

猎豹和发卡有关联吗——最快的蝶泳机器人问世

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/20952.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！

猎豹和发卡有关联吗——最快的蝶泳机器人问世。



蝶泳软机器人实物图以及泳姿 (受访者供图)

万物皆有启发，无论是迅疾的猎豹，还是一枚小小的发卡——而正是这两个风马牛不相及的事物，给同一个研究团队先后带来了灵感。

研究过程很美好，但投稿却不太顺利。尽管研究成果遭遇顶刊婉拒，但论文一作赤银鼎并没有感到懊恼和焦虑，反而发出这样的感叹：我很享受研究和投稿的过程。最终，该研究论文11月18日发表在Science Advances上，文章介绍了一款可以蝶泳的软体机器人，并且被Nature亮点报道。

相比目前同类软体机器人每秒最快可以游大约1个身长，我们研制的软体机器人每秒可以游3.74个身长，接近海豚的相对游速，并且游动过程中还很省力。

准备这篇论文的时候，赤银鼎是美国北卡罗莱纳州立大学机械航空系副教授尹杰的博士研究生，尹杰也是论文的通讯作者。如今，赤银鼎正在宾夕法尼亚大学做博士后，继续开展他喜欢的软体机器人研究。

在赤银鼎看来，研究本身的意义远比发顶刊来得重要。对此，他的导师尹杰非常赞同，并告诉《中国科学报》：投稿的过程中我们收到了很多有价值的意见，这有利于我们进一步完善现有的研究。

来自女生发卡的灵感

我们希望研发出像魔鬼鱼一样的软体机器人，不仅游泳速度快，还更节能省力。

尹杰团队先后设计了两种蝶泳机器人：一种注重速度，平均游速可以达到每秒3.74个身长；一种注重灵活性，可以向右或向左快速转弯，平均游速能达到每秒1.7个身长。

当动物在游泳或飞行时，斯特劳哈尔数(评估能量效率的无量纲常数)在0.2~0.4之间时，会出现最佳的推进效能。赤银鼎介绍，我们设计的两款蝶泳机器人的斯特劳哈尔数都在这个范围内。

为什么称其为蝶泳软体机器人呢？秘密武器在于翅膀。

蝶泳软体机器人翅膀的设计灵感来自女生常用的按扣发卡。赤银鼎指出，按动发卡的两个拨片，发出啪嗒一声后，发卡可以跳动到另一个稳定的状态中，软体机器人的翅膀也可以实现这样的双稳态。

我们将模拟发卡的双稳态翅膀附着在柔软的硅胶机身上，通过向机身充入气体可以控制翅膀在两种稳定状态之间切换。赤银鼎描述道，当硅胶机身膨胀和收缩时，软体机器人的身体也会发生弯曲，使得翅膀出现灵活的摆动，就好像蝶泳者在来回拍打水面后向前游动。

以前研发的这类软体机器人大多使用电机直接为机翼提供动力。尹杰说，我们简化了设计，降低了重量，保证其在快速游动时还能更省力。

另外，尹杰团队在蝶泳软体机器人的设计中还采用了两个并排连接的驱动单元，可以操控两侧的机翼，当控制一侧机翼凸跳时，机身就能够进行急转弯。

上一个灵感来自猎豹

大概在两年前，尹杰团队就已研发出一款软体机器人——不仅可以像猎豹一样离地奔跑，也可以轻松抓取物体，还有足够大的力量可以举起重物。

这款软体机器人设计的灵感来自陆地上奔跑速度最快的动物——猎豹。

猎豹可以通过弯曲脊柱来获得速度和力量。尹杰说，我们受此启发，研制的软体机器人可以通过将空气泵入软硅胶机器人的机身，实现在两种稳定状态之间快速切换，让其在几十毫秒内快速存储和释放能量，从而快速对地面施加力实现跑跳。

尹杰团队给软体机器人起了一个名字叫LEAP软体机器人。尹杰介绍，相比当时报道最快的软体机器人能以每秒0.8倍体长的速度在平坦表面上移动，LEAP机器人能在3Hz的低驱动频率下以每秒2.7倍体长的速度实现快速奔跑。

在研究中，尹杰团队还通过鳍的设计，提高了LEAP机器人的游泳速度，使其能够以每秒0.78个身

长的速度游泳。而当时已报道的游泳软体机器人的最快速度是每秒0.7个身长。

在上篇论文中，赤银鼎是第二作者。在那之后，他开始思考能否在原来设计基础上，让软体机器人速度更快、效率更高。

从猎豹到发卡，看似毫不相关，但赤银鼎发现了两者很重要的关联——双稳态。基于此，他做了进一步改进设计，不仅明显提升了软体机器人的游泳速度，还使其可以更高效省力。

不过，尹杰也指出了这两项研究的共同缺陷：我们的软体机器人需要由细长的管子拴住的，这些管子可以将空气泵入机体。未来，我们希望可以研制一款没有牵引、不受束缚的自主机器人。

错失顶刊收获Nature亮点报道

这篇论文的投稿经历可谓一波三折。

最开始我们选择的是机器人领域的顶刊Science Robotics，并且进入送审阶段。虽然审稿人都觉得研究很有意思，并承认设计非常有创新性，但最后还是被拒稿了。尹杰回忆道，后来我们选择投Nature，审稿人觉得我们的驱动设计还有待改进。但好消息是Nature主编非常认可我们的研究，并表示论文发表后可以给予亮点报道。

虽然错失发表领域内顶刊的机会，但赤银鼎并没有很懊恼。他告诉《中国科学报》：投稿的过程让我得到了更多有价值的建议，可以帮助我们更好地改进设计。

一个好的灵感在付诸实现的过程中往往颇具挑战。研究过程中所遇到的困难也让赤银鼎觉得十分有趣：发卡肯定不能游泳，但发卡提供了一个双稳态结构，而且发卡很轻。受此启发，我们对软体机器人的驱动和结构进行设计，尝试了不同的驱动模式、骨架结构以及塑料材料，最后研制出的软体机器人不仅会蝶泳，重量还很轻，仅2.8g。

从设计到投稿，这是一个不断学习提升的过程，所以让我觉得很享受。赤银鼎希望自己可以在这个领域继续深耕。

谈及应用，尹杰透露，蝶泳软体机器人可以克服阻力在水里灵活穿梭，有望用于海面油污清理和富营养化治理，成为环保小帮手。(来源：中国科学报沈春蕾)

相关论文信息：<https://doi.org/10.1126/sciadv.add3788>

作者：尹杰等 来源：《科学进展》

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