

# 折纸艺术创造柔软机器人

折纸机器人能上天入海，甚至潜入人体动小手术……它无限的可能性将如何改变未来？《联合早报》记者向新加坡国立大学化学与生物工程的陈柏彦助理教授了解折纸机器人的奥妙。

## @科普

卞和 / 报道

bianhe@sph.com.sg

蔡家增 / 摄影 ( 特约 )

折纸 (origami) 的一道道折痕，可以从平淡无奇的平面形状，折叠出活灵活现的三维物体。灵巧的技法能打动人心，而在科学家的眼中，折纸的技艺也能用来设计更具灵活性、压缩性的折纸机器人 (origami robot)。

在刚与柔，硬和软之间，人们偏爱把柔性品质与人性化联系在一起。折纸机器人就属于如今走在科学前沿的软性机器人 (soft robotics) 的范畴。而“软”意味着机器人也可以温柔、灵活、无害。

喜爱折纸艺术，来自新加坡国立大学化学与生物工程的陈柏彦助理教授 (32岁) 正在做相关研究，带领团队研发新材料来制作软性机器人。他也是2019年美国麻省理工学院《技术评论》杂志亚太区35岁以下创新者奖的得奖者之一。

### 可折叠的“消防员”

折纸设计的机器人往往被用在人们难以出入的严酷环境，并且具有一定的自主行动能力来完成指令。

陈柏彦团队的机器人参考了传统折纸中的风箱 (bellows) 设计，由两条风箱组成，犹如两条腿，左右延展来行动。操作者可以利用无线传输将路线图传达给机器人，而它同时也具备防火、自行加热和检测功能等等。

折纸机器人的技术瓶颈是如何在重量和功能上做取舍。机器人是否能够在一些复杂而狭窄的空间里游走？它们是否能够抵御恶劣的环境？在这些问题上，科学家常常要从材料本身来找答案。

陈柏彦团队为此研发了一种以金属与碳材料制造的材料，而金属本身的特质就是防火、导热、导电，在此基础上也能设计无线传输等功能，这才让机器人的功能性强，而且柔软、轻便。

陈柏彦的哥哥是一名消防员，在出入火场时最大的挑战就是越过重重障碍物搜寻生还者。这让他想到机器人可以应用在火场搜救的场景，尤其是投放在那些难以进入的狭小空间。因为风箱的折纸结构具有很长的延展性，直线轴长也可以根据需要设计长度，机器人可以帮助消防员打通搜救道路，同时也能实时探测周围环境，帮助消防员更快地展开搜救。

### 自然科学里的折纸艺术

人们或许以为折纸古艺只是一种美学，但它不只是一门艺术，也是一门科学。由折痕形成的微结构 (microstructure) 其实都含有数学计算，这让曾经当



参考传统折纸中的风箱设计，新加坡国立大学化学与生物工程的陈柏彦助理教授设计的折纸机器人，可以在火场协助救灾。



机器人的风箱折纸结构由两条风箱组成，犹如两条腿，在充气 and 抽气下左右延展来行动。



陈柏彦团队研发了一种以金属与碳材料制造的材料，让机器人防火、导热、导电，并且搭载无线传输等功能，同时也柔软、轻便。

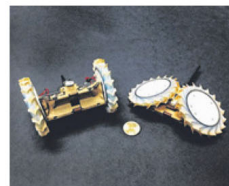
过生态环保的陈柏彦尤其感兴趣，因为在自然界中也能找到类似令人叹为观止的设计。“蜜蜂窝、蚂蚁巢，又或是像凤凰花的羽状叶子，为什么自然界会出现这样的结构？有什么功能？这都让我着迷，而且是生物学的重要课题，所以后来我也开始研究微结构设计、可拉伸电子器件等等。”

来自台湾的陈柏彦在23岁考进美国麻省理工学院攻读化学工程博士，近10年来都在钻研材料科学。他回忆说，三年前他来到新加坡国立大学任职，软性机器人领域当时在本地还不太受关注，其他国家的发展方向专注于机器人的外在设计，而他们的团队则在研发新材料和提高多功能性上寻求突破。

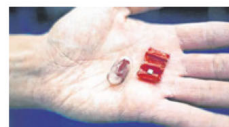
除了折纸机器人，他们也模仿章鱼，设计了一款“章鱼机器人”，它可以在水中游动，采用柔软外皮并涂上了保护膜，可能



美国哈佛大学的研究团队研发了“深海折纸机器人”，帮助科学家探测深海生物。(取自“The Harvard Gazette”)



美国宇航局为了探索火星而在测试一种形似蟹 (Horseshoe Crab) 的可折叠小型“折纸探测车”，用于穿越崎岖不平的山路。(取自“Wired”)



美国麻省理工学院的科学家研发了一种药片大小的折纸机器人，它在服用后，可以在病患体内做简单的修复手术、清除异物等。(取自“Forbes”)

的用途包括用在检测化学液体泄漏及军事上的海洋扫雷作业等。

### 折纸机器人 上天入海入人体

这类机器人是许多人翘首以盼的未来帮手。美国哈佛大学的研究团队就研发了一支“深海折纸机器人”，以折纸设计打造出了可以折叠、聚拢的探测器，

操作起来就像五片花瓣一样同时开合。由于采用柔软的硅材料，“深海折纸机器人”可以下潜500至700米的海域，帮助科学家在不伤及深海动物的情况下，捕捉并且检测章鱼、水母等生物的健康状态。在过去，人们几乎无法在深海里安全地与它们接触。

太空领域也对折纸感兴趣，美国宇航局 (NASA) 为了探索火星在测试一种可折叠小型“折纸探测车”，用于穿越崎岖不平的山路。这是一台长类似蟹 (Horseshoe Crab) 的机器人，以两个轮子代步，探测车可以灵活地变成扁平状态行动，经得住岩石缝隙里的挤压，也不怕摔。探测车上能搭载小型显微镜，用来检测途经过的土壤。火星上崎岖的地形很容易让那些价值上千万的探测车出现故障，相比之下，折纸探测车是比较实惠的选择。

在医疗方面，折纸机器人也能够进入人的体内。美国麻省理工学院的科学家研发了一种药片大小的折纸机器人，它可以在结冰后服用，在进入肠胃后融化，伸展开来，为患者做简单的修复手术以及清除异物等。这项技术目前还没有在人体测试，不过科学家们已经为此感到兴奋，因为折纸机器人或许能成为无需开刀的全新医疗方式。

陈柏彦说，折纸机器人拥有上天入海的无限可能性。而在很多方面，机器人的设计也与人体越来越类似，像皮肤一样可以自我保护，调节温度，感知外界，伸缩皱褶。正如以上所见，机器人的柔性构造是向自然生物学习和模仿而来的。拓展机器人的柔性品质，是为了尽量减少对外界以及对操作者的伤害，在这个意义上，折纸为机器人带来了以人为本的思维，在设计功能上更看重人们使用的安全性，而非效率。