

# 生物制氢技术

姓名：李旭峰 学号：17300680057

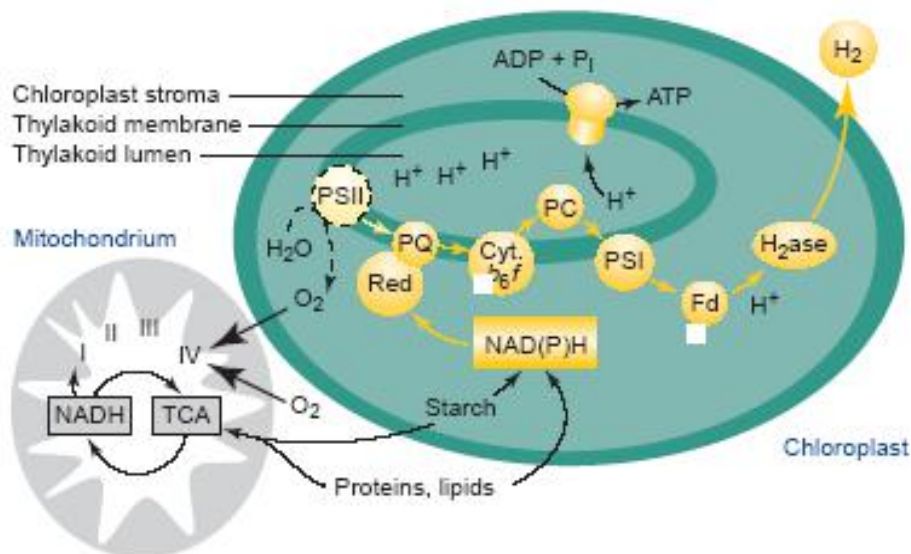
## ➤ 前言：

目前，人们的经济 and 生活方式在很大程度上取决于化石燃料的利用。然而，过度依靠化石燃料已经对人类造成了严重的问题：持续升高的成本，不可靠的可持续性以及对全球变暖 and 环境污染产生的影响。因此，能够稳定、连续的产出化石燃料替代品的技术日益受到重视。氢气因其清洁、高效而被视为将来理想的能源载体。氢气本身是可再生的，在燃烧时只生成水，不产生任何污染物，实现真正的“零排放”。与其它含能物质相比，氢气还具有能量密度高的优点，是汽油的 2.68 倍。因此，氢气被视为目前最理想的能源载体，生物制氢技术也逐渐成为研究热点。

## ◆ 技术原理：

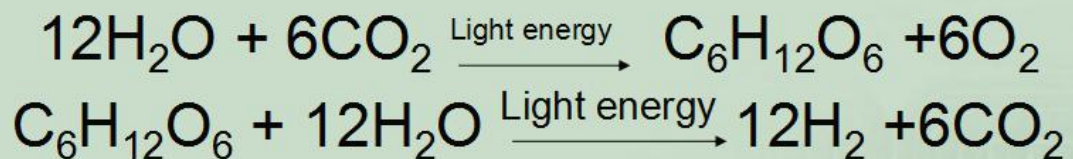
### ■ 直接光解技术（绿藻）

在厌氧条件下，绿藻既可以利用氢作为电子供体用于二氧化碳的固定或释放氢气（由于氧对氢酶的严重抑制，必须将光合放氧和光合放氢在时间上或空间上分开，可以通过部分抑制 PSII 光化学活性来实现：元素调控，如：硫、磷；PSII 抑制剂，如：DCMU、CCCP、FCCP）



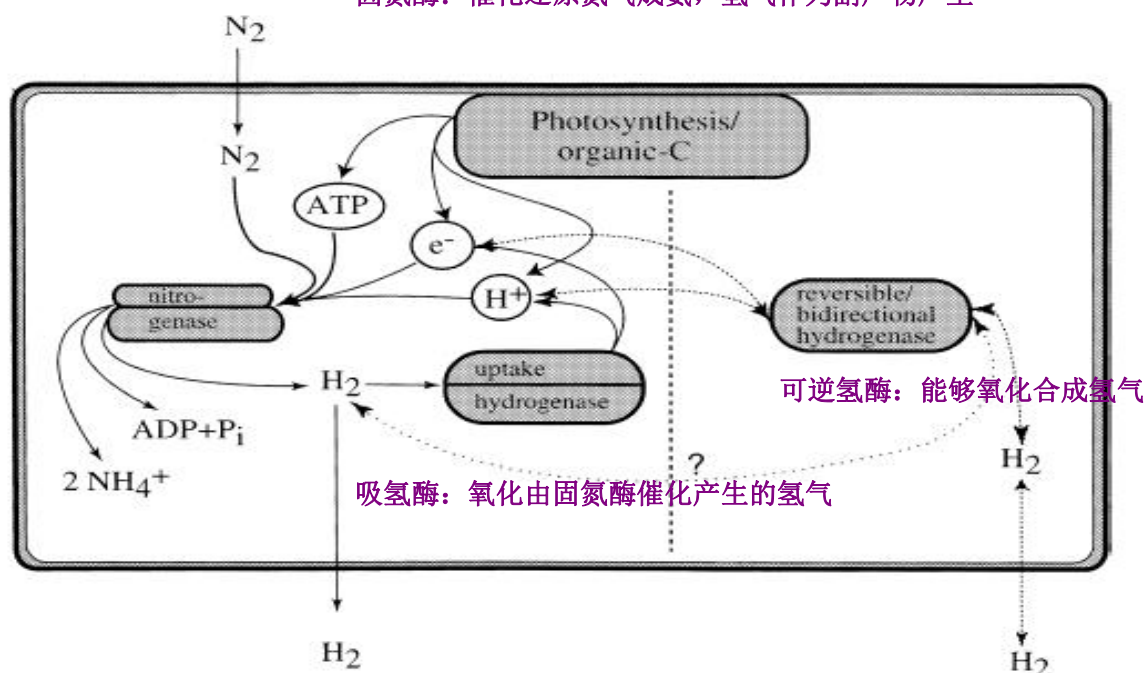
### ■ 间接光解产氢（蓝细菌）

总反应式为：



过程:

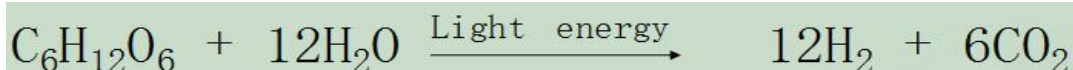
固氮酶：催化还原氮气成氨，氢气作为副产物产生



## ■ 光发酵产氢（无硫紫细菌）

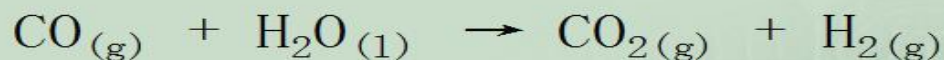
光发酵及产氢流程主要是：光和细菌在有机物提供电子并且有机物经碳代谢提供质子的条件下，其菌体内的固氮酶能在光能的带动下，利用激发态的电子经光合磷酸化作用产生的 ATP，将质子还原成氢。光合细菌含有的光合系统 PSI 吸收光能后，电子供体将电子传递到电子传递体系，经光合反应中心，生成一些激发态的电子，一部分经还原型铁氧还蛋白传递给固氮酶，一部分经光合磷酸化产生 ATP 和 NAPH，通过一些醌类、铁硫蛋白等产生稳定的电子流动，使胞外和胞内质子氢离子产生质子梯度，驱动 ATP 合成酶合成 ATP。当电子经由铁氧还蛋白运送给固氮酶的铁蛋白后，又进一步通过铁蛋白传递到钼铁蛋白，有机物或还原性物质被氧化，质子被还原成氢气。

（以无硫紫细菌为例）无硫紫细菌在缺氮条件下，用光能和还原性底物产生氢气：



## ■ 光合异养微生物水气转化反应产生氢气

一些光合异养微生物在暗条件下能够利用 CO 做为单一碳源，产生 ATP 的同时释放出 H<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>



如 *Rubrivivax gelatinosus* CBS（胶状红长命菌）不仅可以在暗条件下进行 CO-水-气转换反应，而且能利用光能固定 CO<sub>2</sub> 将 CO 同化为细胞质；即使在有其他有机底物的情况下，其也能够很好利用 CO

## ■ 暗发酵制氢

厌氧细菌利用有机底物进行暗发酵产生氢气

(1) 当乙酸为终产物时:

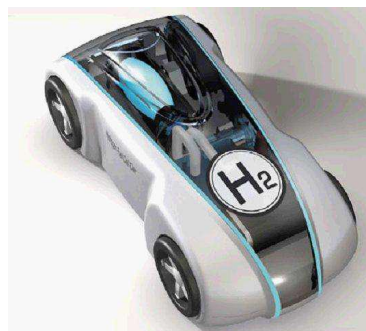


(2) 当丁酸为终产物时:



### ◆ 技术应用:

氢气作为环境友好的洁净能源和高能燃料,在国民经济的各个方面有着重要的应用:可作为航天飞机、火箭、城市交通工具的清洁燃料,在电子工业和金属高温加工过程中作为保护气体,在炼油工业用于加氢精制,在有机合成、合成氨以及食品工业方面也有着广泛应用。氢气的应用已经深入到社会生活的各个方面,以氢为燃料的燃料电池将代替以热机原理工作的发电机,氢燃料汽车将从根本上解决尾气污染等环境问题。



### ◆ 技术发展方向:

#### 1. 绿藻直接光解水制氢技术

(1) 通过基因工程手段改变集光复合体尺寸,以增加太阳能的转换效率;

(2) 改变氢酶基因的耐氧性,或是进行定向克隆;

(3) 优化设计,降低光生物反应器的成本;

本;

(4) 优化调控方法、工艺条件,增加产氢速率、产氢量.

#### 2, 蓝细菌(藻)间接光解水制氢技术

(1) 筛选高活性氢酶或高异性细胞结构的菌(藻)株;

(2) 基因工程手段消除吸氢酶,增加双向氢酶的活性;

(3) 优化光生物反应器的设计

#### 3, 光发酵系统

(1) 消除其他竞争性微生物,以减少对营养的消耗;

(2) 共培养利用不同光能的微生物

#### 4, 暗发酵生物制氢技术

(1) 研究气体快速分离技术,减少因氢、二氧化碳分压增加抑制产氢速率——膜技术的使用;

(2) 防止因一氧化碳积累对 PEMFC 的毒害;

(3) 诱变高产氢能力的菌株;

(4) 优化反应器的设计——固定床的使用

### ◆ 技术优缺点：

✚ 优点：1 耗能低、效率高；

2 清洁、节能和可再生；

3 原料成本低，制氢过程不污染环境；

4 一些生物制氢过程具有较好的环境效益。

✚ 缺点：1 生物制氢技术总体上还处在初步研究阶段，还未实现大规模工业生产应用；

2 光转化效率偏低、原料成本太高是所有种类的光合细菌产氢所面临的共同问题；

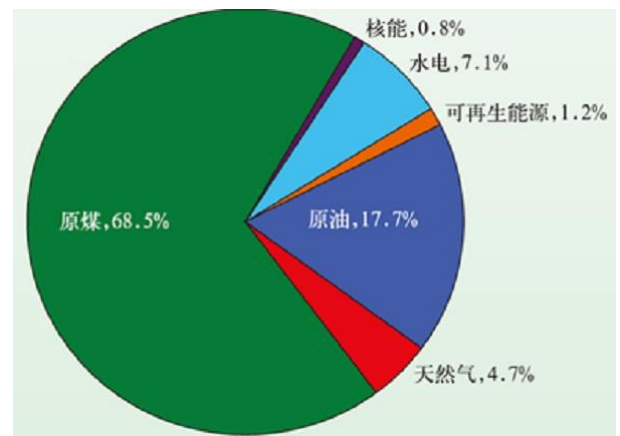
3 原料转化效率偏低、产氢速率偏低以及气相产物成分复杂是厌氧发酵产氢的主要矛盾；

4 光合细菌产氢机理还没有彻底探明，这从很大程度上制约了光合细菌产氢的研究进程；

5 制氢设备的小型化。

### ◆ 总结与展望：

生物制氢技术是制氢技术中起步较晚但发展迅速的技术，无论是光解制氢还是发酵制氢，都在近年来得到了突飞猛进的发展。氢能是解决能源短缺和环境问题的清洁能源，制氢技术的发展对于能源和环境问题具有深刻的意义。相信在不远的将来，生物制氢将被大规模应用与生产实践，我国的能源结构将进一步优化，环境将进一步改善。



➤ 参考资料：1 吴梦佳，隋红，张瑞玲——生物发酵制氢技术的最新研究进展

2 李雯，宋倩雯，张念慈，曹逸坤，许享，郭贝贝，潘欣语，李永峰——光发酵制氢的研究现状与发展

3 崔寒，邢德峰——光发酵及微生物电解池制氢研究进展

4 《生物制氢过程的运用、前景和发展方向》

5 黄宇——浅谈生物制氢的现状与发展趋势