

### 清华隋森芳、王宏伟团队《Nature》发文揭示藻胆体中的能量传递机制

日期: 2023年04月18日

来源: 清华大学

【大 中 小】

【打印】

【关闭】

藻胆体 (phycobilisome, PBS) 是蓝藻和红藻主要的捕光天线, 位于类囊体膜基质侧, 是迄今为止最大的捕光蛋白复合物。PBS通过内部色素团 (bilins) 将捕获的光能以极高的效率传递至光系统II (photosystem II, PSII) 和光系统I (photosystem I, PSI) 的反应中心以诱导光-化学能量的转化。虽然大多数光合蛋白复合物的结构已通过体外纯化的方式得到了解析, 但在细胞内的天然状态下它们之间相互作用的方式以及能量传递的途径尚不清楚。

清华大学生命科学学院隋森芳院士课题组一直致力于藻胆体结构的研究工作。2017年, 该团队在《自然》期刊上首次报道了海洋红藻 *Griffithsia pacifica* 完整藻胆体的3.5Å分辨率的冷冻电镜结构, 揭示了藻胆体的精密组装机制。2020年, 该团队在《自然》期刊上报道了盐泽红藻 *Porphyridium purpureum* 完整藻胆体的2.8Å分辨率的冷冻电镜结构, 揭示了藻胆体中的能量传递机制, 是该领域的一项重大研究成果。

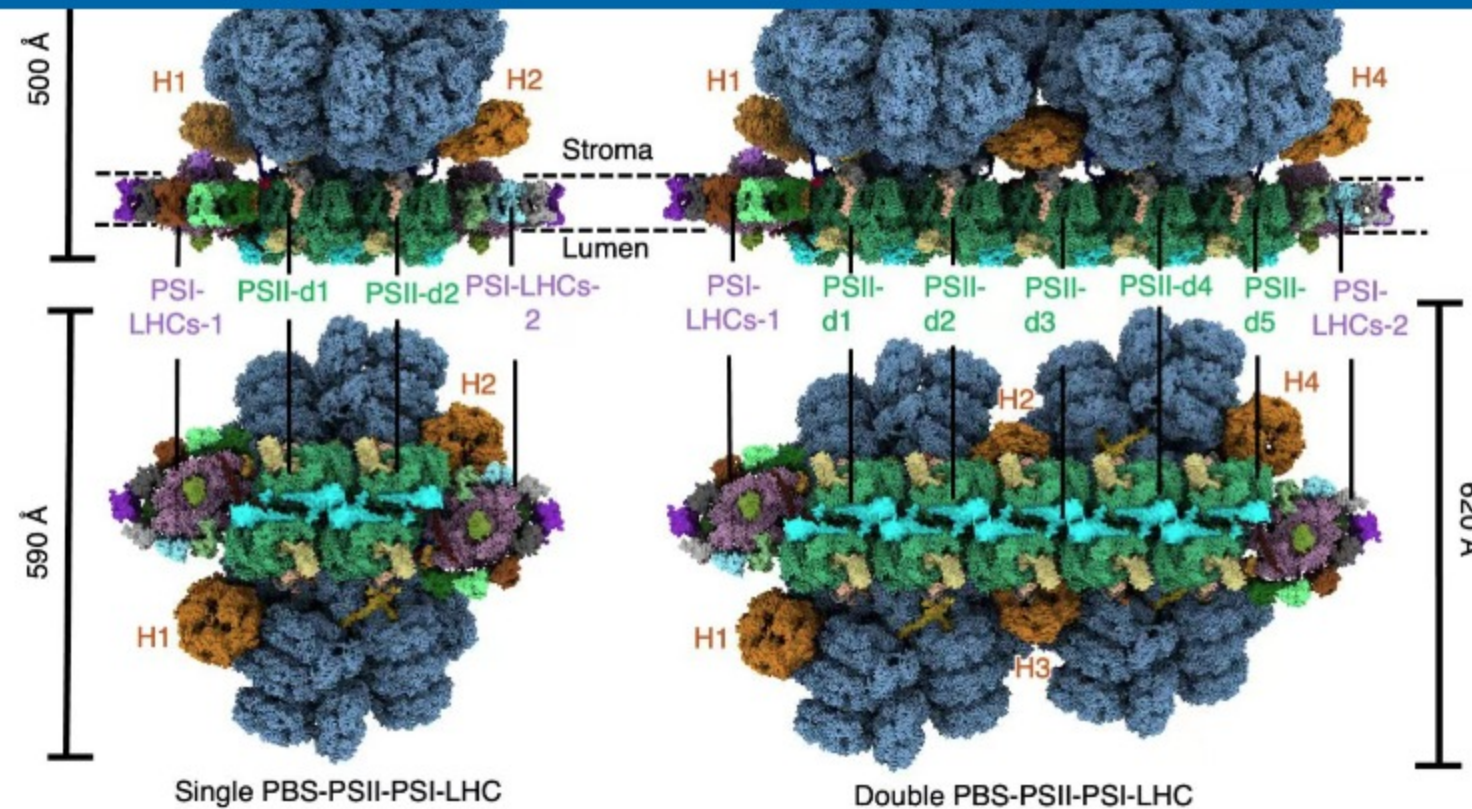


图1.原位PBS-PSII-PSI-LHC超大复合体的结构

3月15日, 清华大学生命科学学院/北京市结构生物学高精尖创新中心/北京生物结构前沿研究中心隋森芳院士和王宏伟教授, 以及中科院生物物理研究所章新政研究员, 合作在《自然》(Nature) 期刊上联合发表题为“红藻藻胆体-光系统II-光系统I-捕光复合物超大复合体的原位结构”(In situ structure of the red algal phycobilisome-PSII-PSI-LHC megacomplex) 的文章, 为阐明细胞内天然状态下PBS-PSII-PSI-LHC超大复合体的组装机制, 以及能量从PBS向PSII和PSI的高效转移的机制奠定了坚实的结构基础, 是光合领域里的一个里程碑成果。

研究团队在此前藻胆体研究的基础上, 选择盐泽红藻作为研究对象进行原位高分辨结构的解析, 通过结合冷冻聚焦离子束 (cryo-FIB)、冷冻断层扫描 (cryo-ET)、子断层平均技术 (subtomogram averaging) 和原位单颗粒分析方法 (isSPA) 解析了PBS-PSII-PSI-LHC超大复合体两种构象 (single-PBS-PSII-PSI-LHC和double-PBS-PSII-PSI-LHC) 的原位结构, 分辨率分别达到3.3和4.3Å (图1)。在这些结构中, 研究人员发现了一些在分离纯化至体外的样品中未曾观察过的蛋白分子在PBS-PSII-PSI-LHC超大复合体的组装中发挥至关重要的作用。结构分析表明PBS中有4种连接蛋白 (分别为LRC2、LRC3、LPP1和LPP2) 与LCM和APCD一起参与PBS-PSII之间的结合, 因此红藻PBS在体内能够十分稳定地结合在PSII上。

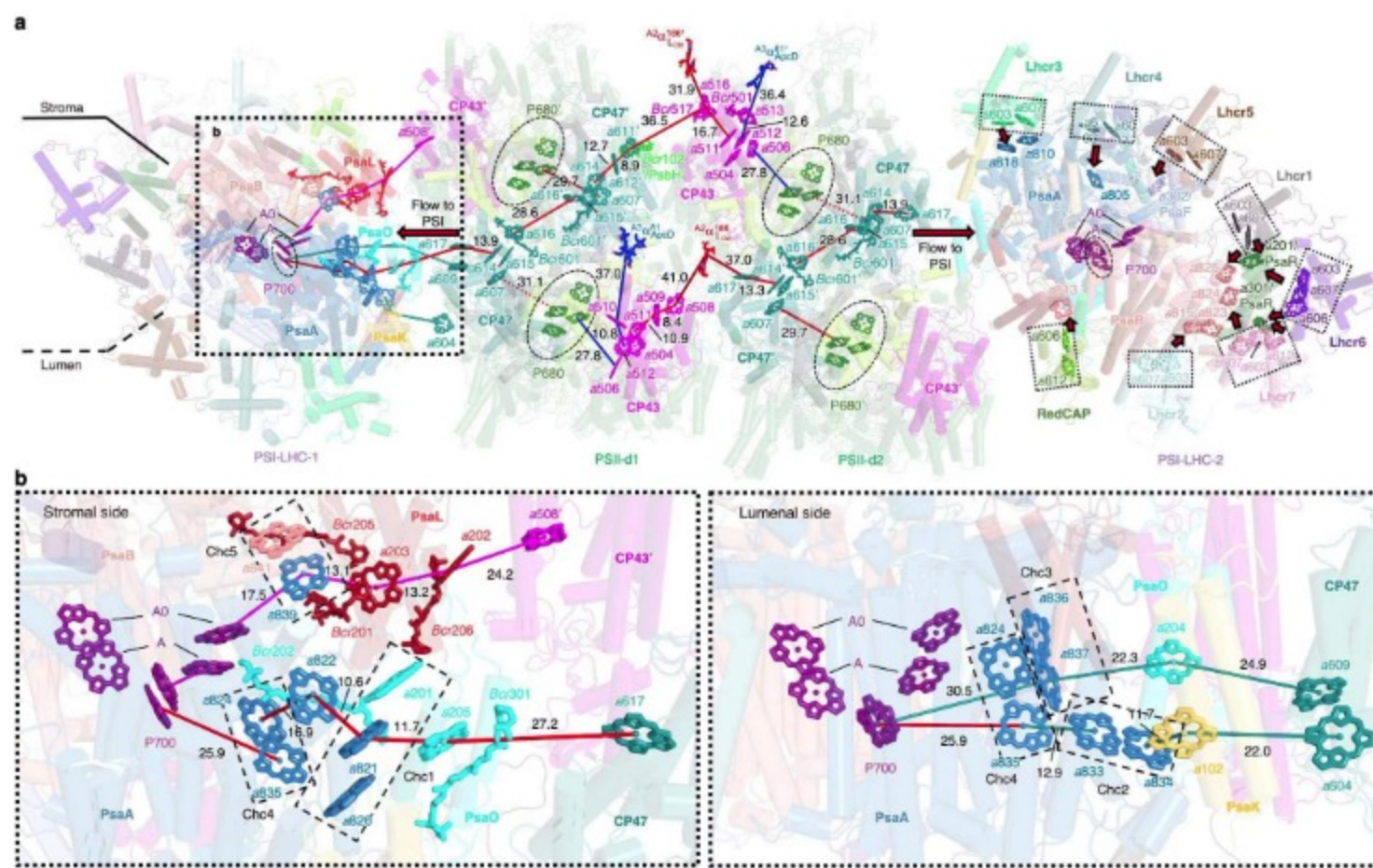


图2.原位PBS-PSII-PSI-LHC超大复合体中的色素排布

光合生物为应对自然界不断变化的光照条件进化出了一种应答机制。当PSII获取的激发能量过高时, 为避免PSII损伤, 捕光天线会向PSI进行能量传递, 从而进行能量的再分配。目前认为, 蓝藻和红藻的PBS可能通过间接的PBS→PSII→PSI模式和直接的PBS→PSI模式向PSI进行能量传递。然而由于缺少结构信息, 对于PBS与PSI之间的能量传递机制一直存在争议。现在解析出来的PBS-PSII-PSI-LHC复合体的原位结构显示, 红藻PBS仅与PSII直接相互作用, 因此捕获的光能会先传递给PSII, 进而通过PSII向PSI进行传递, 这与能量溢出模型保持一致 (图2)。此外, 研究人员还发现PSII和PSI中存在特殊排列的叶绿素 (chl) 簇, 他们的紧密排列促使共轭环上的π电子发生激发态耦合效应, 使能级降低, 以保证能量的高效传递 (图2)。综上, 该研究成果证明红藻通过间接的PBS→PSII→PSI模式向PSI进行能量传递, 从而进行PSII和PSI的能量再分配。该成果也为人工模拟光合作用研究提供了新的理论依据。

清华大学生命科学学院2019级博士生游鑫、博士后张星, 中科院生物物理研究所博士后程静和南方科技大学博士后肖亚男为论文的共同第一作者, 清华大学生命科学学院隋森芳院士、王宏伟教授和中科院生物物理研究所章新政研究员为论文的共同通讯作者。清华大学博士后马建飞进行了前期探索, 副研究员孙珊参与了结构分析。

国家蛋白质科学研究 (北京) 设施清华基地冷冻电镜平台、计算平台、质谱平台, 南方科技大学分析测试中心和中科院植物研究所公共技术中心为该研究提供了重要的技术支持, 中科院植物研究所沈建仁研究员为该研究提供了有益的讨论。研究得到国家自然科学基金委、国家重点研发计划、北京生物结构前沿研究中心和北京市结构生物学高精尖创新中心、腾讯基金会等方面的资助。

论文链接:

<https://www.nature.com/articles/s41586-023-05831-0>

分享到: