
在极小质量下实现多模态运动 微型机器人研究有新进展

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/42269.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！

在极小质量下实现多模态运动 微型机器人研究有新进展。近日，电子科技大学机械与电气工程学院教授汪忠来在《微系统与纳米工程》上发表研究成果，为面向复杂非结构化环境的智能微型机器人提供了一种新的设计范式。

自然界中的昆虫通过复用同一套身体结构和附属肢体，能够灵活穿越空中、陆地和水面等多种复杂环境，这为突破传统机器人单域作业局限提供了重要仿生灵感。然而，在严格的质量约束下，现有多模态微型机器人多采用一个功能对应一个专用驱动器的并行堆叠方案，随着功能增加，系统质量、复杂度和冗余度急剧上升，难以维持亚克级甚至毫克级的昆虫尺度。与此同时，空中、陆地和水面等不同物理介质的主导作用力差异巨大，且水-气界面存在稳定漂浮需要表面张力支撑与受控下潜需要主动破坏界面的固有矛盾，进一步加剧了多模态集成的工程难度。因此，如何在极小质量下实现多模态运动，成为昆虫尺度机器人研究亟待解决的核心难题。

针对上述问题，本研究提出一种基于功能递归策略的仿生多模态微型机器人设计方法，即：用同一个身体做不同的事。首先，突破传统框架的被动支撑定位，将单一H型结构设计 with 形状记忆合金（SMA）人工肌肉相融合，构建主动可重构的结构-驱动一体化核心，使同一物理结构在受控变形下反复承担不同机械角色，而非并行集成独立功能模块。

其次，通过框架的非对称变形调节扑翼传动机制，实现空中开环俯仰、滚转和偏航姿态调控；利用框架的往复弯曲驱动腿部产生各向异性摩擦，实现地面定向爬行与差速转向。同时，通过变形驱动剪纸结构脚垫调控界面间隙与浸润状态，在水面实现基于表面张力的承载增强与电润湿触发受控下潜。进一步，建立耦合毛细-电润湿（CCE）模型，定量预测并调控界面支撑力与下潜行为，并利用不对称扑翼进行水下姿态校正，抑制自由下沉过程中的翻滚，并基于多模态样机开展系统实验验证。

结果表明，在140mg、35mm的极小平台上，该机器人成功实现了空中姿态调控、地面爬行（0.46 BL/s）、水面滑行（6.3 mm/s）以及水面-水下受控潜入等多模态功能，并展现出1.7倍于自重的界面承载能力。

该研究通过功能递归将结构从被动承载转变为主动功能核心，有效缓解了多模态功能拓展与系统微型化之间的根本矛盾，为面向复杂非结构化环境的智能微型机器人提供了一种新的设计范式。

（来源：中国科学报杨晨）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41378-026-01449-0>

作者：汪忠来 来源：《微系统与纳米工程》

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