

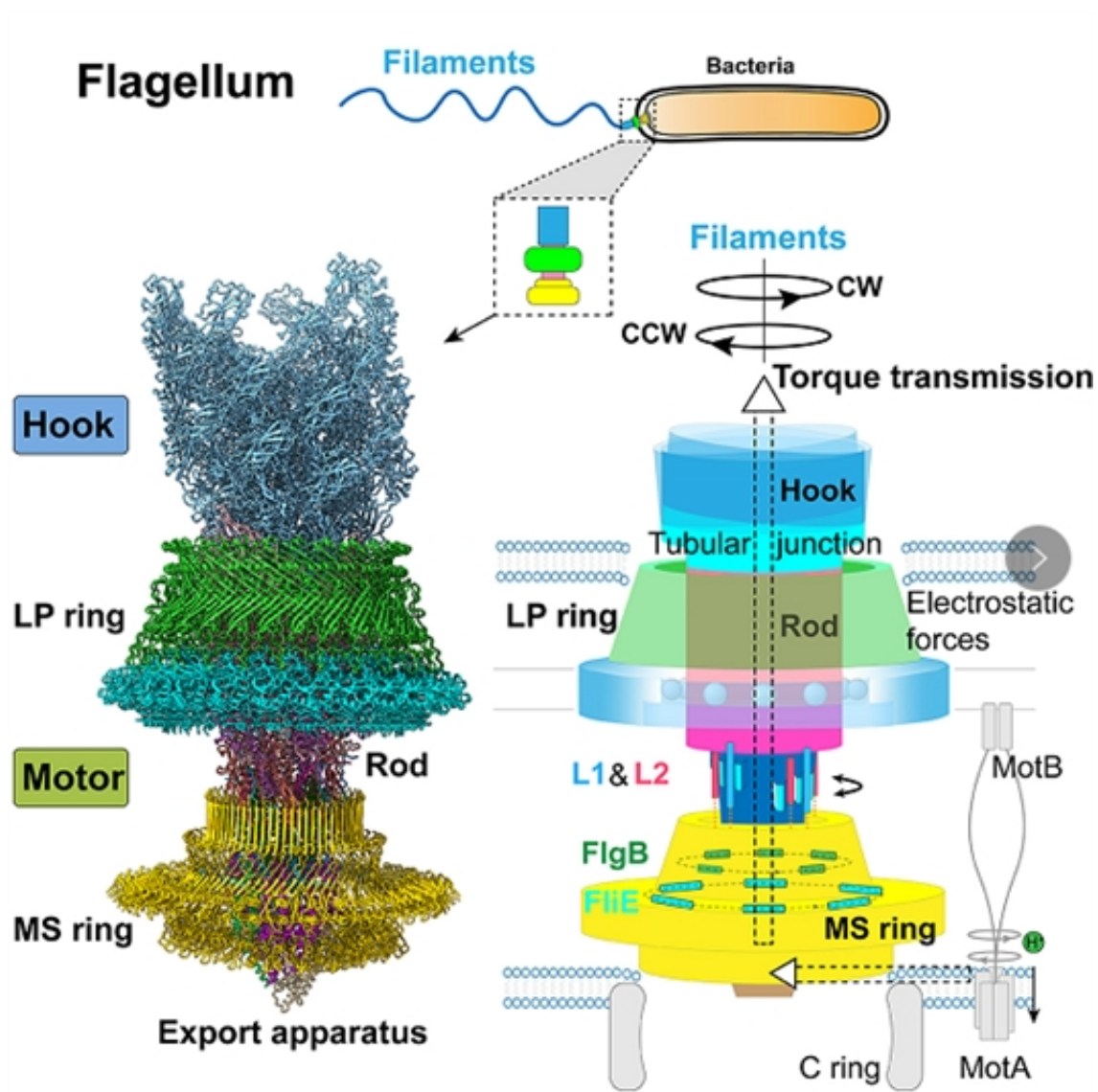
# 科学家揭开病原菌“飞毛腿”的奥秘

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/13591.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！

科学家揭开病原菌“飞毛腿”的奥秘。



---

## 鞭毛马达结构（左）及其工作机制示意图

自17世纪列文虎克第一次观察到能够移动的细菌后，细菌运动能力及其机制引起了科学家的强烈兴趣。细菌是怎么跑得这么快的？它是什么样的跑法？一连串的疑问盘绕在科学家的脑海里，很多科学家加入这一研究领域，然而很多疑问依然有待解开。

4月20日，《细胞》杂志刊登浙江大学生命科学研究院教授朱永群团队与医学院教授张兴团队合作研究成果，揭示了沙门氏菌鞭毛马达的原子分辨率结构。这是一个6.3兆达尔顿（MDa）的超大复合物，包含了12种不同的蛋白质，总共有175个亚基。通过对鞭毛马达扭矩传输机制的剖析，解开了困惑学界几十年的细菌鞭毛马达工作原理难题，揭开了细菌跑得快的秘密，为抗生素设计提供了新思路。

朱永群表示，这项工作是细菌领域的一个重要突破，之前很多关于鞭毛马达的推论现在被证明是不对的。自然界还有一种分子马达叫ATP合成酶，研究证明鞭毛马达的扭矩传输机制完全不同于ATP合成酶，说明自然界分子马达工作原理的多样性，为更好地了解微观世界的分子发动机奠定了基础。

张兴说，细菌鞭毛是一个精巧复杂的机器，是自然界分子进化的杰作。这项研究通过对鞭毛马达的结构解析，不仅从原子水平揭示了其工作原理，为纳米机器的研究带来积极的启发意义，也为研究这个复杂纳米机器的起源进化提供了可靠的结构信息，为生物进化理论带来新的视角。

细菌与人类等其他生物具有漫长的生物共进化过程，为了避免被人类免疫系统追杀，或者为了成功找到适宜的生存和感染的位置，细菌进化出了快速游动的能力。

细菌这一快速游动的能力是基于一个特殊的运动器官——鞭毛。鞭毛马达旋转并产生动力，通过扭矩传输给接头装置，然后传给鞭毛丝，从而带动鞭毛丝的转动。

鞭毛马达是自然界中最复杂的蛋白质机器之一，它能够每秒钟旋转300-2400圈。世界上70%的细菌都具有鞭毛，之前微生物遗传学家和生物化学家对鞭毛马达进行了大量的研究，对鞭毛马达进行了很多描述，然而其工作原理依然很不清楚。

---

为了解决这一世界难题，我们希望解析它的高分辨结构。我们碰到的第一个难点就是如何完整地提取鞭毛马达，它太大了。朱永群说。团队经过大量的尝试，通过遗传改造的方法，改变了传统极易破坏结构的酸碱处理法，设计出温和的纯化步骤，最终获得了来源于沙门氏菌的完整的鞭毛马达与接头装置的复合物样品，并与浙江大学冷冻电镜中心主任张兴教授合作，利用300千伏冷冻电镜平台，收集了冷冻电镜数据，首次解析了原子分辨率的鞭毛马达结构。

细菌为什么能跑得那么快？浙大科研人员解析的这个鞭毛马达结构清晰地揭示了其中的奥秘。鞭毛马达含有质子泵，通过转运氢离子，带动质子泵的转动，将化学能转变为机械能，继而将扭矩传给鞭毛马达的内膜环，促使内膜环的转动。

内膜环结构非常特殊，它不仅可以旋转和传输扭矩，而且是整个鞭毛马达的组装底座。

正因为结构的独特性以及各个结构元件之间相互精妙的配合，鞭毛马达能将质子泵转化而来的机械能，毫无损耗地迅速传给鞭毛丝，促进鞭毛丝高速转动。细菌有了如此非凡的风火轮装备，进而得以快速运动。

细菌鞭毛是微生物学课本的基本内容，这项工作终于向人们揭开了其神秘面纱，鞭毛马达工作机制的揭示更具有教科书级别的科学意义。

一位评审专家说，这是一个里程碑的结构研究工作。另一位评审专家表示，这是一件杰出的研究工作，它揭示了细菌鞭毛未知部分的无与伦比的高分辨率精细结构和鞭毛马达工作原理。（来源：中国科学报崔雪芹 柯益能）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1016/j.cell.2021.03.057>

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：朱永群等 来源：《细胞》

---

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