



第33届夏季奥林匹克运动会上，中国跳水“梦之队”再创佳绩，首次包揽奥运8金。那么，你知道跳水运动员上演的“水花消失术”背后的物理学原理吗？神舟五号载人飞船升空过程中，航天员杨利伟遭遇的26秒惊魂时刻又与其有什么关系？

“水花消失术”

背后的物理学原理

撰文 / 陈光南（中国科学院力学研究所）

水花何处来？

在水池上方，让石子以同一高度自由落下，个头（质量）越大的石子，溅起的水花越大；让同一块石子从不同起落点落下，起落点越高，石子溅起的水花越大。

为什么？这是因为水花由石子撞击水面产生的振动引起，石子起落点与水面的高度差越大，其势能越大，与水面撞击时转化的动能也越大，由此产生的水花和水声也越大。

若将木棒从相同起落点、以不同角度坠入水中，你会发现：木棒垂直入水时，溅起的水花最小，但潜入水下最深；水平入水时，溅起的水花最大，但潜入水下最浅；倾斜入水时的情况介于上述两种情况之间。

这又是为什么？这是因为木棒坠落溅起的水花大小，除了与其携带的能量有关，还与其入水时与水面的接触面积有关。

还有哪些因素影响水花大小？

可是，问题来了：跳水比赛中，两位体重差不多的运动员，都从10米跳台跳下，且采取相同的空中动作，为什么入水时溅起的水花还会有差异？

如果观察仔细你会发现，运动员从高台跳下，产生的水花是有层次的：首先是运动员与水面撞击产生的水花；其次是运动员入水时带入的空气，被水的反作用力推出水面产生的水花；最后是由流速差产生的力激发的水花。

根据流体力学中的伯努利原理，流速快的地方压强小，运动员入水速度越快，其与周围的水流之间的压强差就越大，周围水流涌向运动员入水通道的力度也越大，将其中的水连同形成的气泡挤出水面，形成的水花当然也就越大。

显然，要想减小水花，必须有效控制上述3个层面的水花。那么，跳水运动员是如何做到这些的呢？

练就“水花消失术”的三大秘籍

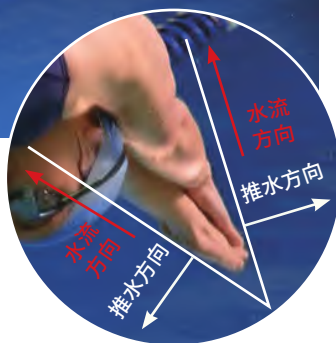


保持入水时与水面的接触面积最小。这样，由于接触面积最小，水面吸收的动能也最小，产生的水花自然就小了。

游泳运动员入水时，双手会合并成楔形，这样阻力小，可以更有效地利用身体携带的动能。但对于跳水运动员来说，为了降低入水速度，运动员需要增大入水阻力，降低其与周围的水流之间的压强差，减小水花。



▶ 游泳运动员入水手势



▶ 跳水运动员入水时的翻掌姿势：将手掌外翻，同时两个大拇指相互紧扣，扩大其与水面的接触面积和阻力，并保持稳定，将其前方的水尽可能地压向深处，从而形成更大的反作用力，达到降低运动员入水速度的目的





▶ 入水时会产生气泡



秘籍三 拐弯“揉”水

入水后，要迅速打开手掌，向四周推动水流，这样不仅可以把带进来的大气泡“切碎”，还可以“切碎”不同阶段中产生的小气泡，减少2次甚至3次水花的生成。

水面受到冲击产生的振动，不仅可以形成我们看得见的水花，还会让我们听到水声。所以，所谓“水花消失术”，其实也可以理解为“水声消失术”。

温馨提示：参加游泳和跳水等水上运动，都要经过专业培训，小朋友们请勿模仿。

需要注意的是，振动不仅可以在水中产生，也可以在其他任何物体中产生。这些物体的振动，有些我们能听见，有些虽然听不见但身体能够感受到它的存在。例如，在神舟五号载人飞船升空过程中，杨利伟就遭遇了这样的物体振动，这又是怎么回事呢？

上面我们讨论的两个问题，一个在水里发生，一个在天上发生。但它们有一个共同点：都是由物体的振动引起的，而所有的振动都是源于能量的转移和变化。

搞懂了上述原理，我们是不是就能轻松“拿捏”水花了呢？

显然不是，懂得道理与熟练掌握之间，仍然存在巨大的鸿沟。除了天分外，跳水运动员们要在多年如一日的训练中，在每一个环节苦练，才能成就超出常人的“水花消失术”。

物理，不仅仅是公式和定理，更是一扇通往未知世界的大门，生活中处处有物理，希望每一位青少年都在其中学会探索和创新。

(责任编辑 / 王佳璇 美术编辑 / 周游)



神舟五号载人飞船上的异常振动

令人窒息的低频共振

2003年10月15日上午9:00, 在长征二号F运载火箭的推动下, 神舟五号载人飞船顺利升空。在离地面约30~40千米时, 飞船中的杨利伟正经受着6个G的压力 (G为重力加速度, 6个G相当于6个人的体重压在一个人身上)。此时, 他忽然感觉周围好像有无数面大鼓在振动, 令他无法呼吸。

后来, 工程技术人员对这一状况进行实况模拟和计算分析, 终于找到了“元凶”: 共振! 即火箭运行过程中产生的小于10赫兹的振动, 通过飞船传递到了杨利伟的身上, 并且与他的部分身体器官 (例如神经系统、肺部和视觉系统, 具体见下表) 产生了共振。

什么是共振呢? 简单来说, 就是一个物体在某个频率下振动, 比在其他频率下振动有更大振幅的情形。一旦产生共振, 物体的振动能量会不断累积, 其振动幅度会因此不断增大, 直至振源停止能量供给, 或物体的固有频率发生改变 (如器官受到了损伤或破坏)。



▶ 杨利伟在返回舱中模拟训练

人体器官固有频率表 (部分)

| | |
|---------|--------------|
| 骨组织 | 1.8 赫兹 |
| 心脏、肌肉组织 | 2.6 ~ 3.4 赫兹 |
| 消化系统 | 4.2 赫兹 |
| 肝、胆、膀胱 | 4.9 赫兹 |
| 肾、性器官 | 4.9 ~ 5.8 赫兹 |
| 甲状腺、支气管 | 6.6 赫兹 |
| 神经系统、肺部 | 7.4 赫兹 |
| 视觉系统 | 8.2 赫兹 |

舱内不时发出的声音

神舟五号飞船舱体内部, 杨利伟座位周围, 各种各样的仪器仪表都是在地面组装完成。在地面上, 它们与舱内的大气压强相同。但升空后, 舱内气压约为地面的50%~70%, 仪器仪表内的空气因此向外膨胀, 从密封相对薄弱的地方挤出, 产生振动。这就是杨利伟不时听到的舱内的声音来源。

诡异的“敲门声”

宇宙飞船通常包括推进舱、返回舱和轨道舱3部分, 总体呈旋转对称形状。在地面制造时, 从选材到工艺, 都要保障飞船各部分受力均匀。但是到太空后, 飞船内外的气压差巨大。理论上讲, 由此在飞船壳体中形成的应力应该是均匀分布的。但由于舱体的材质、厚度以及制造工艺等方面存在差异, 舱体内的应力分布或多或少也存在差异。一旦某个部位的应力超过了该处材料和结构的屈服强度, 就会发生变形并产生振动, 于是形成了杨利伟听到的“敲门声”。