

物理学家理查德·费曼（Richard Phillips Feynman）就谈到过“在小范围内操纵和控制事物”的问题，其中“小范围”指的就是由一个或几个分子所组成的机器。

二十年后，纳米技术先驱埃里克·德雷克斯勒（Eric Drexler）偶然发现了费曼关于机器讲座的抄本。他在费曼设想的基础上做出了进一步发展，于1981年发表了一篇名为《分子工程》的论文。在文章中，德雷克斯勒提出了通过分子大小的机器在原子尺度上操纵化学过程甚至构建新材料的设想。

再后来，便是三位诺奖得主的工作。首先，索瓦日（Jean-Pierre Sauvage）教授成功合成了一种名为索烃（catenane）的两个互扣的环状分子，这两个分子能够相对移动；随后，斯托达特（Sir J. Fraser Stoddart）教授合成了轮烷（rotaxane），即将一个环状分子套在一个哑铃状的线形分子轴上，且环状分子能围绕这个轴上下移动，并成功实现了上升高度达0.7纳米的“分子电梯”和可以弯折黄金薄片的“分子肌肉”；最后，费林加教授设计并合成分子马达。有了这三种关键部件，分子机器的概念才得以完全构建起来。

对于化学特别是有机化学领域的科研工作者来说，其重要使命就是合成这个世界上不存在的新分子结构，实现新材料功能，同时提供新的科学见解。

费林加说，今天我们深入微观世界，研究“小”的艺术，便是在另一种时空尺度上迎接新的机遇与挑战。

首先，“小”是一切“大”的基础。研究肉眼不可见的微小之物，有助于我们理解世界的运行规律——这

科学研究中，所有的门路都要自己摸索，到底哪里走得通一开始谁都不知道，所以你必须允许犯错，并会从错误中学到知识。

不仅仅是科学家出于好奇心的探索，也是人类追寻世界本源、拓宽认知边界的重要一步。

其次，“小”本身也有独特价值。对“小”的研究可以重塑我们的生活方式。生活在上个世纪的人大概无论如何也想象不到，今天的我们可以把曾经塞满整个房间的电脑捧在手上。正是由于几十年来科学家们不断缩小晶体管尺寸的努力，才有了人类今天交流与获取信息的便捷。

由此可见，如果将机器做到分子尺度，也可能给人类社会带来革命性的改变。当然，建造分子机器所面临的问题与上述领域并不相同——它是化学和物理学科的重大挑战，主要集中于合成化学、分子组装与纳米技术等方面。

费林加设计并合成了一个能定向旋转的分子马达（molecular motor），这个马达可以带动一个比它本身大1万倍的玻璃棒（28微米长）旋转起来，从而完成了分子机器领域研究的关键一环。“一旦在分子层面控制了运动，就为控制其

他各种形式的运动提供了可能。这一研究成果为未来新材料的研发开启了广阔前景。”他说。

目前，这些技术已经用于抗癌新药上，比如，通过光开关来控制抗癌药物的作用，当人体照射红外线时，药物的作用开关就会开启。“未来，我们甚至可以把带有分子马达的纳米机器人注入到人体内，清晰地观测到某个细胞的问题。到那时候，也许只需晒晒太阳，就可以让分子机器把药物精准地递送到那些问题细胞。”

费林加坦言，这些虽然现在听起来还很科幻，但在未来完全可以实现。“基础研究的关键是，我们每个人都必须走出自己的地平线，做出新的发现和创新，向自然寻求灵感。”

通过耦合分子马达，费林加团队还研制出四轮“分子车”。在这辆大小仅有2纳米超微型的车上，分子马达的旋转的力转化成为平移的力，世界上最小的车就这样开动了。

为了造出这辆微型纳米车，费林加和4个学生花了足足8年时间。一开始他们造出来的四轮纳米车，所有轮子往一个方向旋转，车子只能原地打转不能前进。团队花了3年纠正错误。

但费林加不怕犯错，也建议大家千万不要害怕犯错。

“科学研究中，所有的门路都要自己摸索，到底哪里走得通一开始谁都不知道，所以你必须允许犯错，并会从错误中学到知识。”

下图：在这辆大小仅有2纳米超微型的车上，分子马达的旋转的力转化成为平移的力，世界上最小的车就这样开动了。

