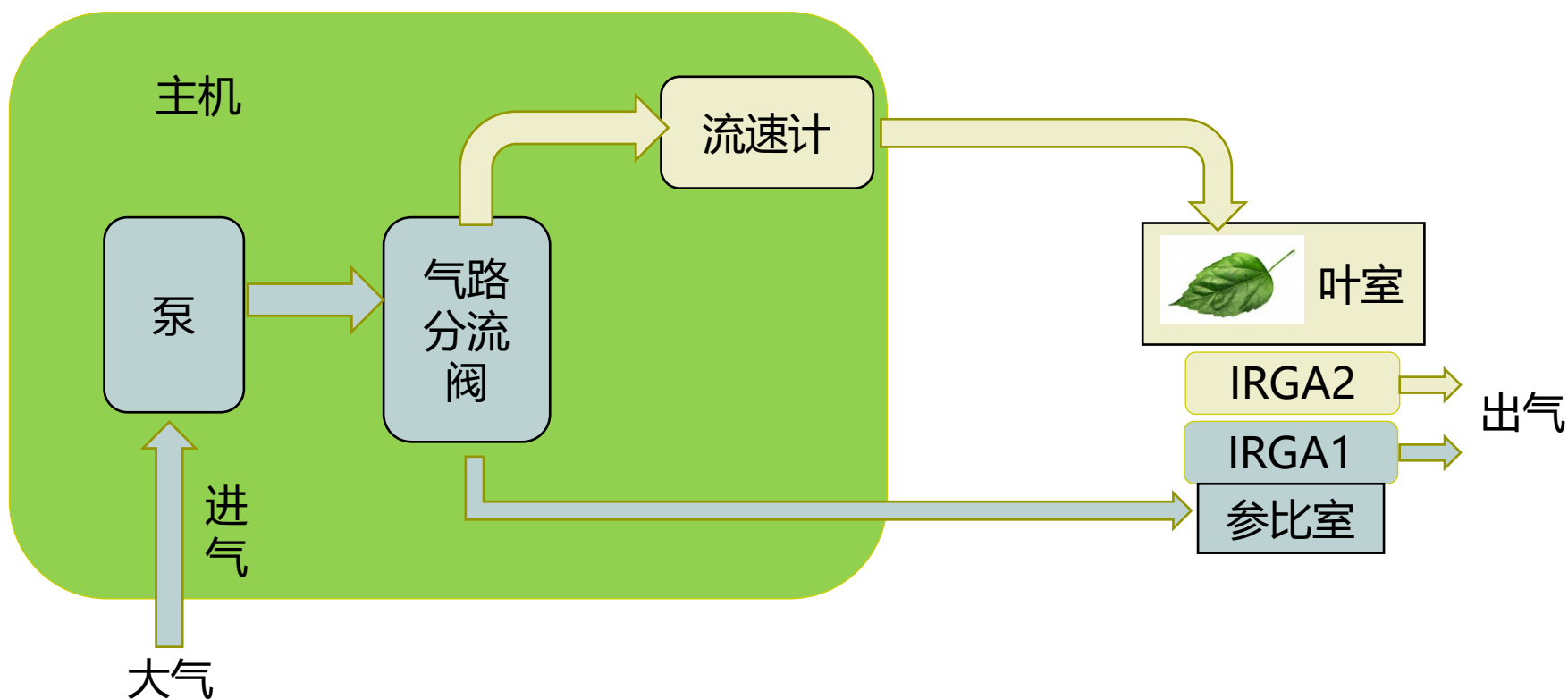


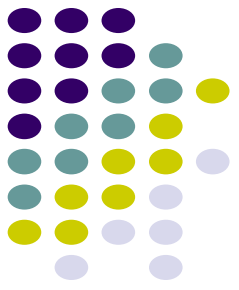


## 先进的**开路式差分测量方法**：分析器IRGAs位于叶室头部

优点：无管路——IRGA与样品室之间无管路连接，直接相通；消除了时滞性和水汽吸附导致的测量不准，提高了灵敏度和准确度。

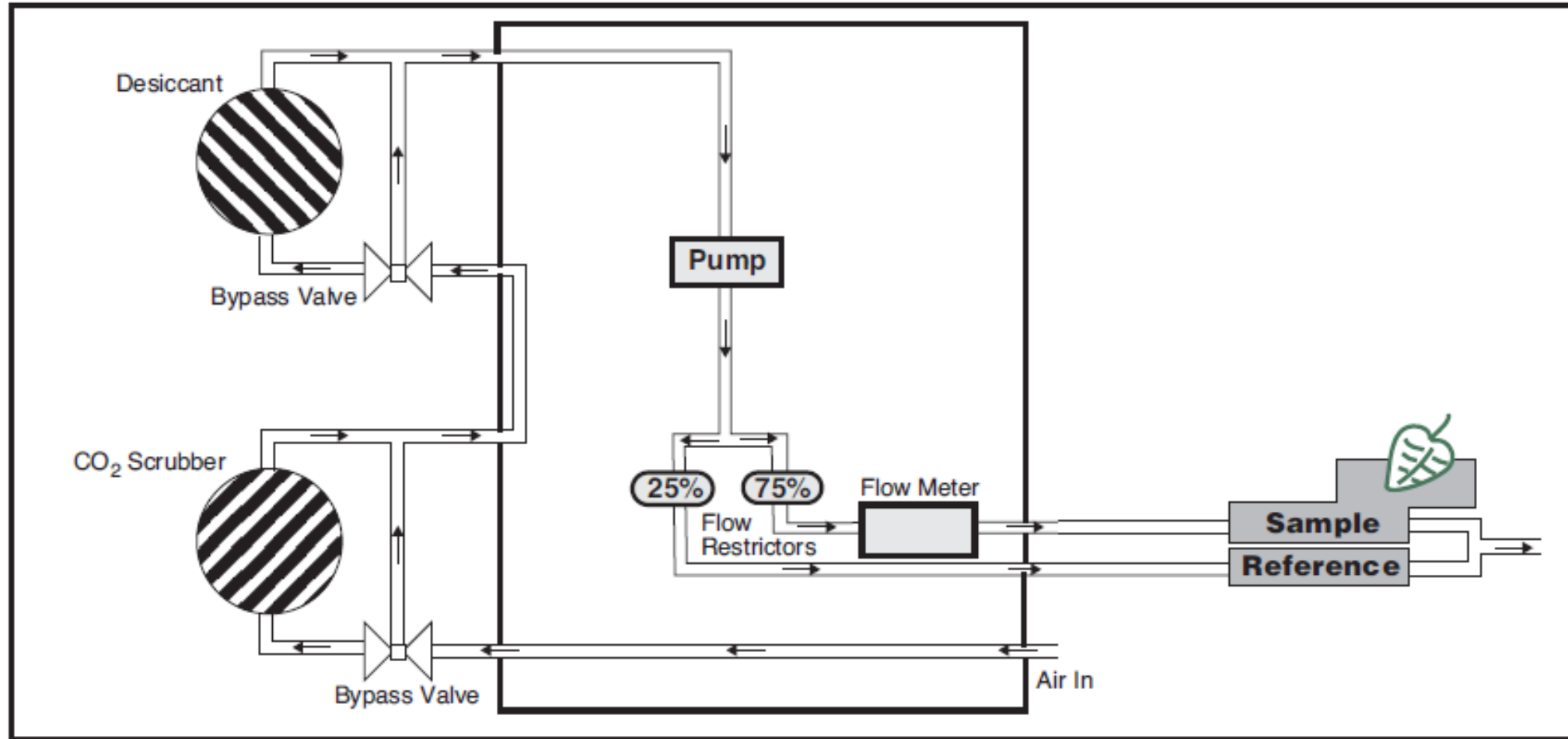
精度高、能很好反映瞬态的光合作用——**代表：LI-6400XT**（专利）

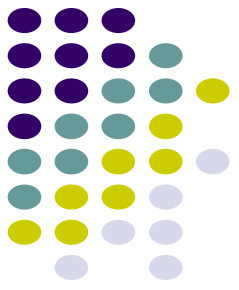




# LI-6400/XT 气路图

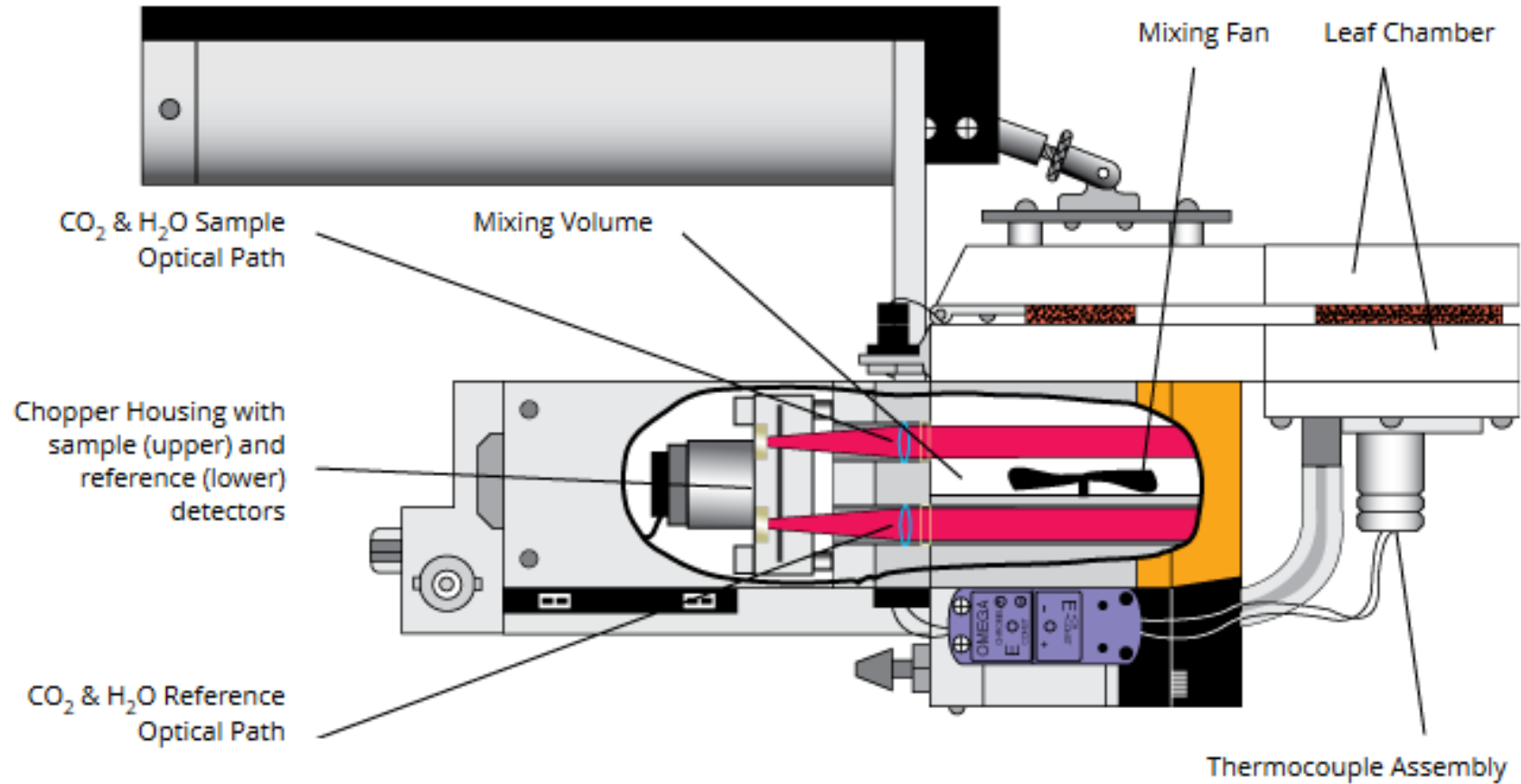
Schematic without a 6400-01 CO<sub>2</sub> Mixer

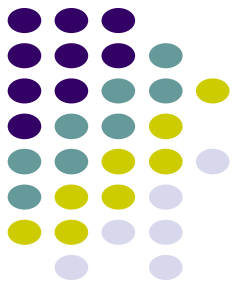




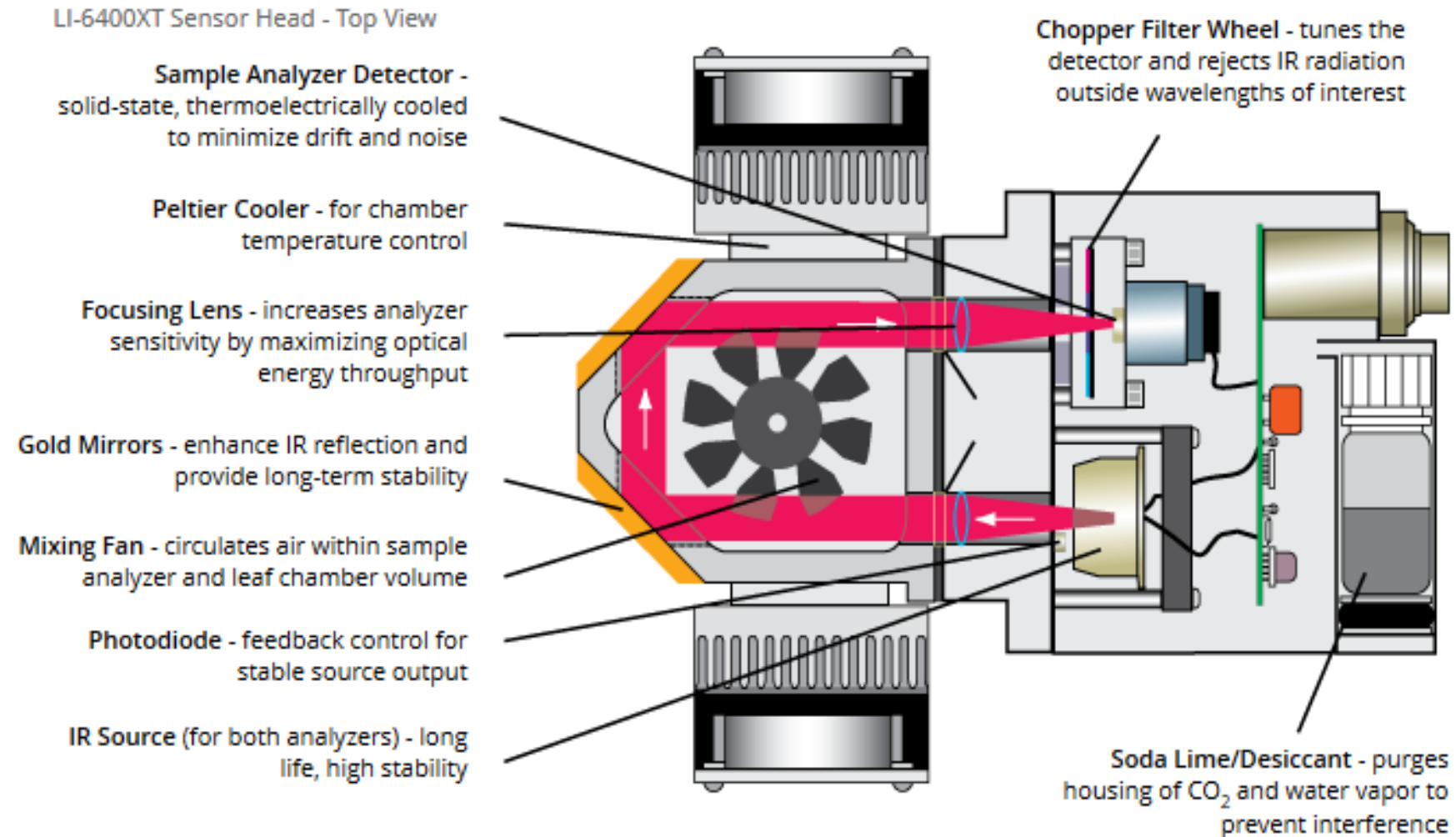
# LI-6400/XT 气路图

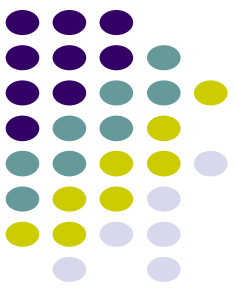
LI-6400XT Sensor Head - Side View





# LI-6400/XT 气路图

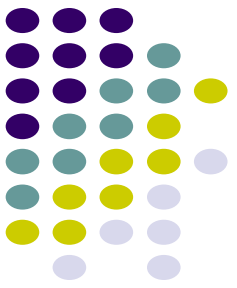




## 如何计算净光合速率？

通过开路差分的红外气体分析法，我们能得到植物叶片气体交换参数（植物叶片吸收了多少二氧化碳，释放了多少水汽，可通过样品室与参比室之间的差值得到）。





# 净光合速率计算公式

$A$ : 净光合速率 ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ );

$F$ : 流速( $\text{mol}/\text{s}$ );

$C_r$ : 参比室 $\text{CO}_2$ 浓度( $\mu\text{mol}/\text{mol}$ );

$C_s$ : 样品室 $\text{CO}_2$ 浓度( $\mu\text{mol}/\text{mol}$ );

$W_r$ : 参比室 $\text{H}_2\text{O}$ 浓度( $\text{mmol}/\text{mol}$ );

$W_s$ : 样品室 $\text{H}_2\text{O}$ 浓度( $\text{mmol}/\text{mol}$ );

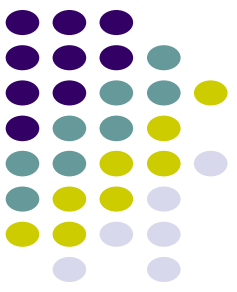
$S$ : 叶片面积 ( $\text{m}^2$ )

$$A = \frac{F \left( C_r - C_s \left( \frac{1000 - W_r}{1000 - W_s} \right) \right)}{100S}$$

$\Delta\text{CO}_2$

$\text{CO}_2$ 的水汽校正

$$A = \frac{F \times \Delta \text{CO}_2 \text{水汽校正}}{S}$$



# 如何获取准确的净光合速率？

仪器状态良好的前提下（日常检查），要得到准确的测量结果，需做到以下几点：

◆ 进气稳定（缓冲瓶或CO<sub>2</sub>注入系统）

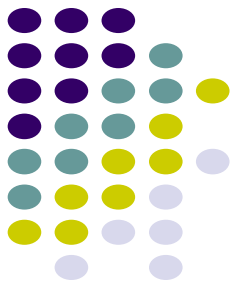
[..\LI-6400XT 视频材料\LI-6400xt硬件介绍视频\3.缓冲瓶.avi](#)

[..\LI-6400XT 视频材料\LI-6400xt硬件介绍视频\4.CO2注入系统.avi](#)

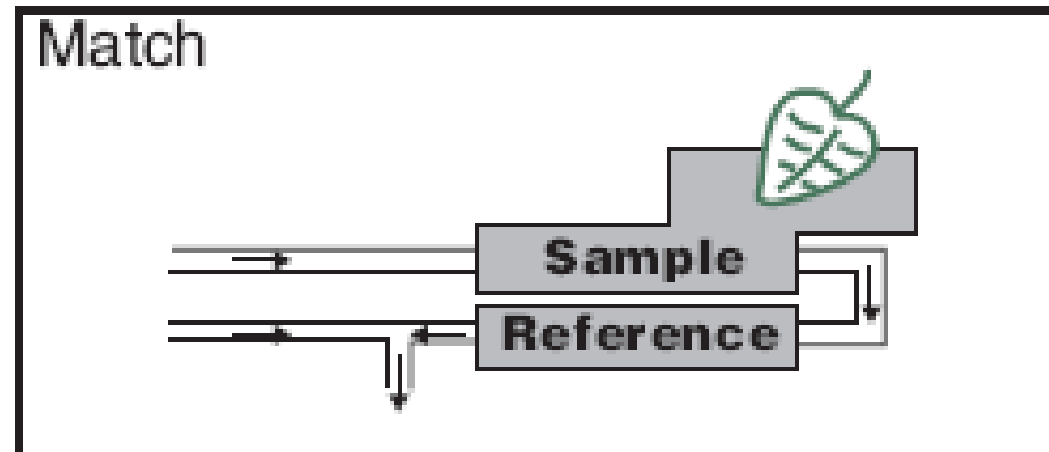
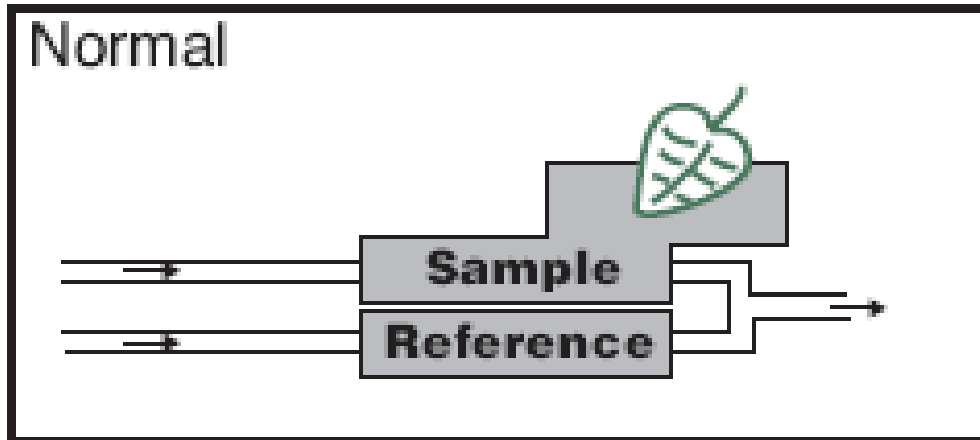
◆ 不漏气，不堵气（日常检查）

◆ 多匹配

◆ 了解你的被测对象当前的状态



# 匹配(Match)原理示意图

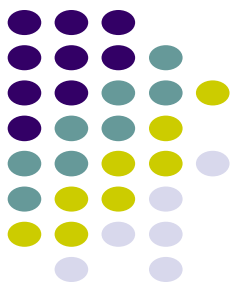


# LI-6400XT 可获取信息

- 净光合速率 $P_n$
- 气孔导度 $G_s$
- 蒸腾速率 $T_s$
- 细胞间隙 $CO_2$ 浓度 $C_i$
- $CO_2$ 浓度和 $H_2O$ 浓度
- 光量子通量密度PFD
- 空气温度 $T_A$ 和叶温 $T_L$
- 大气压 $P_{rss}$
- 空气相对湿度RH
- 水汽压亏缺VPDL
- 边界层导度BLC
- 土壤呼吸速率Efflux
- 荧光参数 $F_o$ 、 $F_m$ 、 $F_v/F_m$ 、 $F_o'$ 、 $F_m'$ 、 $F_v'/F_m'$ 、 $F_s$ 、 $\phi PSII$ 、ETR、 $q_N$ 、 $q_P$ 和NPQ等

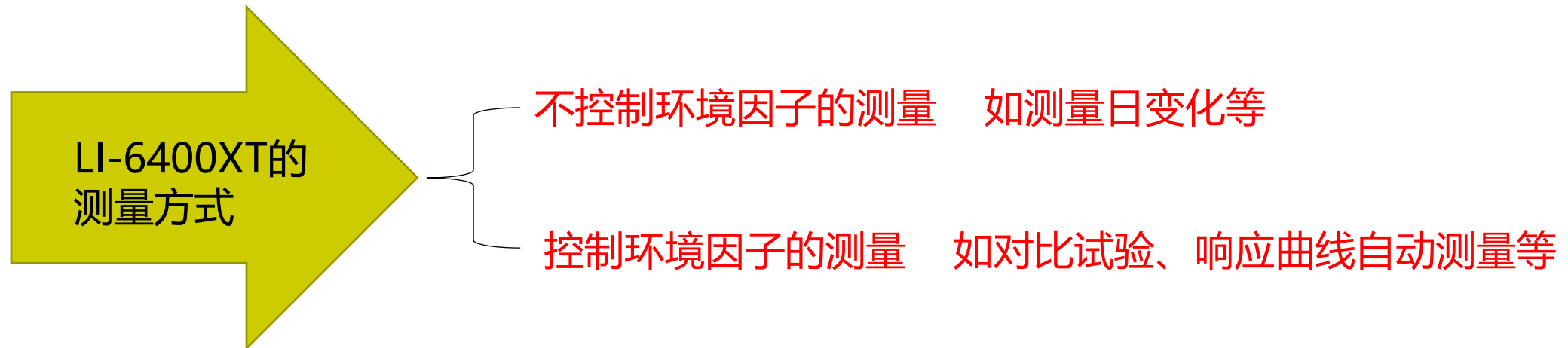


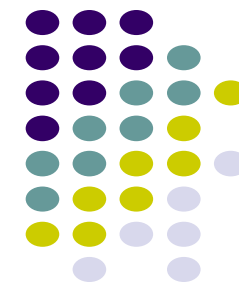
- 光饱和点
- 光补偿点
- 表观量子效率AQY
- $CO_2$ 饱和点
- $CO_2$ 补偿点
- 羧化效率CE
- 气孔限制值 $L_s$
- 光呼吸速率
- $CO_2$ 利用率CUE
- 总光合速率 $P_{gross}$
- 线粒体呼吸速率 $R_{dark}$
- 瞬时水分利用效率WUE
- 瞬时光能利用效率LUE等



# LI-6400XT能控制的环境因子

- 光照控制：通过更换叶室光源控制叶室内部的光合有效辐射强度— $PAR_{in}$
- 温度控制：在无附加控温模块的前提下，能实现实时温度 $\pm 6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的控温
- $CO_2$ 控制：通过 $CO_2$ 注入系统实现稳定的 $CO_2$ 浓度的控制
- 水汽控制：通过化学药品管来控制进气的水汽浓度





## 感谢您的参与和关注

### 联系方式

地址：北京市西城区西直门南大街2号 成铭大厦  
A座22F

电话：010-51665551

网址：[www.ecotek.com.cn](http://www.ecotek.com.cn)

微信：北京力高泰科技有限公司