
继人造分子泵后，电动分子马达再获新突破

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/21565.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！

继人造分子泵后，电动分子马达再获新突破。

北京时间2023年1月12日，美国西北大学的诺贝尔化学奖得主J. Fraser Stoddart教授研究团队与缅因大学Dean Astumian教授团队和加州理工大学William Goddard教授团队等合作，在Nature期刊上发表了一篇题为An electric molecular motor的新研究。

该研究报道了首例基于机械互锁结构的电动分子马达，实现了在分子水平上，利用电能驱动两个小分子环围绕一个大分子环的单向旋转运动。该工作为今后创造更为复杂的电力驱动分子机器提供了新思路。

论文第一和通讯作者是张龙博士，共同通讯作者为R. Dean Astumian教授、William A. Goddard III教授和J. Fraser Stoddart教授。

与宏观世界不同，微观和纳米世界充满着无规则的布朗运动。迄今为止，如何实现在分子尺度上的可控单向运动仍是一项艰巨的挑战。为此，在过去的几十年里，化学、物理学和分子纳米技术领域的科学家们一直在努力，制造了一些具有此类功能但结构简单的分子机器。特别是在分子机器获得2016年诺贝尔奖后，这类研究为更多人所重视。正如宏观世界的电动马达对现代社会的影响日益增长(比如当前发展迅速的电动车行业)，人造电动分子马达也有潜力在未来改变人们的生活。虽然目前已经有一些单分子电动马达的例子，但都需要苛刻的操作条件来运行，比如需要用到扫描隧道显微镜以及在超高真空下操作。在这项工作中，Stoddart教授团队设计合成了一种易于制备而且能在溶液中将电能转化为单向运动的分子马达。

这项工作的设计思路是建立在该课题组之前一系列关于氧化还原驱动的人造分子泵(Nat. Nanotechnol. 2015, 10, 547 – 553; Tetrahedron 2017, 73, 4849 – 4857; Science 2020, 368, 1247 – 1253; Chem 2020, 6, 1952 – 1977)的研究基础上。通过氧化还原反应驱动能量棘轮，这类分子泵能将分子环从溶液中泵送到线性的收集链上。该电动马达采用了类似的设计，通过泵来控制两个小分子环围绕大分子环进行单向运动，就如两个钥匙在钥匙圈上单向滑动。值得注意的是，当只有一个小环套在大环上时，小环并不能实现绕环的单向运动。说明两个小环之间的静电作用也是该马达实现单向运动的必要条件。只要持续地输入电能，两个小环就可围绕大环进行连续的单向旋转。

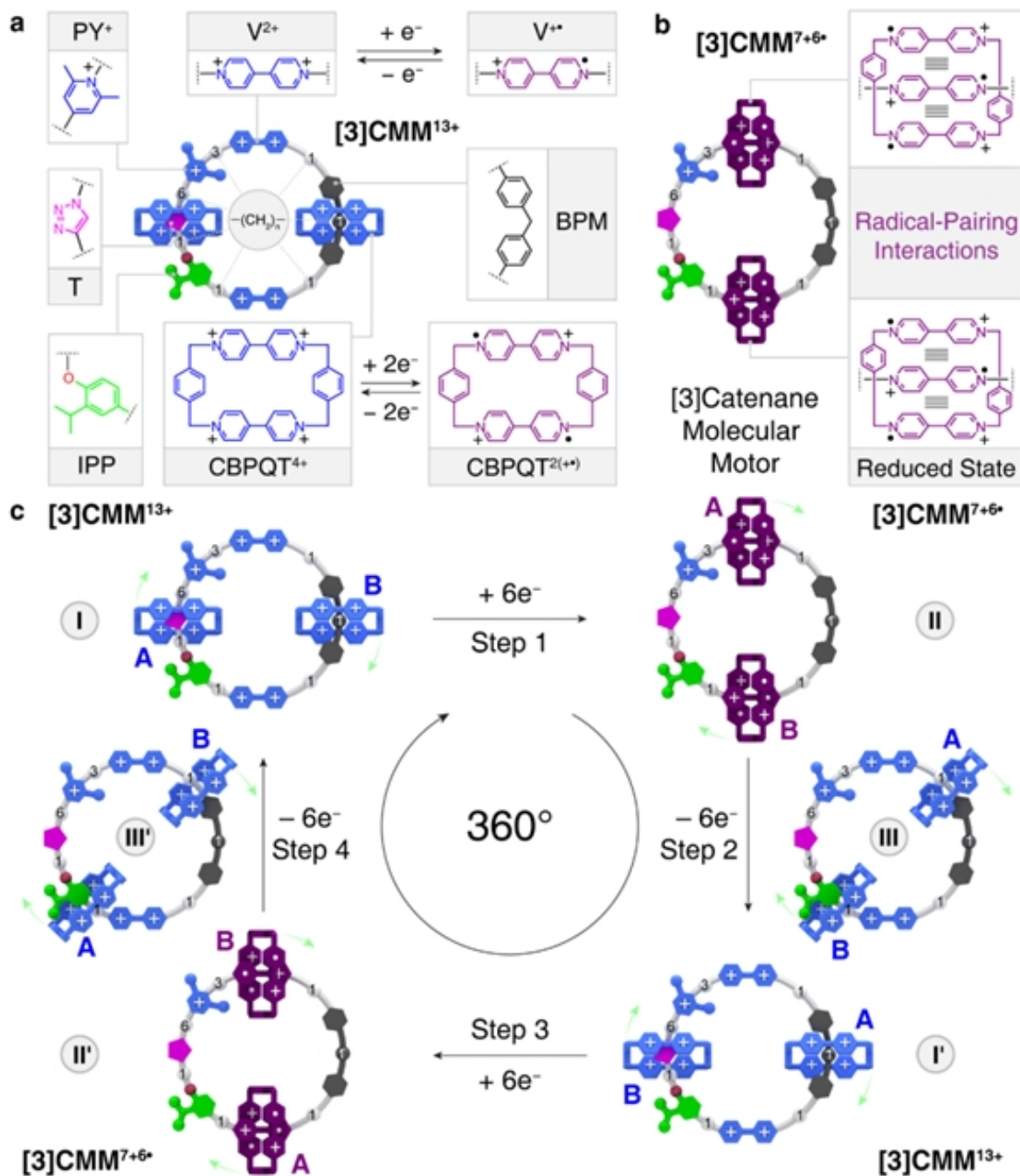


图1：电动分子马达的设计及工作原理

作者通过核磁共振氢谱、可见/近红外光谱、循环伏安法和单晶 X 射线衍射等技术分析表征了电动分子马达在不同氧化还原状态下的结构，同时还展示了如何通过控制电位电解法用电为分子马达提供动力。

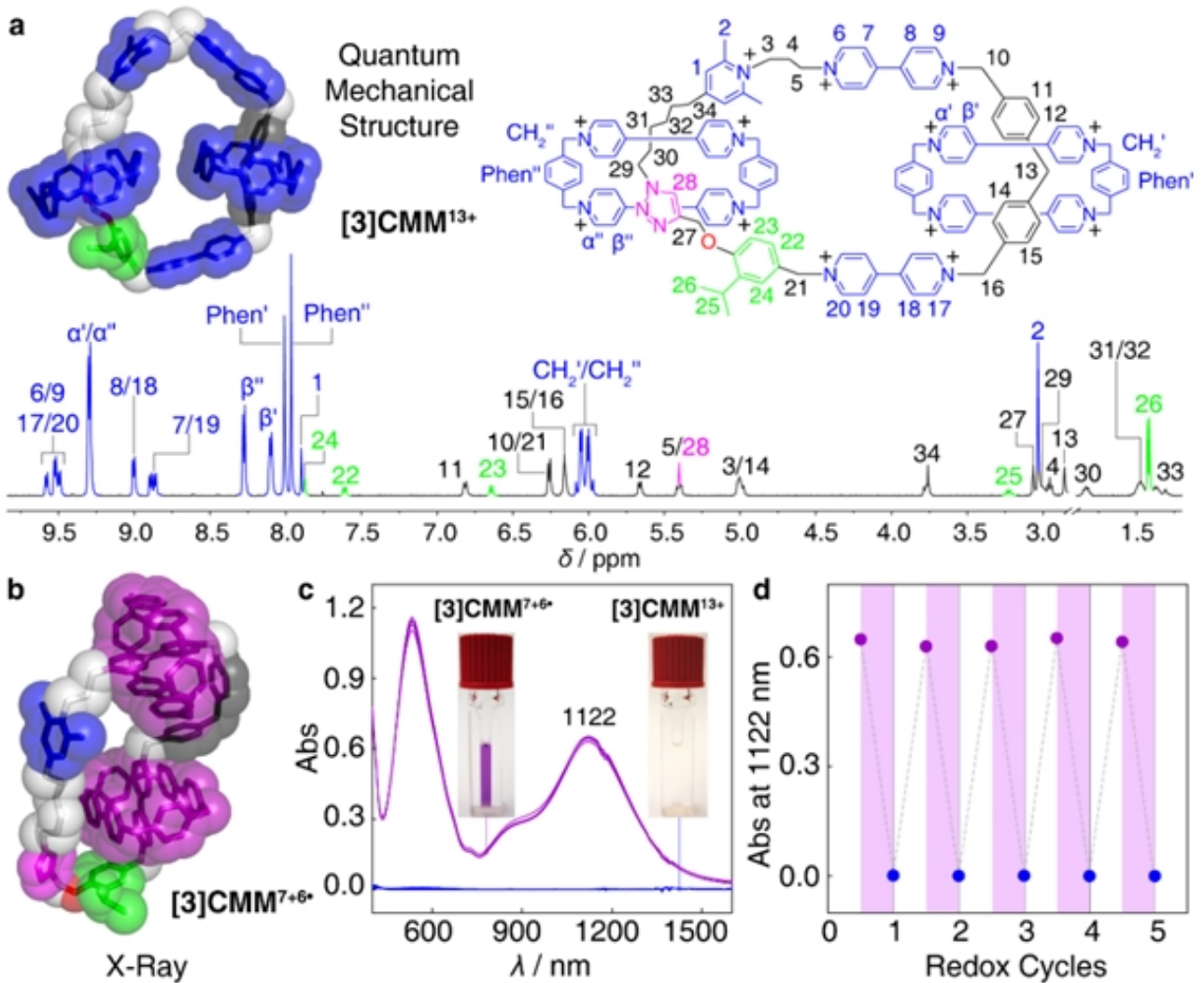


图2：电动分子马达的结构表征

为了研究分子马达的单向性，作者使用同位素标记氘代其中一个小环，以便能够通过核磁共振氢谱来监测一个氧化还原循环前后两个小环的位置，最终确定了该分子马达的单向性为85%，即说明溶液中85%的分子马达的两个小环在一个氧化还原循环后完成180°单向旋转，另外15%的分子马达回到初始状态。在氧化过程中，作者观察到一个亚稳态，证实了两个小环单向运动和之间的相互作用。此外，作者还通过量子力学计算对该马达的运行机理进行了详细的研究。

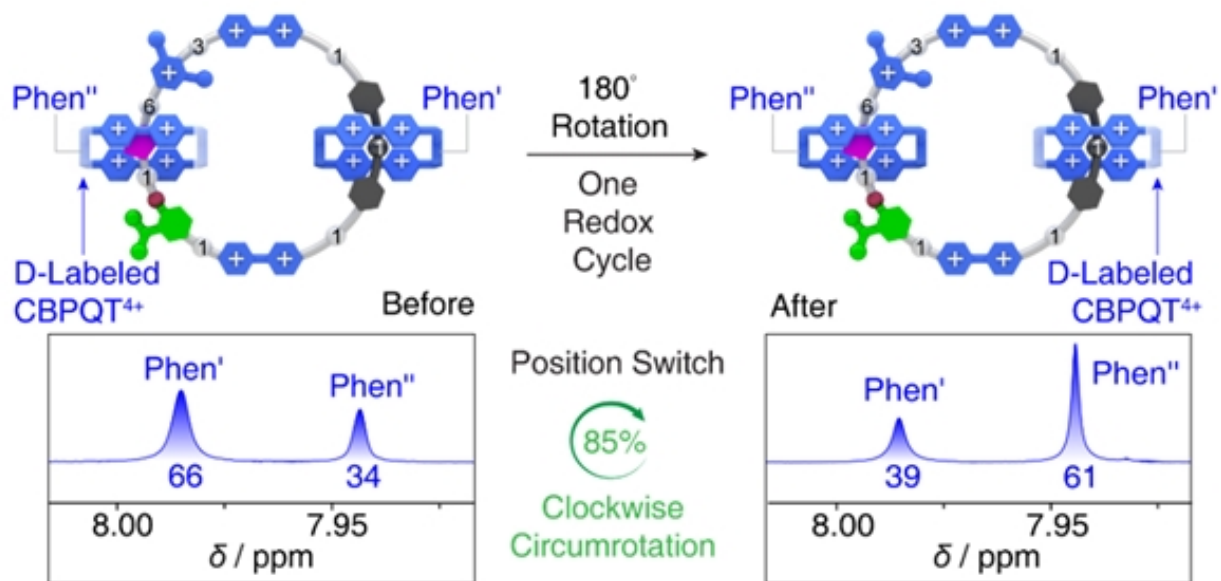


图3：电动分子马达的单向性测定

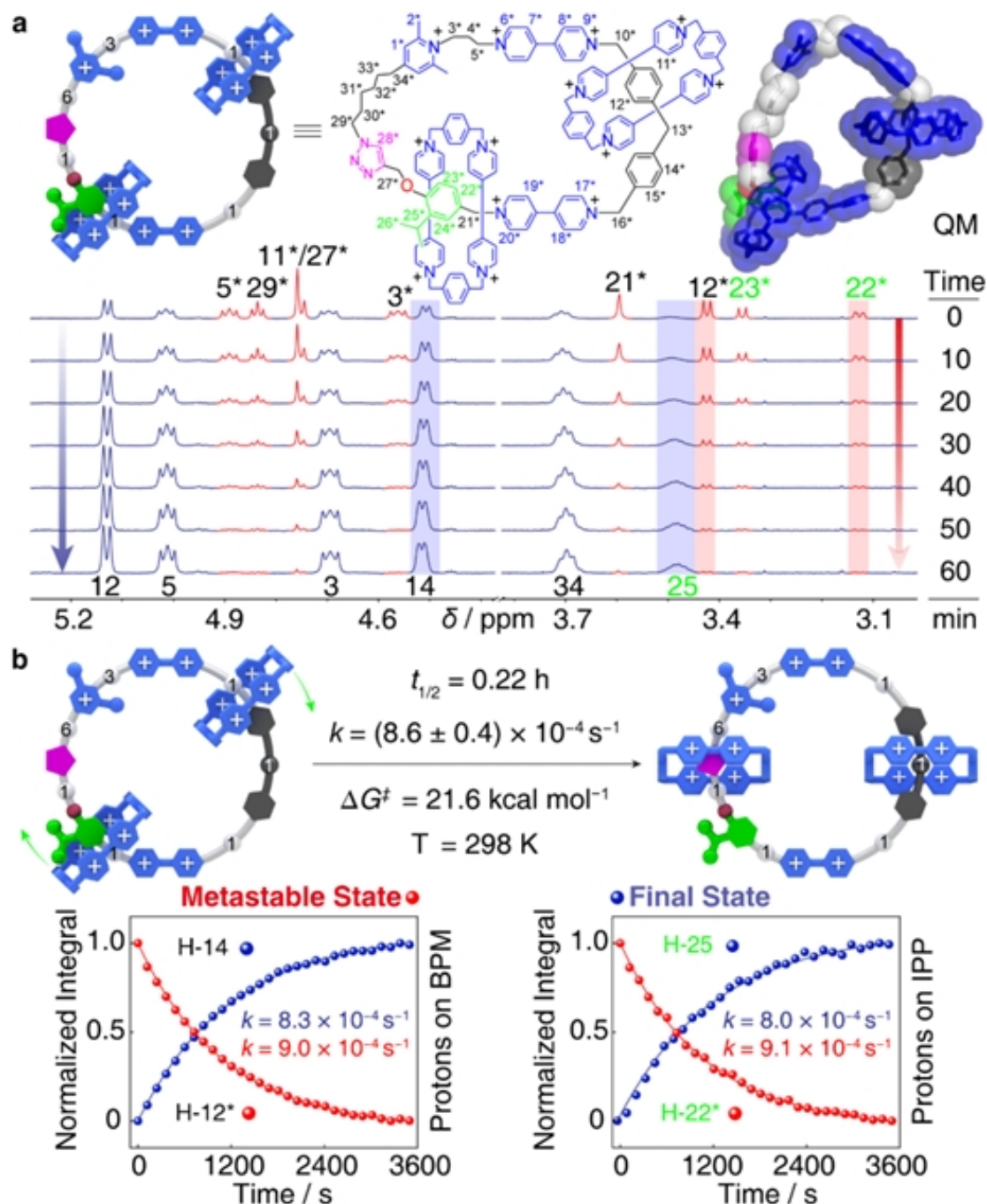


图4：氧化过程中的亚稳态

与宏观电动马达相比，电动分子马达仍处于发展的早期阶段，尤其是在速度和自动化方面。该分子马达的运行需要在一定时间范围内不断切换氧化还原电势，而且循环时间受限于马达分子在溶液中的扩散速率，即从电极表面得失电子的速率。虽然该分子马达实现了单向运动，但其实并没有做有用功，目前所做的仅是克服周围溶液对其相对内部运动的阻力。为了解决这一局限性，下一个目标是将电动分子马达连接到表面。只要对两个小环之一进行化学修饰，使小环能够锚定到电化学电池中的电极表面。这样一来不仅能将氧化还原速率大大提高，还可进一步影响电极表面，最终实现有效工作输出。(来源：科学网)

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41586-022-05421-6>

作者：张龙等 来源：《自然》

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