
研究发现叶绿体蛋白质传送器的组装原理

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/21696.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！

研究发现叶绿体蛋白质传送器的组装原理

。叶绿体是植物和藻类细胞中可以通过光合作用将光能转化为化学能的细胞器。作为一种由两层膜包被的特殊细胞器，叶绿体含有自身的基因组，且其表达是与核基因组的表达紧密协调的。叶绿体的蛋白质有两种来源，有一小部分（50-200个）由叶绿体基因组编码，而大多数的其他叶绿体蛋白质（2000-3000个）则由核基因编码。核基因编码的叶绿体蛋白前体（preprotein）是在细胞质中由80 S核糖体合成，其氨基端带有一段转运肽（transit peptide）。转运肽具有类似进入叶绿体的入场券的作用。前体蛋白需要通过位于叶绿体内外膜上的蛋白质转运体复合物（“传送器”）介导被运送到叶绿体中。位于叶绿体外膜上的蛋白转运体被称为TOC（Translocon on the Outer Chloroplast membrane），而位于内膜上的转运体为TIC（Translocon on the Inner Chloroplast membrane）。TOC和TIC是由多个蛋白亚基组成的膜蛋白复合体，可介导众多不同叶绿体蛋白的跨膜转运。它们对于叶绿体的生成、光合作用复合体的组装以及各种代谢途径的运转起着关键作用。

在过去30年，组成TOC和TIC的不同蛋白亚基陆续被发现并得到鉴定和研究。近年来的工作揭示了植物和绿藻叶绿体中存在一种由TOC和TIC共同组成的超分子复合体（TOC-TIC超复合体）。然而，TOC和TIC中各亚基之间如何组装在一起形成运送蛋白质的孔道？二者之间如何进一步组装形成跨越内外膜的超分子复合体，前体蛋白的运输路径位于传送器的哪个部位？这一系列的关键科学问题有待进一步阐明。

1月26日，中国科学院生物物理研究所柳振峰课题组与瑞士日内瓦大学教授Jean-David Rochaix合作，在《自然》（*Nature*）上，在线发表了题为*Architecture of chloroplast TOC-TIC translocon supercomplex*的研究论文。

该研究通过解析莱茵衣藻 *Chlamydomonas*

*reinhardtii*来源的TOC-TIC超分子复合体的冷冻电镜结构（图1），发现并定位组成该复合体的13个不同蛋白亚基。除Tic214蛋白由叶绿体基因编码外，其他蛋白均由核基因编码。这些蛋白共同组成了位于外膜的TOC复合物、膜间隙复合物（ISC）和位于内膜的TIC复合物。最大的一个膜蛋白Tic214跨越内膜、膜间隙和外膜，如同一座桥连接了位于内外膜和膜间隙的不同蛋白亚基，可能起到类似脚手架的作用（图2）。位于外膜上的TOC复合物主要由Toc34、Toc90和Toc75共同形成，Ctap4-Ctap3复合物位于Toc90的侧面。Toc90和Toc75蛋白在外膜上形成一种混合的 β -桶状结构，有一个朝向胞质侧的入口和两个朝向膜间隙开放的出口，且有一个面向膜内脂双层的侧向开口。Toc90和Tic214相互作用的界面上存在一个六磷酸肌醇（也称植酸，InsP6）分子，起到稳定TOC复合物装配的作用。膜间隙复合物主要包括Tic214、Tic100、Tic56、Ctap3和Ctap5，它们相互缠绕并形成梯形塔状结构。位于内膜上的TIC复合物主要包括Tic214、Tic20、Ctap5，以及三

个分别命名为Simp1、Simp2和Simp3的小亚基。研究在Tic214和Tic20界面的孔道中发现四个脂类分子，且它们具有稳定内膜复合物组装和防止渗漏的作用。

科研人员对TOC和TIC复合物中的孔道特征进行细致分析，并通过分子动力学模拟对转运肽和TIC复合物的相互作用进行预测。此外，该研究观察到分别位于TOC和TIC中的两个孔道是由位于膜间隙区的表面沟槽连接。在综合考虑此前生物化学和功能研究成果的基础上，该团队提出前体蛋白可通过TOC-TIC超复合体中的多个不同转运途径进行分选和进入叶绿体内部的不同微区。

研究工作得到国家自然科学基金国家杰出青年科学基金项目、中科院稳定支持基础研究领域青年团队计划、中科院战略性先导科技专项（B类）、国家重点研发计划的支持。

[论文链接](#)

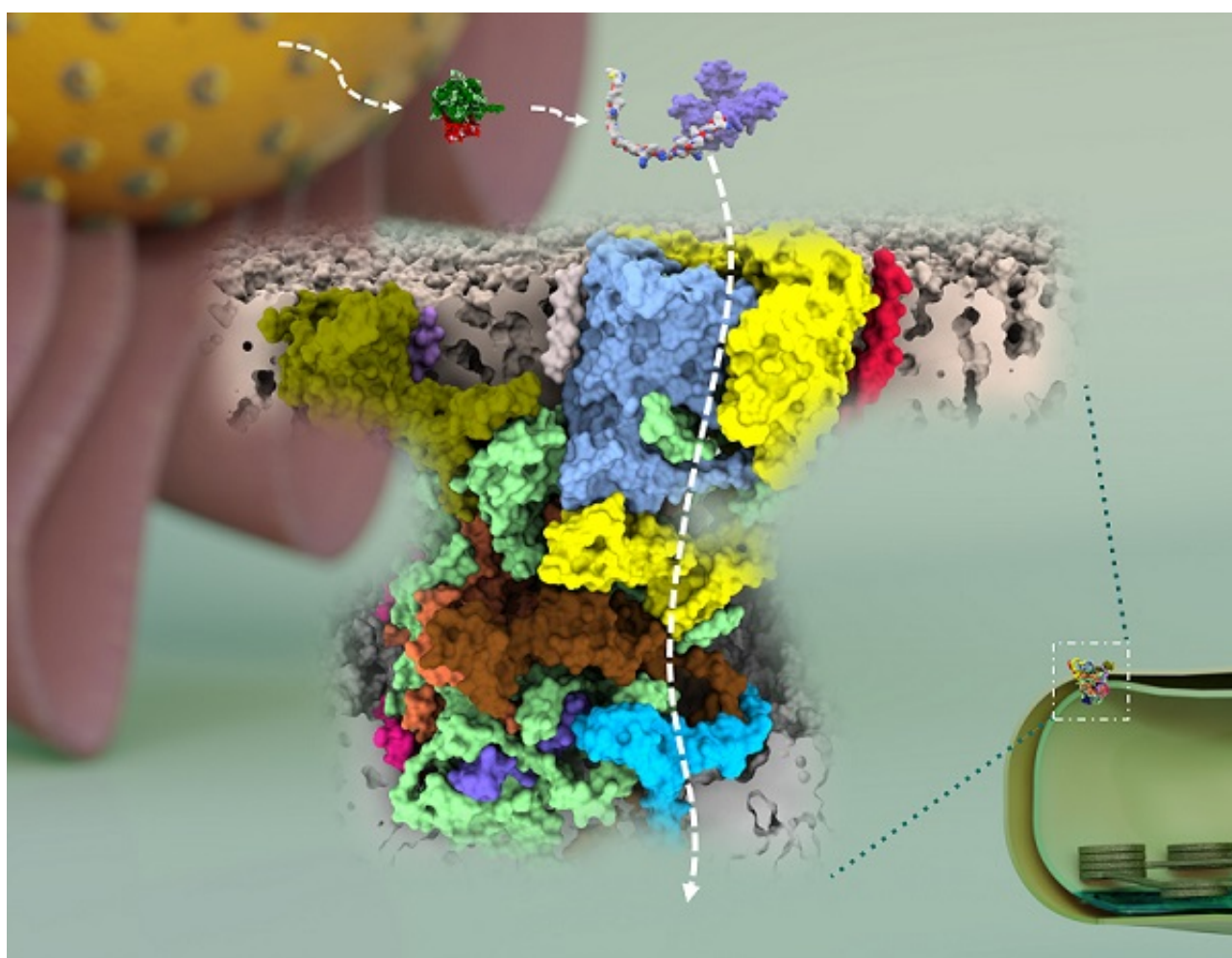


图1.叶绿体TOC-TIC超复合体负责将胞质中合成的前体蛋白转运进入叶绿体。超复合体中的不同蛋白质亚基以不同的彩色加以区分，灰色部分为内膜和外膜的一部分。背景的左上角为细胞核和内质网，右下角为叶绿体的一部分。

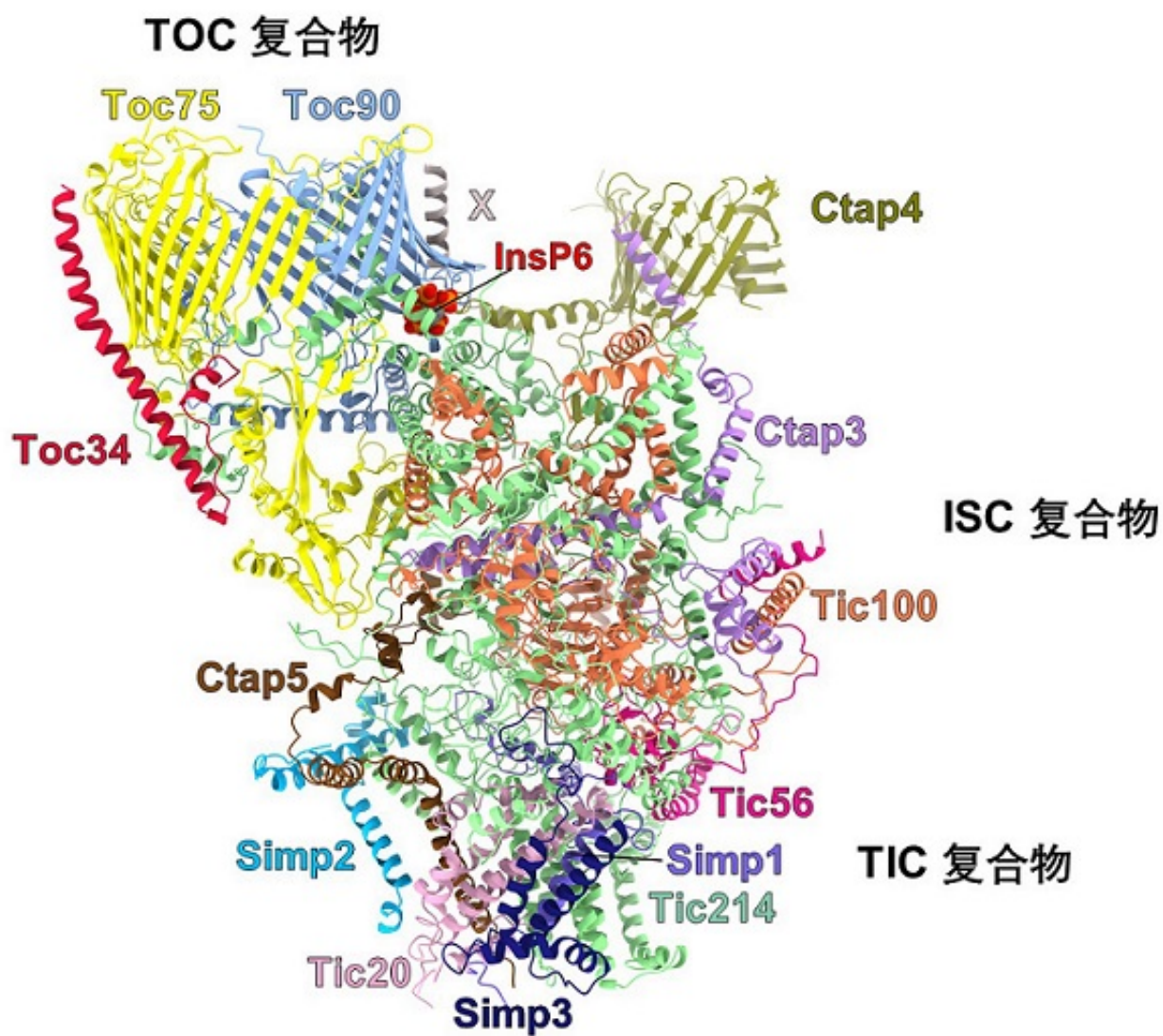


图2.TOC-TIC超复合体中各蛋白亚基的定位和组装。

研究团队单位：生物物理研究所

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](https://www.iikx.com)转发