

## 力学所揭示柔性在生物推进中的重要作用

文章来源：力学研究所

发布时间：2014-07-09

【字号：小 中 大】

生物在流体中推进，除了依靠由神经系统控制的主动变形外，还充分利用了推进器官的被动变形。认识这种被动柔性在生物推进中所起的作用，不仅有助于深入理解生物推进的机理，而且有助于仿生水下航行器的设计。

柔性在生物推进中的作用是近期流体力学的研究热点之一。目前，已有的理论、实验和计算均表明，适度的柔性可以提高推进性能。由于生物推进形成的尾迹与推进效率有密切联系，因此关于尾迹的研究也得到了大家的重视。2012年，法国科研人员通过实验发现，柔性可以抑制生物推进中的尾迹发生对称破缺，有助于保持水平的反卡门涡街，从而有利于生物维持较高的推进效率。

近日，中国科学院力学研究所非线性力学国家重点实验室在生物推进中被动柔性作用方面取得了最新研究成果。

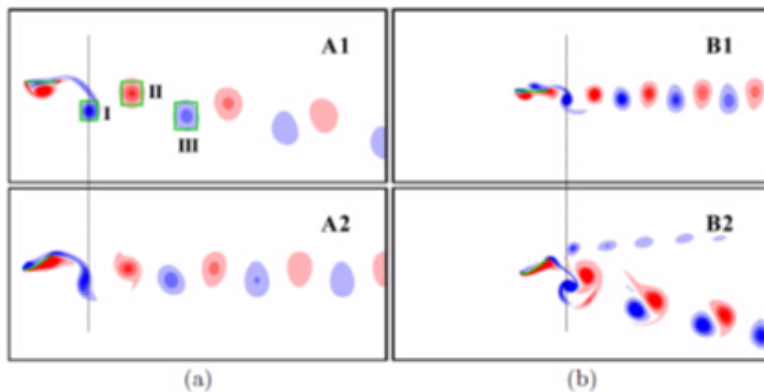
研究人员用数值模拟方法研究了如下的生物推进简化模型：即柔性薄板的一端由垂直简谐振荡驱动，同时在水平方向上自主推进。研究中的流固耦合模拟采用了他们先期工作中自行发展的一套高效可靠的数值方法。模拟结果显示，适度的柔性的确有助于推进速度和推进效率的提升。

他们的研究还发现了一个重要的现象：柔性对自主推进翼型的尾迹对称性具有“双重”作用。他们通过上百个典型案例的数值模拟，研究了不同驱动条件以及不同刚度翼型自主推进时所产生的尾迹。研究表明：在某些驱动条件下，增加柔性有利于尾迹保持对称性，维持水平的反卡门涡街；而在另一些驱动条件下，增加柔性反而会促使尾迹产生自发的对称破缺，形成向上一侧倾斜的反卡门涡街。

这种柔性对尾迹对称性的“双重”作用在生物推进中具有重要的意义。由于对称尾迹对应于高推进效率，而非对称尾迹对应于高机动性，因此，柔性不但可以被生物利用以提高推进效率，还可以用来提高机动性。该项研究的结果为提高仿生水下航行器的推进效率和可操作性提供了重要的理论依据。

相关成果发表在 *Journal of Fluid Mechanics* ([论文链接](#))。关于数值方法的发展与数值模拟的前期工作，参见 *Journal of Fluids Engineering - Transaction of ASME* ([论文链接](#)) 和 *Computers & Fluids* ([论文链接](#))。上述工作由力学所非线性力学国家重点实验室朱晓珏、何国威和张星(通讯作者)合作完成。

该项研究得到了国家自然科学基金委和科技部“973”计划项目的支持。



柔性对尾迹对称性的双重作用。(a) 柔性抑制尾迹的对称破缺(其中A1为刚性情况, A2为柔性情况);

(b) 柔性引发尾迹的对称破缺(其中B1为刚性情况, B2为柔性情况)。图中A1和A2的驱动方式相同且推进速度相等; B1和B2的驱动方式相同且推进速度相等。(a)与(b)的驱动条件和推进速度均不同。

[打印本页](#)

[关闭本页](#)