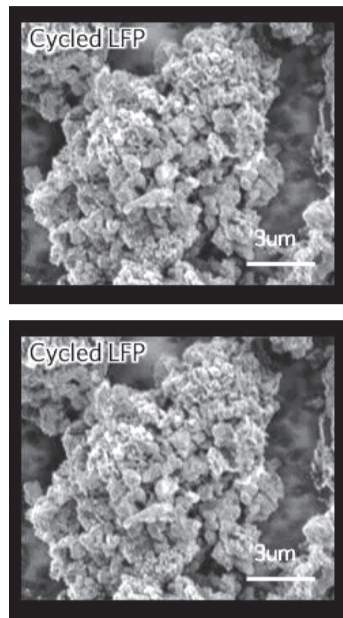


新技术解决 锂电池 回收难题



用过的 LFP 电极回收前(上)和处理后(下)的扫描电镜照片。

锂电池回收面临的一个难题，就是材料本身成本低廉，而回收过程成本不低。一种让用过的阴极材料恢复至初始状态的新型处理技术能够进一步节省锂离子电池的回收成本。该技术由加利福尼亚大学圣迭戈分校 (University of California San Diego) 的纳米工程师们研发，比当前使用的方法更加环境友好。它使用更加环保的成分，耗能减少了 80% 至 90%，同时温室气体的排放量也降低了 75%。

在 11 月 12 日发表在《焦耳》(Joule) 上的论文中，研究人员详细介绍了这项研究成果。

对于由磷酸铁锂 (简称 LFP) 制成的阴极，该处理技术效果尤为理想。磷酸铁锂阴极电池比其他锂离子电池成本更低，因为它们不使用贵金属材料，比如钴或者镍。磷酸铁锂电池的使用寿命也更长久、更安全。它们广泛用于电动工具、电动公交车和电网。特斯拉 Model 3 也选择了磷酸铁锂电池。

“鉴于上述优点，磷酸铁锂电池将比市场上其他锂离子电池更具竞争优势。” UC 圣迭戈分校的纳米工程学教授 Zheng Chen 讲道。那存在什么问题吗？“这种电池的回收成本效益不高。” Chen 说，“它处在和塑料一样的两难境地——材料本身很廉价，但回收再利用的方法可并不便宜。”

Chen 及其团队所研发的新型回收处理技术能够降低这些成本。该技术能在低温 (60 至 80 摄氏度) 和环境压力下工作，因而比其他方法耗电更少。此外，它使用的化学物质，比如锂盐、氮、水和柠檬酸，都很便宜且性质温和。该研究的第一作者，在 Chen 实验室担任博士后研究员的 Panpan Xu 说：“再利用处理的整个过程在非常安全的条件下进行，所以我们无需任何特殊的安全预防措施或特殊设备。这也就是我们电池回收成本低的原因。”

首先，研究人员重复循环使用磷酸铁锂电池，直到电池失去一半的储能容量。随后，他们把电池拆解开，收集其中的阴极粉末，将其浸泡在含有锂盐和柠檬酸的溶液中。接下来，他们用水洗净溶液，等粉末干透后再加热。

研究人员用这些粉末制成新的阴极，在纽扣电池 (coin cell) 和软包电池 (pouch cell) 中都进行了检测。它们的电化学性能、化学组成和结构都完全恢复至初始状态。

随着电池不断地循环使用，阴极会经历两个重要的结构变化，导致其性能下降。首先是锂离子的丧失，这会在阴极结构中形成空腔。其次，当晶体结构中的铁离子和锂离子交换位置时，会发生另一种结构变化。这种变化一旦发生，离子的位置就无法再轻易切换回来，所以锂离子就会被困住，再也无法在电池内循环。

本研究提出的处理方法首先补充锂离子，让铁离子和锂离子易于切换回原始位点，从而恢复阴极结构。第二步操作通过使用柠檬酸而实现，柠檬酸作为还原剂发挥作用，可向另一物质提供电子。它将电子转移至铁离子，减少其携带的正电荷。这样可以最大程度地降低电子排斥力，防止铁离子移动到晶体结构中的原始位点，同时将锂离子释放回循环中。

虽然这套回收处理技术的总能耗更低，但研究人员表示，仍需开展进一步的研究，了解收集、运输和处理大量电池等后勤问题。“下一个挑战就是搞清楚如何优化这些后勤过程。” Chen 说，“这将让我们的回收技术向着产业应用更近一步。” (阿金)

内地高校凭磁性球体机器人 首获机器人顶级会议最佳论文奖

凌梓郡

提起机器人，很多人都会直觉地联想到机械状的人形，或者是像波士顿动力的机器狗一般的四足仿生机器人。它们模拟人或者其他动物的肌肉和骨骼结构。其实“机器人”的范畴远远不止于此，电影《超能陆战队》就展示了另外两种对于“机器人”的想象，一个是有柔软皮肤，又会主动安慰人的“大白”；一个是由无数微磁单元组成、任意变形的机器人。

这种类型的机器人叫做模块化自重构机器人 (Modular self-reconfigurable robot, MSRR)。这种机器人属于一种特殊的多机器人系统，由大量同构的机器人模块组成。相比于形态固定的机器人，这类机器人功能多样、可扩展性强、也具有更强的鲁棒性。

“《超能陆战队》里面这个例子，我觉得是 MSRR 最终希望做到的，有点像生物的细胞，几百亿甚至几千亿个小细胞作为单元，组成了一个庞大而且复杂的生命共同体，最终这个共同体能够根据需求自由地改变形状及功能。”香港中文大学 (深圳) 理工学院的梁冠琪接受采访时说。目前，他在该校的机器人与人工智能实验室读博二，导师是实验室执行副主任林天麟教授。

前不久，梁冠琪作为第一作者的论文获得了 IEEE 智能机器人与系统国际会议 (IROS) 的机器人机构设计 (Robot Mechanism and Design) 最佳论文奖。获奖的是一种叫做 FreeBOT 的球形机器人系统，它们之间能够通过磁性自由地连接在一起。

组合在一起能够完成远超出个体能力的复杂任务。比如蚂蚁，在遇到个体难以通过的地形时，能够彼此衔接身体，组成桥梁等复杂结构。

FreeBOT 合作完成一些超越个体能力的任务。

磁铁在驱动器的底部，它就会对外壳始终保持磁力，让靠近它的



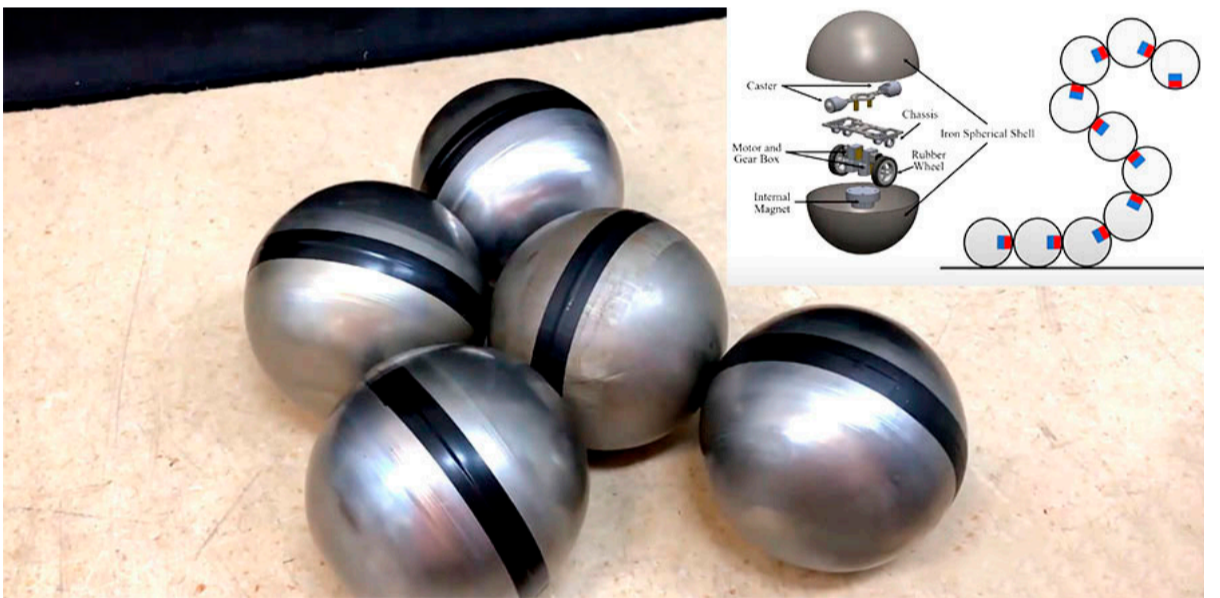
因此，MSRR 机器人设计的一个核心问题是模块间的连接机构。现有的 MSRR 系统的连接方式都存在某些约束，两个模块间需要精确地对准才能连接，并且存在特定的连接面，类似航天器的对接方式。

梁冠琪介绍，在思考 FreeBOT 的设计时，林教授希望能够尽可能地减少对连接的限制，甚至做到能迅速及任意进行连接的效果。现实生活中的巴克球这种智力玩具也给了他们启发。巴克球是一个带磁性的小球，一大群巴克球能自由组合成各种各样的形状。

FreeBOT 也是利用磁力与另一个 FreeBOT 表面上任意一点进行连接，摆脱了传统 MSRR 需

球壳表面具有磁性；同时，磁铁与球壳的内面又非直接接触，而是橡胶轮与球壳内面接触，这样可以通过控制橡胶轮，让磁铁在球壳内部旋转方向。要实现自由迅速的连接，磁铁的选型以及其距离外部铁壳的距离需要恰到好处，梁冠琪介绍，试验中间经历过很多次失败。

磁性会随着距离而衰减，因此要尽可能靠近球壳内壁，但是如果太近，也会出现“太近”的问题。由于磁铁的吸力很大，就直接把小车吸在了球壳上，并且会导致小车形变，就没有办法让小车在球壳内自由运动。”梁冠琪回忆他在实验中得到的经验。获奖论文所展示的是第一代的版本，梁冠琪介绍，他



机器人机构设计最佳论文奖为今年新增奖项，梁冠琪所在的团队因此文为首届获奖者。而除了这篇论文获奖，林天麟团队此次有三篇关于 MSRR 的论文都被 IROS 接收。另外两篇论文的分别研究了系统中单个模块的相对定位，以及作为整个系统的机器人快速重构算法。

连接不受限制的 磁性球体机器人

MSRR 机器人与常见的机器人在形态上有很大的差别，在设计思路上也不同。人形机器人、四足机器人、或者无人机，这些机器人形态固定，在设计时会考虑从某些具体功能出发。

而 MSRR 机器人则是另外一种思路，不针对特定的任务而设计。科学家们希望它能够随着任务和环境的不同，迅速改变自身的构型，从而实现更广泛的功能。这种思路受到了群居生物启发。群居动物

在特定连接点进行连接的约束。这一性能是如何实现的？FreeBOT 的结构主要分为两部分：外部一个铁磁性球壳，以及内部的驱动器。内部驱动器上有轮子、马达、磁铁等部件。

驱动器像一个小车带着磁铁在球壳内部运动，从而改变 FreeBOT 的重心分布及磁作用力的方向，一方面赋予 FreeBOT 独立移动的能力，另一方面能让 FreeBOT 通过磁力在另一个 FreeBOT 上自由走动。

当驱动器靠近两个圆球的外在接触点时，传导到表面的磁性就能够让两个 FreeBOT 连接在一起。连接或者断开连接只需要 0.5 秒的时间。这样，内部的驱动器，既实现了对单个 FreeBOT 运动的控制，同时也能够控制球外部的磁性传导。

凭借内部的强大磁体，单个的 FreeBOT 就可以爬上具有磁性的斜坡甚至墙面。论文还展示了两个

们目前正在研究结构设计上的细节优化。

林天麟团队 此次三篇文章入选 IROS

林天麟所指导的三篇关于多机器人系统的论文同时入选 IROS，展现了团队在这一方向上的探索。林天麟教授是 IEEE 高级会员，师从中国工程院院士徐扬生教授。他在机器人和自动化系统的研发方面拥有丰富的成果，大部分论文均发表于机器人和自动化领域的顶级国际期刊及国际会议，如 T-RO, JFR, T-MECH, ICRA 和 IROS 等。除了模块化机器人系统，软体机器人、多机器人系统、人机协作都是团队的研究方向。

他也是深圳市人工智能与机器人研究院 (AIRS) 的成员。这个研究院依托于香港中文大学 (深圳)，是深圳市政府设立的十大基础研究机构之一。

此次入选 IROS 的另外两篇论

文，分别研究了系统中单个机器人的相对定位，以及作为整个系统的机器人快速重构算法。系统中单个机器人的相对定位是指，系统中任意一部机器人实时确定出其他机器人相对于自身的位置和方位。这是一个由多个机器人组成的系统正常工作的前提。

整个系统的快速重构算法则是帮助一个机器人系统识别环境并且改变整体构型。比如多个 FreeBOT 组成的机器人系统，需要能够根据路面情况的不同，连续调整队形，持续前进。

针对这个问题，一篇论文进行了算法设计。在仿真实验中，一个 FreeBOT 系统能够快速适应复杂的表面，通过“变换队形”上台阶，翻越障碍物。

用 MSRR 进行 非结构化环境探索

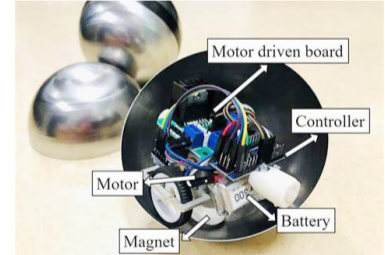
《超能陆战队》中，小宏设计的微磁机器人系统能够组成一只巨大的手掌，并做出招手的姿势。这样一个动作看起来简单，在设计上却非常困难。“这要求最下面的模块，能够提供这样一个自由度，这里面就有物理学上的瓶颈。”梁冠琪介绍。

这是长远的目标。不过短期内，科学家们希望 MSRR 能够帮助人类进行非结构的环境探索，尤其是地震、火灾等环境中完成探索、越障、抓取等任务。如在灾后的废墟现场。现在也有一些探测环境的机器人，比如蛇形机器人可以探索一些狭窄的缝隙，不过遇到断桥或者高楼这样的结构，运动依旧会受限，而一个 MSRR 机器人就能够更灵活地适应各种地形。

假设灾后现场有一个很小的隧道，而生还者在隧道的另一头，这时候机械臂的功能无法施展，MSRR 就可以用小模块的方式通过隧道，到另一端重新构型，并且实现机械臂的功能。

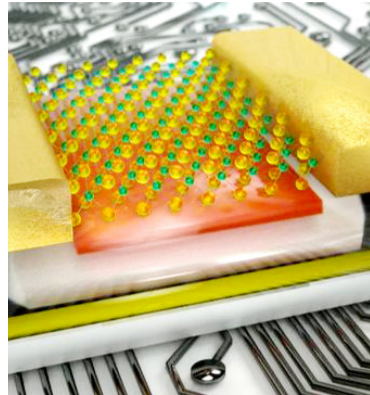
要实现这样的功能，就需要比较大规模的系统。梁冠琪介绍，梁冠琪团队，目前 FreeBOT 只是验证了一种能够实现迅速并任意连接的机构设计。

而未来，团队希望能够在机器人上部署传感器及控制器，使其成为分布式的自主系统。此外，当更多的 FreeBOT 构成一个系统的时候，就需要定位和运动规划的算法指导其移动。更大的系统也对传感器部署、增强 FreeBOT 的机械性能、更长时间的续航提出了更高的要求。



FreeBOT 是梁冠琪科研道路上的第一个作品，在导师手把手的指导下，他开始慢慢领悟如何去设计机器人。他会去留意身边各种会动的东西，观察他们是怎么能动的，比如商场里常见的鼓风机充气玩偶，会受到气流的影响一直摇摆，也有设计成机器人的潜力。“新颖机器人的设计，无非是通过一些新颖的结构和方法为机器人提供自由度。而这些自由度是怎么来的，大自然和日常生活往往会告诉我们一些有趣的答案。”

新型电脑芯片 将逻辑运算和数据存储放在 同一架构中



洛桑联邦理工学院 (EPFL) 的工程师们开发出了一种计算机芯片，它将两种功能——逻辑运算和数据存储结合在一个单一的架构中，为更高效的设备铺平了道路。他们的技术对于依赖人工智能的应用特别有前途。

这是电子领域的重大突破。EPFL 的纳米级电子和结构实验室 (LANES) 的工程师们开发出了新一代电路，可以实现更小、更快、更节能的设备。他们是第一个将二维材料用于所谓的“内存中逻辑”架构，或将逻辑运算与内存功能相结合的单一架构。研究团队的研究成果近日发表在《Nature》杂志上。

到目前为止，计算机芯片的能源效率一直受到它们目前使用的冯·诺依曼架构的限制，数据处理和数据存储发生在两个独立的单元中。这意味着数据必须不断地在两个单元之间传输，耗费了大量的时间和能量。

通过将两个单元合并成一个结构，工程师可以减少这些损失。这就是 EPFL 开发的新芯片背后的理念，不过它比现有的内存中逻辑器件更进一步。EPFL 芯片由 MoS₂ 制成，这是一种由单层二维材料，只有三个原子厚。它是一种优秀的半导体。LANES 的工程师几年前就已经研究了 MoS₂ 的具体特性，发现它特别适合电子应用。现在，该团队将最初的研究进一步推进，创造了他们的下一代技术。

EPFL 芯片是基于浮栅效应晶体管 (FGFET) 的。这些晶体管的优点是可以长时间保持电荷，通常用于相机、智能手机和计算机的闪存系统。MoS₂ 独特的电气特性使其对 FGFET 中存储的电荷特别敏感，这也是 LANES 的工程师们能够开发出既能作为存储单元又能作为可编程晶体管使用的电路的原因。通过使用 MoS₂，他们能够将许多处理功能整合到一个电路中，然后根据需要进行更改。

“电路执行两种功能的这种能力与人类大脑的工作方式类似，神经元既要参与存储记忆，又要进行心理计算。”LANES 的负责人 Andras Kis 说。“我们的电路设计有几个优点。它可以减少与在存储器单元和处理器之间传输数据相关的能量损失，削减计算操作所需的时间，并缩小所需空间。这就为更小、更强大、更节能的设备打开了大门。”

LANES 研究团队还掌握了用二维材料制造电路的更专业知识。“十年前，我们用手工制作了第一块芯片，”Kis 说。“但我们后来开发了一种先进的制造工艺，让我们可以一次性制造 80 个或更多的芯片，并且性能得到很好的控制。” (钱文)

马斯克脑机芯片引发伦理担忧



埃隆·马斯克 (Elon Musk) 旗下脑机接口公司 Neuralink 是众多研发大脑芯片的公司之一，尽管其芯片植入可能即将开始，但专家警告说，植入可能会带来伦理问题。此外，在动物身上进行实验也不道德。

大多数公司在人类身上测试前会首先将芯片植入哺乳动物体内，马斯克在猪身上展示了 Neuralink 的技术。北卡罗来纳州立大学的研究人员最近发表了两篇论文，讨论了这种大脑芯片引发的伦理问题，

重点是芯片如何提高认知能力。

这两篇论文的主要作者、北卡罗来纳州立大学的研究生艾伦·科恩说：“当患者接受人工耳蜗植入时，这实际上就是一种脑机接口，有助于改善他们的听力。没有人质疑病人的听力是否真的有问题。同样，认知增强型脑机接口设备也常常被当作类似的治疗工具，帮助病人克服障碍。然而，我们现在听到了更多关于脑机接口设备在治疗应用之外提高认知能力的潜力，但关

于它们的真实性仍存在争论。”

科恩的同事韦利科·杜布列维奇称：“我们认为，这是因为这些脑机接口技术通常被认为是植入型的，这意味着这种设备实际上会对一个人的思想产生永久性或非永久性的改变，甚至是一种延伸。这些不是会消失的药物，它们会永远留在那里。”

马斯克的初创公司目前专注于使用其 Link 芯片来帮助那些患有疾病的人，比如让四肢瘫痪的人能够用大脑控制技术。然而，这

位亿万富翁提到了芯片的其他用途，包括为人脑添加一层超级智能。马斯克在之前接受采访时说：“Neuralink 的目标是有朝一日赋予人类数字人工智能超智能。如果你不能打败他们，那就加入他们吧！”

除了对真实性的担忧，该团队还提出了在动物身上测试这些技术的问题。他们说：“在使用动物测试侵入性脑机接口技术时，也没有充分讨论与伦理相关的问题。毕竟，这些都是外科手术。” (航柯)