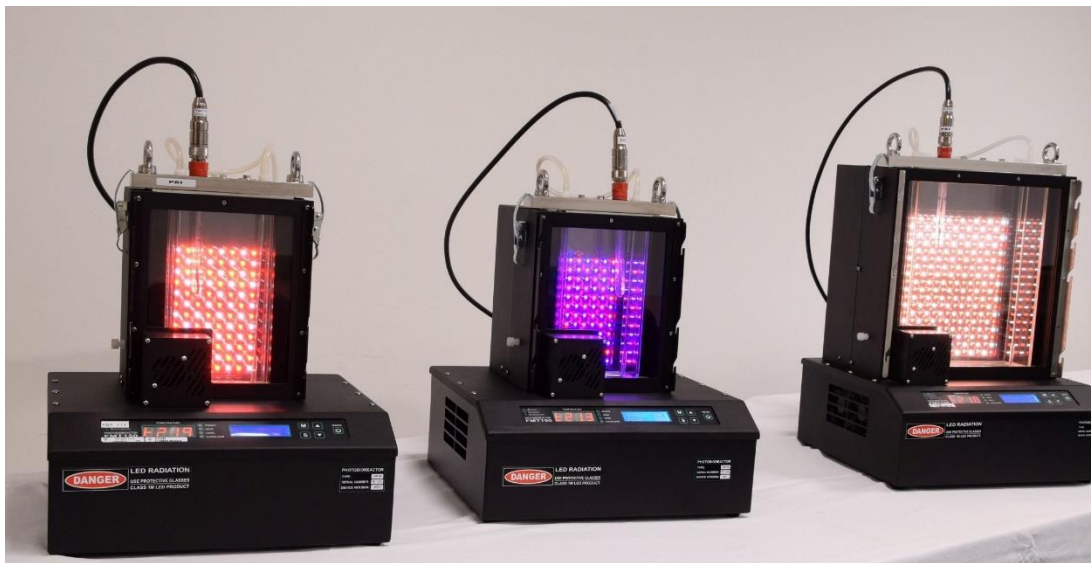


FMT150 藻类培养与在线监测系统



光养生物反应器是指用于培养藻类、光养细菌等的技术系统，一般由培养系统（如光、培养容器、温度控制等）和监测系统（如 pH 值等）组成，可分为开放式和封闭式。广泛应用于生物工程领域如食品、水产养殖、营养保健制剂、医药如抗体及抗肿瘤药物等，生态环境工程领域如水体生态修复、CO₂ 吸收、污水处理如重金属吸收等，能源领域如微藻生物柴油等。同时，随着全球碳排放的增加，海洋藻类对全球变化的响应也逐渐成为光养生物反应器应用的重要领域。

FMT150 藻类培养与在线监测系统将生物反应器与监测仪器独特地结合在一起，用于淡水、海水藻类和蓝细菌（蓝藻）等的模块化精确光照培养与生理监测。

FMT150 可以通过控制单元（包括电脑与预装软件，软件分为基本版与高级版）中用户自定义程序动态自动改变培养条件并实时在线监测培养条件与测量参数。光强、光质、温度和通入气体的组分与流速都可以精确调控。加装恒浊和恒化模块后还可以调控培养基的 pH 值和浊度。FMT150 可连接多达 7 个蠕动泵进行不同恒化与 pH 条件培养。培养条件可以根据用户自定义方案动态变化，既可以进行恒定条件下的培养，也可以一定的周期自动变化。控制单元可同时控制多台 FMT150 进行同步实验，保证不同处理实验间的一致性。

仪器内置叶绿素荧光仪和光密度计等。培养藻类的生长状况由光密度计测定 OD680 和 OD720 实现实时监控，并可以通过 OD 值监测相对叶绿素浓度。叶绿素荧光仪实时监测 Ft 并可测定 F₀、F_m、F_m' 和 QY 来反映培养藻类的光合生理状态。

应用领域：

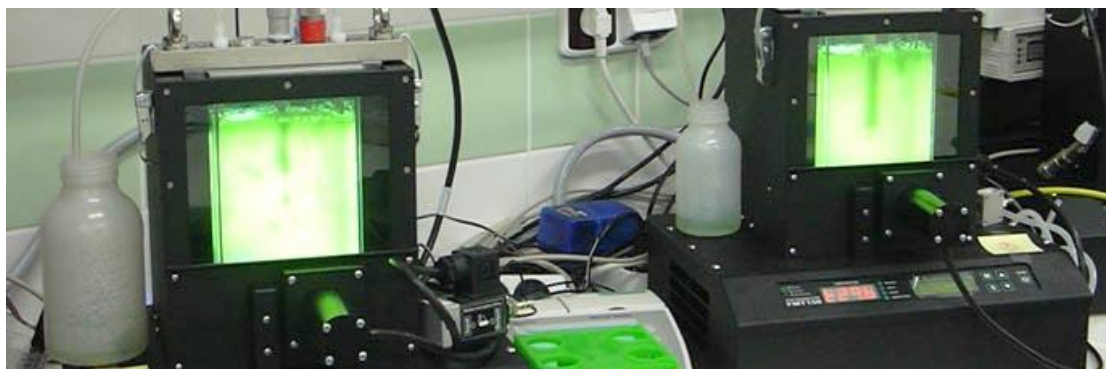
1. 环境科学与环境工程——藻类的利用与有害控制

用于水体中水华和赤潮现象的模拟、预警防治研究，水体污染治理与生态修复研究如利用藻

类进行水体重金属污染及面源污染的消纳研究等，大气污染生态修复研究如利用藻类对污染排放进行吸收的研究等，及利用藻类吸收大气二氧化碳的研究等等。

2. 生态学与生态工程

海洋初级生产力研究，海洋碳循环，浮游植物等光养生物生理生态研究，藻类对全球变化的响应机制，生态毒理学研究，生物圈模拟研究，水体生态修复研究等。



3. 藻类基因组学与分子生物学

为分子、基因实验提供可靠的预培养样品，精确模拟培养条件，研究不同环境条件下藻类表型变化

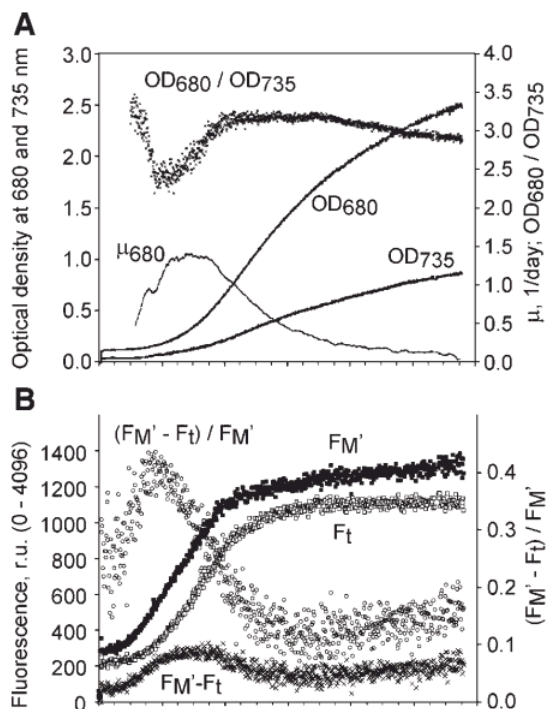
4. 生物工程与生物医学工程

用于藻类保健营养品的开发研究，藻类转基因抗肿瘤药物的开发研究，水产养殖藻类培养等等。

5. 生物能源开发——向藻类要能源

地球上的石油、煤炭等常规能源面临资源枯竭及环境污染、温室气体排放等严重问题，用玉米等粮食进行生物柴油的开发一度引起全球的粮食危机，目前国际上已将生物柴油的开发焦点转向藻类，藻类独居植物产油率榜首。FMT150 已成为欧美国家用于藻类生物能源培养研究的热门设备。

主要特点：



- 国际首个将藻类光生物反应器技术与藻类生理监测技术(叶绿素荧光技术、光密度测量)结合起来的系统,集成了目前几乎所有主要的藻类在线培养与生理监测技术
- 内置双调制叶绿素荧光仪,实时监测培养藻类的生理状况,测量记录荧光参数 F_t , F_m , QY 等
- 内置光密度计,测量 OD_{680} 和 OD_{720} ,经过校准可计算生物量(藻类细胞数量)、叶绿素浓度
- 配备气泡阻断阀和气泡加湿器,使荧光和 OD 值的测定更加精确
- 可同时测量监测温度、 pH 值、溶解氧等多种参数
- 精确控制温度、光质、光强、培养周期等,并可进行恒化或恒浊培养
- 培养容器使用高强度耐热耐腐蚀材料,可进行高温灭菌
- 光化学光强度最高达 $3000 \mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (蓝绿藻培养正常光强为 $90 \mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$),可升级达 $3000 \mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$,光质可根据用户需求在红光、蓝光、白光中选择单色光或双色光,扩展光源中还可以加入红外光
- 气流速率、 CO_2 及 O_2 浓度可精确控制
- 可通过专用的电脑软件实现外部控制、数据监测和保存,操作简单

技术参数指标

1. 测量参数:

- 1) 叶绿素荧光参数: 暗适应条件下 F_0 , F_m , $F_v(F_m - F_0)$, $QY(F_v/F_m)$

光适应条件下 F_t , F_m' , $F_v'(F_m' - F_t)$, $QY(\Phi \text{PSII 即量子产额})$

- 2) 光密度: OD_{680} 、 OD_{720}

3) 环境参数: 温度、光照强度、 pH 、溶解氧(选配)、溶解 CO_2 (选配)

2. 调控环境参数: 温度、光强、

通气速度、通入气体组分与含量(需选配 GMS 高精度气体混合系统)、恒化(恒定 pH)培养与恒浊(恒定 OD)培养(需选配相应模块),所有参数都可以单独同步控制。



3. 容积：400 ml/1000 ml/3000ml 可选
4. 温度精确控制范围：400 ml/1000 ml/3000ml 标准培养容器 18 - 50℃， 400 ml 增强培养容器 5 - 75℃， 1000 ml/3000 ml 增强培养容器 10 - 75℃（实际控温效果与环境温度有关）
5. 控温系统：400 ml/1000 ml， 200W 珀耳帖控温单元； 3000ml， 400W 珀耳帖控温单元
6. 双显示：主机控制显示和外部控制单元实时显示
7. LED 光源：

标准配制：红光、蓝光或白光、红光双色光源，可选白光、蓝光双色光源或白、蓝、红单色光源

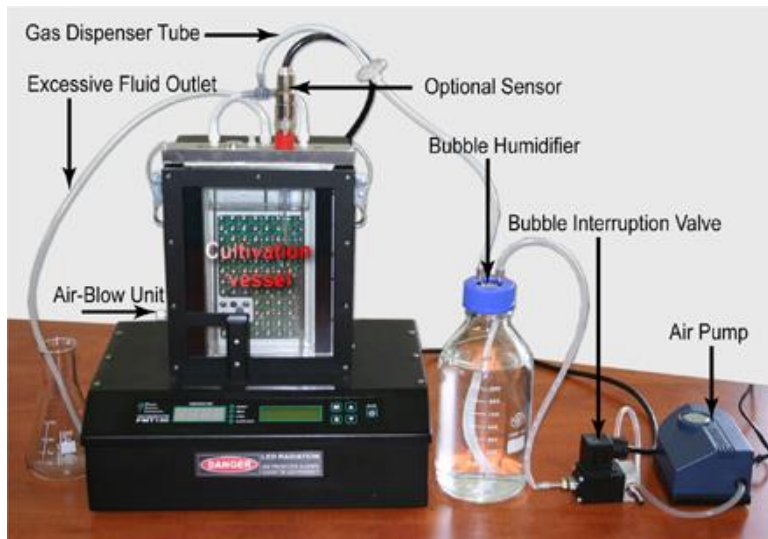
光强：1500 $\mu\text{mol (photons).m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ PAR（蓝光 750/红光 750；白光 750/红光 750；可选白光 1500， 蓝光 1500， 红光 1500， 白光 750/蓝光 750）

可升级至 3000 $\mu\text{mol (photons).m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ PAR（蓝光 1500/红光 1500；白光 1500/红光 1500；白光或蓝光单色 3000）
8. 外部扩展光源（备选，用于不同有机体培养或者高光强胁迫）：单色光、单色光+红外光、双色光
9. 光密度测量：通过两个 LED (720nm， 680 nm)实时测量 OD

10. 检测器：PIN 光敏二极管、665 nm-750nm 滤波器

11. 传感器：pH/温度传感器、溶解氧传感器（备选）、溶解 CO_2 传感器（备选）

12. GMS 高精度气体混合系统（备选）：可控制气体流速和成分，标配为控制氮气/空气和二氧化碳，气源需用户自备



13. 选配 Oxzala 差分式 O_2/CO_2 通量监测系统，在线双通道监测进气口和出气口 O_2 和 CO_2 ：
a) 高精度差分式氧气分析仪，双燃料电池技术，双通道差分测量，测量范围 0-100%，精确度 0.1%，分辨率 0.0001%；温度补偿、气压补偿，气压分辨率 0.0001kPa，显

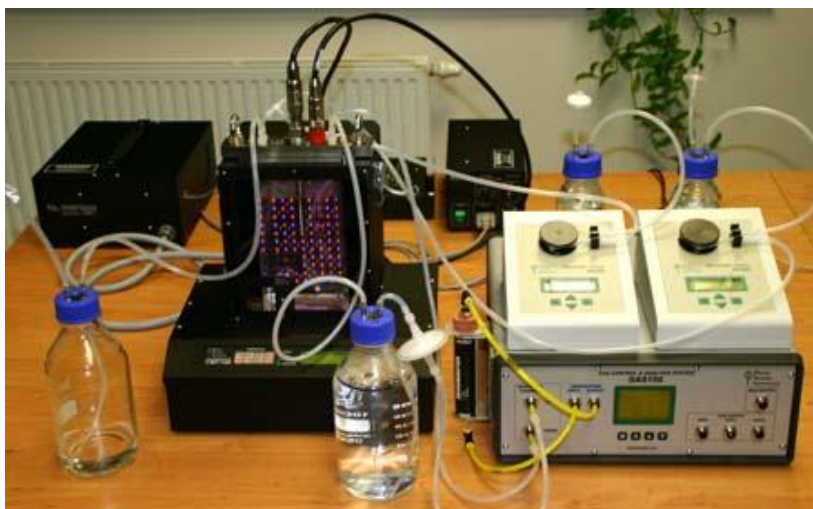
示屏同时显示通道 1O₂ 浓度、通道 2O₂ 浓度、通道 3 Δ O₂、通道 4 气压

- b) 双通道 CO₂ 分析仪，单光束双波长红外技术，测量范围 0-1000ppm，可选配 0-2000ppm，精确度优于 1.5%，差分测量可达 0.3-0.5ppm，自动温度补偿、自定义压力及相对湿度补偿，分辨率 1ppm，双通道数据采集显示器，LCD 背光显示屏，可显示双通道 CO₂ 浓度及变化曲线

14. 恒浊培养模块（可选）：包含一个蠕动泵 pp600 和内置支持控制软件，通过检测光密度（OD680 或 OD720），蠕动泵自动补充培养基实现恒浊培养

15. 恒化培养模块（可选）：包含 2 个蠕动泵 pp600 和内置支持控制软件，通过检测 pH，2 个蠕动泵分别自动补充酸液或碱液实现恒化培养

16. pH 稳定/恒浊模块（可选）：包含 1 个带气体阀的蠕动泵 pp600 和内置支持控制软件，可以进行恒浊培养，也可以通过调节通入培养基的 CO₂ 气流

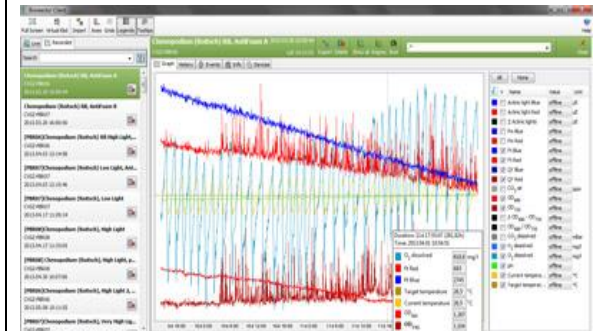


流速来实现 pH 稳定调控（两个功能不可同时实现）。CO₂ 气源需用户自备

17. 额外蠕动泵（可选）：最多可同时控制 8 个蠕动泵
18. 其他备选部件：磁力搅拌器（用于无氧状态培养）、气体分析系统（测定 CO₂）、PWM 泵（用于控制气体或液体流速，可以为培养液通气，也可用于无氧状态下代替磁力搅拌混匀藻液）
19. 控制单元：包括专用电脑、软件及硬件绑定的许可证，对一到多台反应器进行同步控制和数据采集，所有测量数据都可以实时图形化显示
20. 软件功能：

基础版	高级版
● 可同时控制 2 台 FMT150 主机 ● 用户友好图像界面	● 可同时控制数量不限的 FMT150 主机 ● 包含基础版所有功能

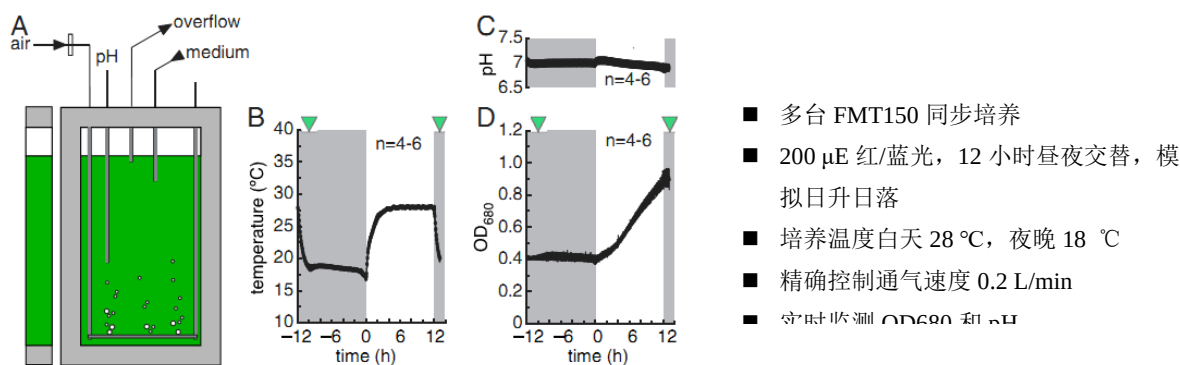
- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ● 设定培养 protocol ● 自定义循环动态实验 protocol ● protocol 存储与加载 ● 实验中随时修改 protocol ● 控制单元重启后恢复实验 ● 实时数据图形可视化显示 ● 实时实验数据图线性回归 ● 记录用户/系统实验事件 ● 支持恒浊、恒化培养 ● 支持 PWM 泵或磁力搅拌控制 ● 附件（如 pH 电极）校准 ● 导出实验数据到 Excel 可识别格式 ● 实验记录过滤与浏览 ● 用户及权限管理 ● 在线软件升级 | <ul style="list-style-type: none"> ● 支持从剪贴板直接复制和粘贴 protocol ● 分别设置各个传感器的测量周期 ● 支持 Java 脚本 ● 允许发送低级设备命令 ● 实验数据图高级回归分析 ● 监测并通知附件（如 pH 电极）值域 ● 定制实验起始时间表 ● 导入以前的实验 ● Email 通知 ● 支持 GMS150 气体混合系统 ● 控制额外的蠕动泵 |
|---|---|



21. 控光模式：光质和光强均可通过软件按用户编制的程序自行动态变化，可模拟自然日照周期、云遮挡造成的光强光质变化等光节律变化
22. 控温模式：温度可通过软件按用户编制的程序自行动态变化，可模拟自然温度日变化、温度周期性骤升或骤降等
23. Bios：可升级固件

24. 数据传输：RS-232 串口接口或 USB 接口
25. 远程控制：可通过网络实现远程控制与数据下载（需配备固定 IP）
26. 材料：防火耐热玻璃、飞机专用杜拉铝合金、不锈钢、硅化垫圈
27. 尺寸：400ml, 42 cm (H) × 35 cm (W) × 31 cm (D), 重量：15.5kg; 1000ml, 42 cm (H) × 35 cm (W) × 31 cm (D), 重量：17.5kg; 3000ml, 50 cm (H) × 35 cm (W) × 31 cm (D), 重量：28kg
28. 供电电压：90-240V
29. 可根据用户需求定制 25 升等各种大型光养生物反应器

应用案例：



莱茵衣藻多组学解析的精确培养条件模拟 (Strenkert, 2019, PNAS)

产地：欧洲

参考文献：

1. Multiomics resolution of molecular events during a day in the life of *Chlamydomonas*. Strenkert D, et al. 2019, PNAS, 116 (6): 2374-2383
2. *Chlorella vulgaris* integrates photoperiod and chloroplast redox signals in response to growth at high light. Hollis L, et al. 2019, Planta, 249(4): 1189-1205
3. Growth kinetics and mathematical modeling of *Synechocystis* sp. PCC 6803 under flashing light. Straka L, et al. 2019, Biotechnology and bioengineering, 116(2): 469-474
4. CO₂ Capture for Industries by Algae. Anguselvi V, et al. 2019, Algae, DOI: 10.5772/intechopen.73417
5. Glycolate from microalgae: an efficient carbon source for biotechnological applications. Taubert A, et al. 2019, Plant biotechnology journal, DOI: 10.1111/pbi.13078
6. Response of the thylakoid proteome of *Synechocystis* sp. PCC 6803 to photoinhibitory intensities of

- orange-red light. Cordara A, et al. 2018, Plant physiology and biochemistry, 132: 524-534
7. Effect of culture density on biomass production and light utilization efficiency of *Synechocystis* sp. PCC 6803. Straka L, et al. 2018, Biotechnology and bioengineering, 115(2): 507-511
 8. Effect of carbon limitation on photosynthetic electron transport in *Nannochloropsis oculata*. Zavřel T, et al. 2018, Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, 181:31-43
 9. Diel regulation of photosynthetic activity in the oceanic unicellular diazotrophic cyanobacterium *Crocospheera watsonii* WH8501. Masuda T, et al. 2018, Environmental Microbiology, 20(2): 546–560
 10. Analysis of the light intensity dependence of the growth of *Synechocystis* and of the light distribution in a photobioreactor energized by 635 nm light. Cordara A, et al. 2018, PeerJ, 6:e5256, DOI 10.7717/peerj.5256
 11. Cultivation, characterization, and properties of *Chlorella vulgaris* microalgae with different lipid contents and effect on fast pyrolysis oil composition. Adamakis ID, et al. 2018, Environmental Science and Pollution Research International, 25(23):23018-23032
 12. Dynamic response of *Synechocystis* sp. PCC 6803 to changes in light intensity. Straka L, et al. 2018, Algal Research, 32:210-220
 13. Growth bottlenecks of microalga *Dunaliella tertiolecta* in response to an up-shift in light intensity. Binte Safie SR, et al. 2018, European Journal of Phycology, 53(4): 509-519
 14. Advancement of the cultivation and upscaling of photoautotrophic suspension cultures using *Chenopodium rubrum* as a case study. Segečová A, et al. 2018, Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 135(1): 37–51
 15. Enhanced biomass production of *Scenedesmus obliquus* in a flat-panel photobioreactor, grown in photoautotrophic mode. Trivedi J, et al. 2018, Biofuels, DOI: 10.1080/17597269.2018.1448634