

周期搅动将随机取向的骰子有序排列

(北京大学 朱星 编译自 Mark Buchanan. *Physics*, December 1, 2017)

对数千个随机堆放的骰子进行周期旋转搅动可以使其很快变为有序排列，而用常规的摇动方法很难得到这种结果。

如果反复轻敲一个装有弹球或者盐粒等物品的盒子，每敲一次会使它们更加致密。然而，需要经过很长时间，并且采用精心的轻敲顺序才能达到最高的堆积密度。一种新方法可以将放满圆筒的骰子很快达到其最高的堆积密度，即将圆筒反复快速扭转。这提供了快速提高颗粒物质密度的新方法，甚至可用在空间飞行中引力为零的环境中。

颗粒物质在自然界和工业中很常见，如盐粒、建筑业中的砾石、食物或药品制造中的粉末。依靠重力作用、简单的振动或者轻敲方法，可以使颗粒物质随时间变得更加密实，每次摇动可以使颗粒向下填充。工厂中普遍使用这种方法来处理各种粉末或者颗粒。

西班牙 Navarra 大学的 Diego Maza 团队发展了一种新的颗粒物质堆积方法。他们将塑料骰子放入直立的圆筒中，围绕垂直轴向反复扭转。他们发现不但颗粒会逐渐密实，而且扭转方法与轻敲方法产生的效果很不相同。将 25000 个边长为半厘米的骰子倒入圆筒中。然后将圆筒进行扭转，即每秒顺时针和逆时针交替旋转，持续几十万次。这种旋转对骰子施加朝向管壁的作用力，当每个旋转周期改变方向时对整个体系提供周期性的震击。团队用改变旋转速度来调整这种震击的强度。

结果表明，骰子的密堆程度与每次改变方向时旋转的加速度有关。如果加速度达到重力加速度的一半以上($>0.5g$)时，大约经过一万次扭转就可以达到最高堆积密度。此时骰子在圆筒中水平排列，并且每层排成近乎完美的有序同心圆。但是如果加速度 $<0.5g$ ，密堆的速度减慢，而且不清楚是否能够达到最高的密排。甚至于经过十万次扭转后，靠近圆筒中心的骰子仍然是高度无序的。Maza 等人估计需要经过十年

的扭转才会达到最高的堆积密度。

Maza 说，这个结果表明扭转和轻敲对密排过程非常不同。对颗粒体系进行轻敲，即使是一堆立方体，也不会自发达到密度的极值，而停留在中等密度的状态。只有通过所谓“退火”过程，才可能达到更高密度状态，即随着时间变化轻敲逐步更加柔和。然而，通过足够高速的扭转，骰子不用经过退火过程就可以达到致密状态。

德国哥廷根的马普动力学与自组装研究所的统计物理学家 Matthias Schröter 说：“这些实验结果可靠，思路清晰。”他认为使骰子有序的过程会与其他体系有共同点。比如悬浮在液体中的胶体粒子与边界接触时，有可能触发晶体化有序过程。骰子受圆柱壁的影响或许与此相同。

Maza 认为这是合理的解释，并且希望这个方法能够用在某些常规轻敲方法无法实现的场合，比如无重力的情况。Maza 团队正在准备在国际空间站进行试验，测试在微重力条件下颗粒材料的动力学过程。为了能达到目标密度，他们使用运动活塞来模拟轻敲过程。下一步他们准备开展扭转实验。

更多内容详见：K. Asencio et al. *Phys. Rev. Lett.*, 2017, 119: 228002.



将装有 25000 个随机取向骰子的容器(左图)快速地反复扭转(twist)，可以产生右图几乎完美的有序排列。如果采用通常的轻敲(tapping)方法则需要很长时间，并且需要采用“退火(annealing)”工艺