

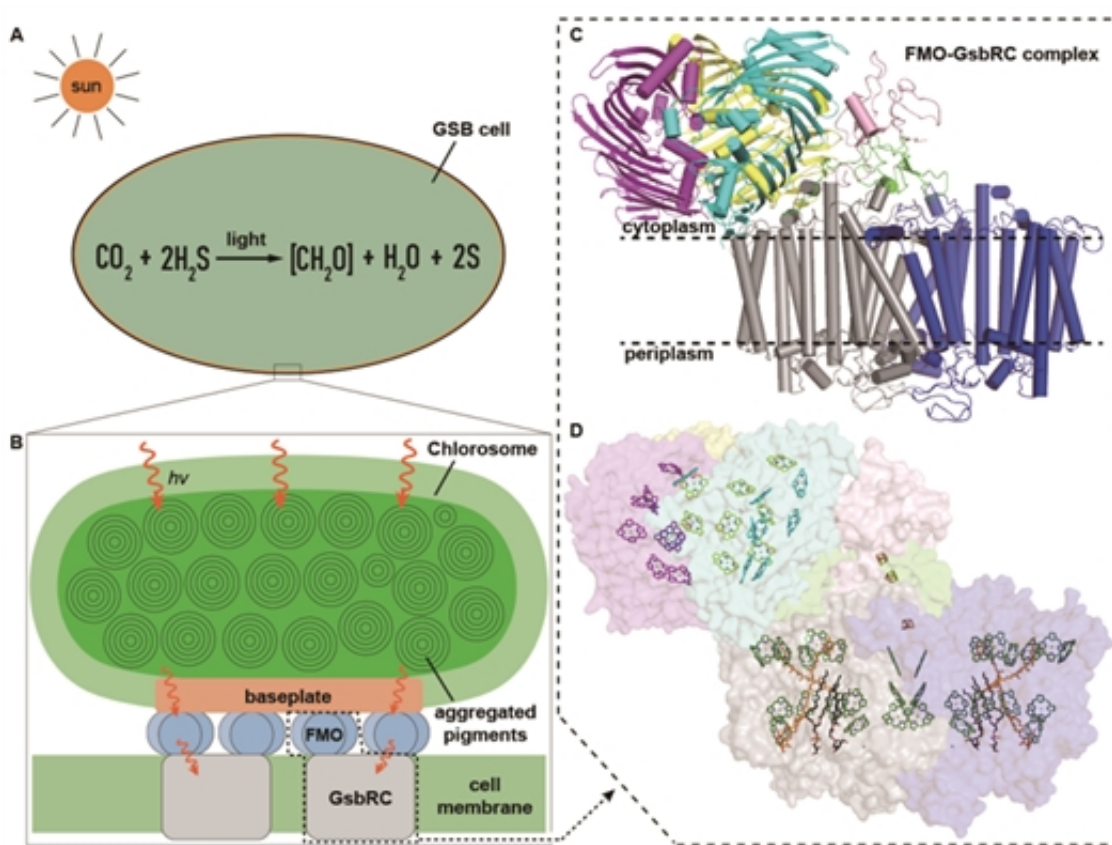
科学家揭秘原始生物如何进行光合作用

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/11826.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

科学家揭秘原始生物如何进行光合作用。



绿硫细菌光合作用系统及内周捕光天线-反应中心复合体结构模型

光合生物是自然界最高效的太阳能固定机器，平均每年光合生物通过光合作用所同化的太阳能约为人类所需能量的10倍。光合作用使得人类文明的诞生和发展成为可能，被认为是地球上最重要的化学反应。

光合作用过程中发生光能-电能转化的核心被称为反应中心。光合反应中心如何工作？如何起源进化？人类能否利用自然界的光合作用机制来提高太阳能利用效率？科学家们一直在积极对光合作用机理开展广泛的研究，寻找这些问题的答案有助于帮助我们解决粮食、能源和环境问题。

11月20日，《科学》刊发的一篇文章尝试回答了这些问题。浙江大学医学院、良渚实验室联合中国科学院植物研究所在全球率先解析了一种古老的光合细菌——绿硫细菌的光合反应中心空间结构。该研究刷新了人类对古老光合生物的光合作用机理的认知，对于理解光合作用反应中心的即进化生物学研究具有重要的启示意义。

追本溯源 刨根问底

光合作用的光反应过程十分复杂，反应中心蛋白的空间结构也十分精妙。在地球几十亿年的历史中。光合反应中心被认为只进化产生过一次，即现存的所有光反应中心蛋白都是从同一个祖先蛋白进化而来。追本溯源，科学家希望探究在早期地球环境下，古老的光合反应中心的空间结构是什么样的，与其他高等光合生物的反应中心有何不同？

绿硫细菌是光合细菌大家庭中的一员，被认为可能出现在35亿年前，这类细菌能够从硫化氢、胶体状硫黄和硫代硫酸盐等物质获得电子而进行厌氧的光合作用。火山温泉以及深海温泉等光绿硫细菌能够在光照极弱的环境下进行光合作用，那么，绿硫细菌的光合作用系统在结构上和其他细菌又有哪些差别呢？

尽管绿硫细菌已被发现数十年了，令人感到遗憾的是，科学家们对它内部的光合作用系统的详细构造仍然了解甚少。这也使得它成为七大门类光合细菌中唯一一类反应中心空间结构尚未被解析的光合细菌。

反应中心 内有乾坤

为何之前的科学家始终没有看清绿硫细菌反应中心原子结构层面的乾坤奥秘呢？首要原因在于绿硫细菌反应中心的样品制备极其困难。这是因为绿硫细菌作为一种厌氧菌对周围环境要求非常苛刻，反应中心复合体在有氧条件下极不稳定，低浓度的氧气就容易导致其变性。

另一个原因是早期对于生物大分子结构的解析主要借助X射线晶体学，这种方法需要较多的样品且对样品的纯度和均一度都有很高的要求。双重因素下解析绿硫细菌反应中心的结构变得困难重重。

浙大科研团队通过冷冻电镜技术，很好地解决了这一难题。他们优化了样品制备的各环节，获得了足够的蛋白样品，收集了近万张样品颗粒的电子显微镜成像图片，最终在世界上首次解析了绿硫细菌反应中心的结构，分辨率高达2.7埃，在该分辨率下，古老绿硫细菌反应中心的庐山真面目被首次揭开。

科研团队发现，绿硫细菌的光合作用首先是通过一个巨大的外周捕光天线捕获光能分子，再通过一些内周捕光天线向位于细胞膜的反应中心传递，这些收集和不断向内传递的能量能够激发反应中心内部的两个特殊的叶绿素分子，促进其产生电荷的分离。

在这个过程中，光能就会转变成了电能（电子），之后，这些电子会通过下游的一系列载体继续传递并最终传递给一个末端的电子受体，产生还原力，将无机物转变成有机物。

之前科学家们推测绿硫细菌的反应中心是类似于绿色植物中的光系统I的。但从结构上‘看到’虽然它与光系统I有相似的地方，比如它们的蛋白结构比较像，但也有明显区别，绿硫细菌反应中心的色素数量比光系统I的要明显减少，而且色素的空间排布也不一样。论文通讯作者浙江大学医学院附属邵逸夫医院、良渚实验室教授张兴介绍说。

有意思的是，他们发现绿硫细菌的反应中心色素排列跟光系统II非常相似。这兼具两种光系统结构特点的‘混沌状态’暗示绿硫细菌的反应中心可能代表了进化早期的光合生物反应中心的古老特征。张兴说。

从细胞膜平面的角度看，绿硫细菌反应中心的色素分子分为上下两层，两层叶绿素之间有一条过道。张兴说，在目前已经解析的反应中心结构中，过道里有一种作为桥梁的分子，可以把上层的能量传到下层，但是绿硫菌没有这个桥梁分子，上层与下层的能量就像隔空抛物一样传递。

这也进一步验证了绿硫细菌反应中心，能量的传递效率比其他光合细菌的反应中心低很多。论文第一作者、浙江大学医学院附属邵逸夫医院/浙江大学冷冻电镜中心博士后陈景华介绍，效率低的另一个原因是，他们从结构中发现，绿硫细菌的内周捕光天线与反应中心的色素分子之间间隔

距离较远，导致能量传递困难。

解析结构 认祖归宗

根据生物进化优胜劣汰的原理反推，越是进化完善的，越是后生的，越是不完善的，越是古老的。地球上所有现存的光合作用反应中心都起源于相同的‘祖先’（一类原始的反应中心蛋白），并由该蛋白不断进化而形成现有的各种各样的反应中心。张兴说，在高等植物中存在两种不同的光反应系统(光系统I和光系统II)，且各自是由不一样的中心蛋白构成。

科学界的普遍共识是，地球上最早的反应中心是由两个相同的蛋白构成的同源二聚体，在进化的过程中两个中心蛋白慢慢发生变化，从两个一样的蛋白变成了两个不一样的异源二聚体蛋白，而此次解析到的绿硫细菌反应中心正是这样由两个相同的蛋白构成的同源二聚体。

张兴课题组的研究证明，绿硫细菌反应中心是目前唯一发现具有两类反应中心结构特征的分子，填补了人类对光反应中心结构认知的空白。

论文评审专家表示：这项研究对于揭示30亿年前地球原始光合生物如何进行光合作用具有重要的启示，对于理解光合作用反应中心的进化极其重要。

了解了反应中心的结构特征之后，课题组下一步研究将努力获取更多的支撑数据。未来有望通过人工模拟光合作用机制、仿生设计光敏器件；改造植物光反应系统、提高太阳能利用率，从而提高农作物产量，缓解日益突出的粮食和能源问题。（来源：中国科学报崔雪芹 柯溢能 吴雅兰）

相关论文信息：DOI: 10.1126/science.abb6350

版权声明：凡本网注明来源：中国科学报、科学网、科学新闻杂志的所有作品，网站转载，请在正文上方注明来源和作者，且不得对内容作实质性改动；微信公众号、头条号等新媒体平台，转载请联系授权。邮箱：shouquan@stimes.cn。

作者：匡廷云等 来源：《科学》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://www.iikx.com)转发