

冰膜覆盖的球体在水中比金属球降落更快

(北京大学 朱星 编译自 Philip Ball. *Physics*, July 24, 2015)

冰覆盖膜能减少物体在水中运动时尾部湍流,使得运动的阻力降低一半。

当冰的温度不是太低时,其表面覆盖一薄层水,因此,物体(如冰刀等)能轻易地在冰面上滑动。目前,一个研究小组发现,冰表面也能帮助冰覆盖物体在水中的运动。他们将球体投入盛水容器中,测量阻力的变化。当与同样尺寸、相同密度的金属或陶瓷球体对照时,覆盖冰的球体所受到的阻力下降。他们发现,冰在表面上的融化现象能够减小球体后部的湍流尾波。这个结果对于理解冰山的移动和船只在冰水中的运动具有重要意义。

当一个物体通过液体的运动速度足够快时,阻力(降低速度的力)是由其湍流尾波的大小决定的。如果这个物体的加速度超过一定阈值,湍流区域会突然变窄,因此减小阻力。这个转折被称为阻力突变点。

为了减小阻力,如在舰船、飞机以及高尔夫球运行中,工程师用各种办法在较低速度上实现阻力突变,如在表面形成凹陷的规则结构或者其他诀窍。沙特阿卜杜拉国王科技大学 Ivan Vakarelski 等人发现了一种新方法实现阻力突变。他们观察到,当一个冰球落入水中时,与固体金属球体相比,阻力的转变会发生在较低速度。这是由于冰的局部融解,在冰表面形成薄层的水。这个团队认为,这个现象不但提供了关于阻力转变物理过程的深入理解,而且会在技术中得到更大的应用。

Vakarelski 说,纯冰构成的球体

会在水面浮起,因此,他们在 -10°C 将直径40 mm的钢球或者碳化钨球外部冻结了10 mm厚的冰,这个技术是从商业化鸡尾酒冰球制作中得到启发。

他们将球体投入2.4 m高的水槽,然后用高速摄影机记录下降过程。作为对比,他们还观察了平均密度相同的钢球或者钢-铝球

的运动速度。

不同密度的球体降落速度不同, Vakarelski 发现每个球体在某个速度时会出现阻力突然降低现象。比较两个阈值时的速度,冰球体的阻力下降了50%以上。这个团队将冰层染色后,可以对球体尾部湍流区域成像。当球体运动速度超过阻力突变阈值时,观察到湍流

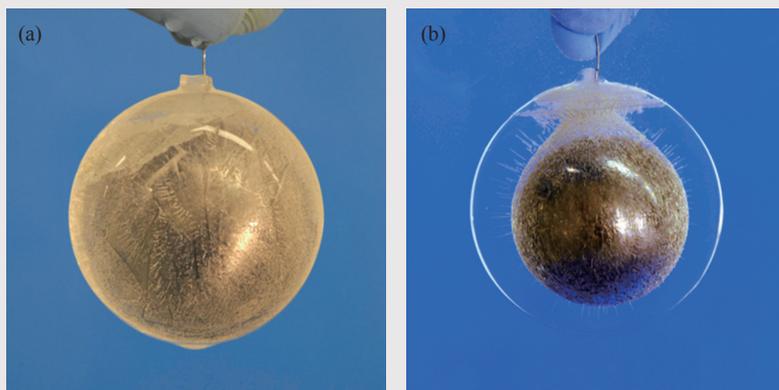


图1 60 mm的冰层—内核球体(内核是40 mm的钢球)(a)浸入水之前的球体,(b)冰球体浸入水中。当球落入水中时,冰表面开始慢慢融化,薄层水与表面形成浸润。内核较重的球体受到阻力小,尾流较窄,因而运动速度比内核轻的球快

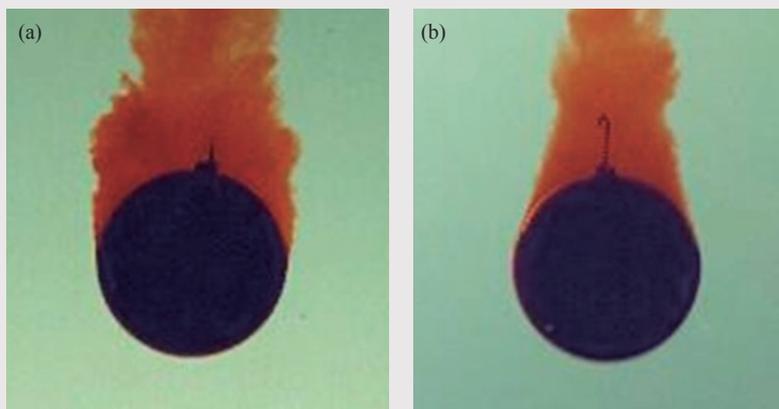


图2 冰覆盖的金属球体下降时的尾波:低速时较宽大(a),而在高速时变得窄细(b),用冰中的红色染料示踪。较窄细的尾波显示运动阻力下降

区突然变窄。

根据表面冰融化层的厚度，研究者计算出低速的阻力突变来自于水从表面层转移到周围液体中。如果将冰球体放入更冷的水中，它们融化将减慢，这个结果说明融化与阻力突变阈值之间的关系。

这种冰的表面融化层产生的效果让人惊喜。Vakarelski说，没有任何先验的理由去预测，水中冰球体的流体动力阻力会与其他固体球有区别，

这是由于表面层与其周围水相同，这与空气中一个固体在冰上的滑动现象不同。但是，这个团队的研究结果显示，这种直觉并不正确。

Vakarelski说，这个结果或许能预测结冰的船体受到的阻力更小，也可以用这个结果模拟漂浮的冰山运动(当气候变暖时这种现象常常出现)。更为一般的是，他说，这个结果展现了在融化和阻力过程中微观与宏观现象的联系。

巴黎高等师范大学的流体动力学专家Lydéric Bocquet说，冰导致的阻力突变现象很重要，也是先前没有想到的。不管这项研究成果有什么实际应用，高速液体流过固体表面的现象仍然是非常神秘的，能对这种现象提供任何新的信息将很重要。

更多内容详见：Ivan U.Vakarelski et al. *Phys. Rev. Lett.*, 2015, 115: 044501。