

图片中的物理学

刘东华 李中伟

一、火车站的安全线

火车进站时，乘客要退到安全线后（图1），否则很容易被吸进去。这种现象用伯努利方程解释：同一流线上任意两点压强、速度、高度三个量满足

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gh_1 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gh_2。$$

速度大时，压强小，火车进站或高速运动时，带动火车附近产生强大的气流，使得站台处的压强高于气流处的压强，从而形成压强差，容易将靠近列车的人员吸进轨道，造成意外伤害。



图1 火车站的安全线

下面是胶济线上“子弹头”动车发生的重大事故：2008年1月23日20时48分，北京开往四方（青岛）的D59次动车组列车，运行至济南铁路局管内胶济线安丘至昌邑间时，由于施工人员擅自强行进入作业区线路，正常运行的D59次动车组列车通过时撞倒正在该处进行移动轨道施工的作业人员，发生重大路外交通事故，造成18人死亡，9人受伤。

运行在我国铁路线上的“子弹头”列车时速254km，即每秒行驶56m，“子弹头”经过时掀起的风速极值达20m/s，相当于7级到8级的大风。平时试车时，铁路两旁2m内严禁站人，否则很容易被吸进去，造成伤亡事故。

火车时速200km是什么概念？它意味着平均每秒运行速度为55.5m，用“风驰电掣”来形容一点不为过。100m在我们的视野中看起来不算近，但火车不到两秒就到了面前，我们甚至连眼皮都来不及

眨一下。

二、在风洞中进行实验的汽车与自行车

卡门涡街是流体力学中重要的现象，在自然界中常可遇到，在一定条件下的定常流动绕过某些物体时，物体两侧会周期性地脱落出旋转方向相反、排列规则的双列线涡，随着运动速度的增大，一些涡旋被带走的同时，又有新的涡旋不断产生，从而在物体后面形成被称为“卡门涡街”的涡旋系列（图2）。如水流过桥墩，风吹过高塔、烟囱、电线等都会形成卡门涡街。

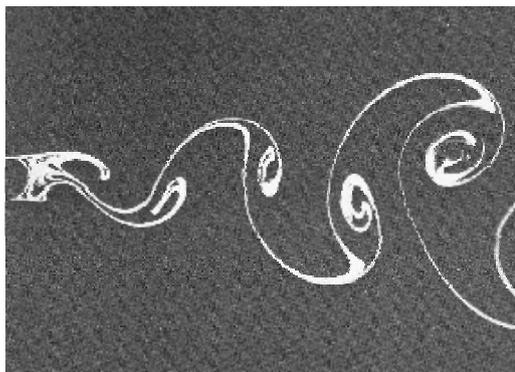


图2 卡门涡街

伴随着涡旋的产生，物体的前后之间产生压强差，出现阻碍物体运动的压差阻力。对于高速运动的物体，涡旋一旦产生，压差阻力将取代黏性摩擦阻力成为阻碍物体运动的主要因素。压差阻力主要取决于流体流到物体的后半段时，能否紧贴物体表面流动。流体脱离物体表面越早，涡旋尾流区越大，压差阻力就越大。物体后段的截面积缓慢减小，压差阻力就越小，所以高速运动的物体都被设计成流线型即能减少涡旋产生的尾部。

在空气动力学实验中，使气流通过筒形管道，观察气流或气流与物体之间相互作用的装置称为风洞，向气流里引入烟来显示流动的技术成为风洞试验中一种标准方法，这种风洞称为烟风洞。汽车与自行车在风洞中进行实验，就是要避免尾部涡旋的产生，减少压差阻力。图3为在风洞中实验的汽车与自行车。

在巴塞罗那奥运会上，英国选手博德曼驾驶着

经过风洞试验的“太空自行车”而获得冠军。它的骨架是用特殊的碳素纤维制作而成，重量还不到9kg，比当时的普通赛车轻三分之一左右，车轮和轮胎的结合密闭平滑，几乎看不到接缝，螺母和螺栓都隐藏在车身内，以减少凸起形成的空气阻力。



图3 汽车与自行车在风洞实验

三、牛奶皇冠

当一滴牛奶落下时，会形成“牛奶皇冠”（图4），这是 Harold Edgeerton 于 1965 年拍摄的，是美国高速摄影学会的标志。但溅起的每个液滴都是球形的，这是表面张力作用的结果。

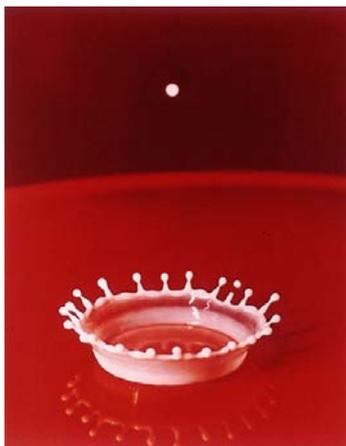


图4 牛奶皇冠

液体有收缩表面面积，减少表面能的趋势，荷叶上的水滴、玻璃上的水银滴等皆成球形，说明液体表面存在着一种收缩力，这种收缩力称为表面张力。表面张力使液滴表面面积最小，当液滴体积一定时，液滴为球形时其表面面积最小。

四、飞机身后的白雾

当波源运动速度 v_s 超过波的速度 u 时，波源将位于波前的前方（图5）。波源在 S_1 位置时发出的波在其后 t 时刻的波阵面为半径等于 ut 的球面，但此时刻波源已前进了 $v_s t$ 的距离到达 S 位置。在整个 t 时间内，波源发出的波的各波前的切面形成一个圆锥面，这个圆锥面称为马赫锥，这种以点波源为顶点的圆锥形的波称为冲击波。

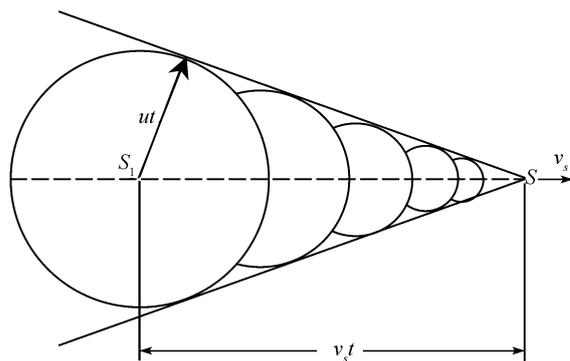


图5 冲击波

锥面就是受扰动的介质与未受扰动介质的分界面，在两侧有着压强、密度和温度的突变。飞机、炮弹等以超音速飞行时，都会在空气中激起冲击波。冲击波面掠过的区域，由于空气压强突然增大使物体遭受损坏（如使玻璃窗碎裂），这种现象称为声暴。冲击波的能量集中在锥面上，能够提供非常大的压力。

图6为超音速飞行器在突破音速（音障）瞬间时拍摄到的照片，声音被甩到了飞机的身后。



图6 飞机突破音障瞬间

声呐技术及其应用

王素红

声呐是利用水中声波对水下目标进行探测、定位和通信的电子设备，是水声学中应用最广泛、最重要的一种装置。它是 SONAR 一词的“义音两顾”的译称，是 Sound Navigation and Ranging（声音导航测距）的缩写。

声呐技术至今已有 100 多年历史，刘易斯·尼克松在 1906 年发明了第一个声呐接收设备，作为探测冰山的一种方法。在第一次世界大战期间，因为需要探测潜水艇，人们对声呐的研究兴趣开始提升。第一个声呐设备是被动式的接收设备，该设备并没有发出信号。在 1918 年，英国和美国都建立了声音传送系统，该系统是有声波发射和接收的声呐设备。声音传感器的发明和有效的声音发射使更先进的声呐形式成为可能。

目前，声呐是各国海军进行水下监视使用的主要技术，用于对水下目标进行探测、分类、定位和跟踪；进行水下通信和导航，保障舰艇、反潜飞机和反潜直升机的战术机动和水中武器的使用。声呐技术还广泛用于鱼雷制导、水雷引信，以及鱼群探测、海洋石油勘探、船舶导航、水下作业、水文测量和海底地质地貌的勘测等。

声呐的结构及工作原理

声波是用来观察和测量物体重要探测手段，尤其是在水中进行观察和测量时，声波更是具有得天独厚的条件。这是由于其他探测手段的作用距离都很短，如光在水中的穿透能力有限，即使在最清澈的海水中，人们也只能看到十几米到几十米内的物体；电磁波在水中又衰减得太快，而且波长越短，损失越大，即使使用大功率的低频电磁波，也只能传播几十米。而声波在水中传播的衰减小得多，在

深海声道中爆炸一个几公斤的炸弹，在两万千米外还可以收到信号，低频的声波可以穿透海底几千米的地层，并且得到地层中的信息。在水中进行测量和观察，至今还没有发现比声波更有效的手段。

声呐装置一般由基阵、电子机柜和辅助设备三部分组成。基阵由水声换能器以一定几何图形排列组合而成，其外形通常为球形、柱形、平板形或线列形，有接收基阵、发射机阵或收发合一基阵。电子机柜一般有发射、接收、显示和控制等分系统。辅助设备包括电源设备、连接电缆、水下接线箱和增音机、与声呐基阵的传动控制相配套的升降、回转、俯仰、收放、拖曳、吊放、投放等装置，以及声呐导流罩等。

换能器是声呐中的重要器件，它是声能与其他形式的能如机械能、电能、磁能等相互转换的装置。换能器的工作原理是利用某些材料在电场或磁场的作用下发生伸缩的压电效应或磁致伸缩效应。发射机制造电信号，经过换能器（一般用压电晶体）把电信号变成声音信号向水中发射。声信号在水中传递时，如果遇到潜艇、水雷、鱼群等目标，就会被反射回来，反射回的声波被换能器接收，又变成电信号，经放大处理，在荧光屏上显示或在耳机中变成声音。如图 1 所示。

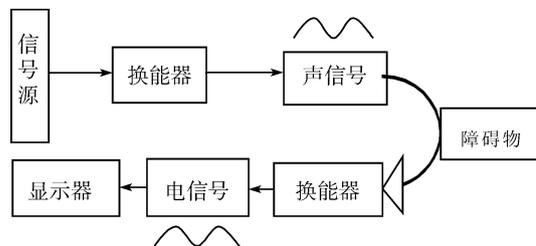


图 1 声呐工作原理图

在这种情况下，高速运动的波源的前方不可能有任何波动产生，所有的波前将被挤压而聚集在一圆锥面上，这种波的能量被高度集中，图中白色的区域实际就是由声波挤压形成的能量高度集中区域，图中的那些雾气，是飞机突破音障时，空气中的水蒸气受

到飞行产生的冲击波影响，瞬间凝结形成的。在飞机突破音速的时候，音障会使飞行器剧烈振动。

（河南新乡医学院物理学教研室 453003）

本文获“我心目中的现代物理”征文优秀奖