
研究揭示一种特殊血红素-铜终端氧化酶利用两种电子供体的分子机制

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/12946.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！

3月4日，中国科学院生物物理研究所孙飞课题组与德国马克斯-普朗克研究所Hartmut Michel课题组，在《德国应用化学》上发表了题为The unusual homodimer of a heme-copper terminal oxidase allows itself to utilize two electron donors的研究论文。该工作研究了一种来自超嗜热菌的特殊的血红素-铜终端氧化酶，通过解析其高分辨率冷冻电镜结构，发现了其既能氧化细胞色素c又能氧化氢醌的独特催化机制，并发现了它的质子通道和氧气通道具有新颖的结构特征。这些结果进一步丰富了人类对于不同物种间细胞色素c氧化酶结构差异的理解，揭示了细胞色素c氧化酶在极端环境下的进化适应性。

血红素-

铜终端氧化酶家族

蛋白是一类重要金属蛋白酶，负责高

效催化电子从细胞色素c

或氢醌传递给氧分子，将氧气还原为水。该家族成员是多亚基复合物，在哺乳动物线粒体中由14个亚基组成，而在大多数细菌中由3个亚基组成。它们的核心催化亚基I非常保守，结合有两个血红素和一个铜原子，其中铜原子与高自旋血红素的铁原子形成双核中心；亚基II通常结合有两个铜原子，形成双核中心。细胞色素c氧化酶属于血红素-

铜终端氧化酶家族成员，之前

研究显示，它一般只能使用细胞色素c

作为电子供体。不同物种间的细胞色素c

氧化酶结构上存在显著差异，包括亚基数目、亚基I/II的跨膜螺旋数、质子通道及氧气通道结构特征等，探究这些细胞色素c氧化酶的不同结构，可揭示该蛋白的进化趋势和发挥不同生物学功能的结构基础。

Aquifex

aeolicus

是细菌最古老的分支、最嗜热的菌之一，最适生长温度85-95℃，分布在世界各地的高温液体环境中，包括陆地和海洋，能适应多种极端环境。2012年，Hartmut

Michel课题

组首次报道了该嗜热

菌有一种独特的细胞色素c氧化酶，既能氧化细胞色素c又能氧化氢醌，但催化机制和进化上的意义仍未知。孙飞课题组与Hartmut Michel课题组经过多年合作，近期利用冷冻电镜单颗粒技术解析了A.

aeolicus细胞色素c

氧化酶的三维结构，分辨率达到了3.4埃。它形成一个独特的同源二聚体，结合形式不同于以往报道的其它物种的细胞色素c

氧化酶。在它的二聚体界面处，有两个底物氢醌分子（NQ）紧密结合在复合体上，形成一条潜在的电子传递链，使得整个细胞色素c氧化酶在氧化细胞色素c

的同时又能氧化氢醌。研究表明这种独特的二聚化特征对于双底物催化是必要的。结构分析证实，A.

aeolicus细胞色素c

A.

aeolicus

呼吸链复合物III类似，它也有一些独特的热稳定性结构特征。这些研究成果进一步丰富了人类对细胞色素c氧化酶的结构和功能的认识。这也是研究团队继解析A. aeolicus呼吸链复合物III结构的又一重要进展，有利于深入了解这一古老嗜热菌的呼吸作用以及呼吸链复合物为适应极端条件采取的进化策略。

生物物理所研究员孙飞、副研究员朱赟，德国马普所教授Hartmut Michel与博士彭国宏、曾辉为论文的共同通讯作者，孙飞课题组博士研究生朱国梁、已毕业硕士研究生张双博，以及曾辉为论文的共同第一作者。研究得到国家自然科学基金、国家重点研发计划、中科院战略性先导科技专项等的资助。数据收集等工作得到生物物理所生物成像中心（正高级工程师黄小俊、工程师朱博玲、工程师李许静等）的支持。

[论文链接](#)

嗜热菌细胞色素c

氧化酶冷冻电镜三维结构

。独特的二聚体构象允许其既能氧化细胞色素c

又能氧化

氢醌，额外的跨膜

螺旋、质子通道和氧气通道等新颖结构特征揭示了细胞色素c氧化酶在极端环境下的进化适应性

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](http://www.iikx.com)转发