



## 1 “半机械蟑螂”来了,突破搜救犬“禁区”

3月28日,缅甸遭遇强震,新加坡救援队携带了一支特殊小队——10只背着特制相机包的“半机械蟑螂”,首次投入实战救灾。

这次参与救援的蟑螂是马达加斯加发声蟑螂,体长大约6厘米,和一般蟑螂不同,它们没有翅膀,不会飞,能发出嘶嘶声,是少数能主动发声的昆虫之一。

每只参与救灾的蟑螂,都背着一个指甲盖大小、仅2.3克重的背包,变身成为半机械蟑螂。

微型“背包”采用柔性电路板与可降解材料,背包内置红外摄像头和温度传感器,用于探测人体热源。

与传统机器人相比,这些“微型士兵”不需要外接电源,也有自主能动性,能深入搜救犬无法抵达的废墟裂缝。

蟑螂的行动,是通过电极来实现的。工作人员通过微电信号来刺激蟑螂的神经和肌肉,引导它们前进。当蟑螂深入

入废墟时,它们背包中的红外传感器,会持续检测周围的热源信息。相关数据通过无线信号实时回传,救援人员判断是否可能存在生命迹象。

这些半机械蟑螂,由新加坡内政科技局(HTX)、南洋理工大学等联合研发。在废墟中,半机械蟑螂群展现出超越传统搜救手段的能力。

“它们钻进了0.3毫米级裂缝!”救援人员展示的视频显示:一只蟑螂在钢筋缝隙中灵活转向,背部热成像仪捕捉到0.3℃温差波动后,将信号传输至指挥车。

“数据链直连指挥部,效率提升了3倍!”蟑螂群携带的温湿度、气体传感器以每秒5组数据回传,生成三维废墟环境模型。救援人员称,该技术使重型机械作业规划时间从6小时压缩至35分钟,避免了二次坍塌风险,成为全球首个昆虫混合机器人参与人道主义救援的里程碑事件。

## 2 “小强救援队”是如何打造的?

派到救援现场的昆虫,为何首选蟑螂?新加坡内政部科技局表示,目前最先进的微型机器人因移动所需的高能耗,运行寿命仅几分钟,不适合持续数小时甚至数天的搜救任务,而蟑螂体型小巧,可钻进狭窄缝隙,且生命力顽强,仅靠胡萝卜和水即可维持生存。

“小强救援队”是如何打造的?新加坡南洋理工大学实验室经过十年攻关,将昆虫本能与机器人技术结合变成现实。

其实,研究人员并未对蟑螂进行侵入性神经改造,只是通过模拟自然神经信号进行行为引导,保留了其自主活动能力,它们的生理周期与自然个体相近。

蟑螂背部的“电子背包”仅重2.3克,却集成三项核心技术。“神经劫持”精准控制:通过植入蟑螂触角与尾须的柔性电极,以0.1毫安微电流模拟神经信号,控制蟑螂转向与行进速度,精度可达0.5毫米。

“光合充电”永续续航:蟑螂腹部贴附的钙钛矿太阳能薄膜,在灾区微光环境下,可输出

15毫瓦电力,能支持设备连续工作72小时。

“虫群AI”自主决策:搭载边缘计算芯片的蟑螂群,采用“去中心化群体导航算法”,可自主分配探测区域,发现热源后,可生成最优救援路径,成功避开障碍物,无需人工干预。

研究团队还打造了“旅游团启发控制”算法,模仿游客跟随导游的行为,由一只蟑螂担任领队,其余成员根据邻近个体,动态调整路径,形成自然避让机制,显著减少群体纠缠。

不过,专家坦言,灾区建筑结构的复杂程度,远超实验室模拟环境,导致“通用算法”适用性受限。

例如,倒塌建筑内钢筋密度比模拟环境高40%,蟑螂背包触角传感器多次被金属碎屑卡阻。强磁场环境下,蟑螂群定位误差率从实验室的8.7%升至15%,此外,高温与震动,还导致几只蟑螂短暂“迷航”。

不过,“小强救援队”的初次实战,仍为后续任务执行提供了宝贵经验。

## 3 “改造昆虫”是否越过伦理红线?

尽管半机械蟑螂被标榜为“生物友好”,但其应用仍引发伦理讨论:人类是否将昆虫视为纯粹的工具?研究者强调,对蟑螂的控制过程无痛感且遵循伦理审查,但公众对非人类生命的“雇佣”仍存有疑虑。

国际善待动物组织(PETA)亚洲区负责人谴责称,电信号会干扰昆虫神经系统,可能引发不可逆的伤害。

对此,新加坡内政科技局解释称,蟑螂救援队执行完任务

后,存活率达到97%,证明了生物友好性,且背上的电子元件可生物降解,“比使用搜救犬更安全。”

对比数据显示,缅甸震区搜救犬死亡率高达12%,而半机械蟑螂因“去中心化”设计,单只个体失效,并不影响整体任务。

此外,“电子背包”与昆虫神经系统通过非侵入性电极连接,断电后10秒内,蟑螂可恢复自主运动。还有生物监控实时监测蟑螂心率与代谢水平,超限阈值会自动触发设备休眠。



## 4 生物混合机器人开启打工新纪元

目前,多个国家已开始研发像“半机械蟑螂”一样的生物混合机器人。

我国清华大学团队开发了一款像蚂蚁的微型机器人,身体由多个联通的微型零件构成,具有高度的灵活性和可控性。

在工业领域,蚂蚁机器人可以在狭小空间内进行各种加工、装配和检测工作。在医疗领域,它们可以在人体内进行微创手术,或者用于治疗癌症等疾病。

蟑螂虽然让人头皮发麻,却拥有惊人的生命力和速度。北航科研团队借鉴这种特性,研发出一款硬币大小的仿生机器人,仅重200毫克,可实现蓝牙遥控,它能在负载电池的情况下,每秒前进37厘米,空载时速度更是飙到45厘米,堪称“机器人界的百米飞人”!

2022年,日本一家研究所将电子设备植入真正的蟑螂体内,使其成为能够远程操控的半机械蟑螂。研究人员将4微米厚的超薄太阳能电池板贴于蟑螂腹部,既能实现远程充电续航,也不影响蟑螂的灵活性。由

于半机械蟑螂拥有在辐射条件下存活的极强生命力,因此可在极端环境下作业,完成人力难以胜任的搜救工作。

超薄太阳能电池的设计,也可以应用在其他昆虫身上,甚至有可能打造出一支由人类控制的昆虫机器人大军,其中甲虫和蝉便是潜在的候选者。

除了陆生动物,研究人员还致力于让水母等海洋动物也来打工。加州理工学院的研究人员通过在水母体内植入电子起搏器,控制其游动速度。这样他们可以用水母来采集海洋各种数据,比如温度、盐度等。

联合国减灾署在《2030灾害科技路线图》中指出,生物混合机器人技术,将在十年内覆盖全球30%的灾害响应体系,尤其在核泄漏、火山喷发等极端场景中发挥不可替代作用。

未来,或许会有更多种类的半机械昆虫加入救援,科研队伍,执行不同任务。



■知多一点

6600万年前,当被称为“奇克苏鲁伯”的小行星从太空坠落并撞向地球时,蟑螂就已经存在。

这次撞击引发一场大地震,科学家认为它还引发了距离撞击地点数千英里的火山爆发。地球上四分之三的植物和动物都因此灭绝,包括大多数恐龙。为何不起眼的蟑螂却好好地生存下来?

### 蟑螂生命力为何如此强悍

事实证明,它们的“装备”很好,可以在灾难中求生存。蟑螂的身体非常扁平,这使得它们几乎可以藏身在任何地方,帮助它们在大撞击事件中幸存下来。

当流星撞击时,地球表面的温度急剧上升。许多动物无处可逃,但蟑螂可以在微小的土壤缝隙中躲避,这为它们提供了很好的隔热保护。

撞击引发了一连串影响,掀起大量灰尘,使天空变暗。随着暗度降低,气温骤降。由于阳光不足,幸存的植物难以生长,许多依赖这些植物的其他生物体也没能活下来。

不过,蟑螂不是它们。与一些喜欢吃特定植物的昆虫不同,蟑螂是杂食性“清道夫”。这意味着它们会吃大多数动物或植物,以及纸板、衣服等。

另一个原因是,蟑螂会将它们的卵产在小小的保护壳里。这些壳很硬,可以保护里面的卵免受损坏以及洪水、干旱等其他威胁,这让它们在漫长的岁月里,无论经历何种灾难,仍能好好生存,可见其“小强”的名号所言非虚。

### 首批太空生物也是蟑螂

科学家还曾把蟑螂送上太空,结果它们变得更健壮、生长速度更快。2007年10月底,俄罗斯科研人员宣布,一只雌性蟑螂在为期12天的太空之旅中受孕,并在返回地面后成功分娩,生下了33只健康的蟑螂宝宝,世界上首批太空生物就此诞生。

这只雌性蟑螂名为“希望”,2007年9月14日至26日搭乘Foton-M航天器遨游太空期间受孕。

通常小蟑螂刚出生时,外壳透明,随后颜色逐渐加深,但这批太空蟑螂却比普通蟑螂黑得多。

进一步观察发现,这批太空蟑螂更加健壮,生长速度和移动速度,都比地球上的普通蟑螂要快。

蟑螂已生存了3亿多年,和恐龙曾身处同一时代,现在还在污水管道、垃圾场等病原体密集的地方安居乐业,其顽强的生命力绝非偶然。在医学领域,蟑螂亦有造诣。

研究发现,当蟑螂检测到潜在的有害微生物时,它们的身体会产生阻止病原体的蛋白质。在过去十几年里,科学家已成功分离出各种蟑螂产生的抗菌蛋白,并测试了它们对抗链球菌、大肠杆菌、沙门氏菌等细菌感染的能力。打个不恰当的比方,未来,蟑螂还可能是我们“对抗超级细菌所需要的超级细菌”。

当然,研究是研究,生活是生活,蟑螂虽然可能用处不小,但我们也不必喜欢这种阴暗的生物。