

# 饮水鸟中的热力学原理

杨瑞博

饮水鸟是一种古老的中国玩具，外形像只鸟，主体由玻璃制成。鸟的身体是一根玻璃管，鸟头是管上端的一个小球，鸟尾是管下端的一个大球。球内装有液体，管下端浸入液面。密闭的鸟身架在一个类似鸟腿的基座上，头部粘有尖嘴、尾部粘有羽毛。饮水鸟的神奇之处在于，在它面前放杯水，它就会俯下身去，把嘴浸入水中“喝”一口，然后直立起来。可是刚直立一会儿又会俯下身去“喝”一口，然后再次直立起来。饮水鸟就这样不停地点头“喝”水，犹如一台永动机。有人曾将饮水鸟送给爱因斯坦，当他看过并明白其原理后，十分惊叹饮水鸟的设计。因此这个玩具又被叫做“爱因斯坦也吃惊的玩具”。

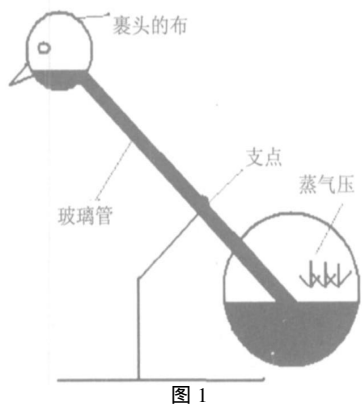


图 1

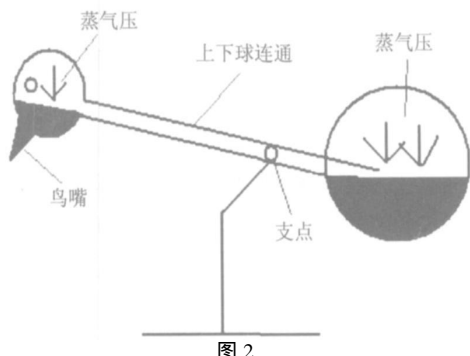


图 2  
工作原理

饮水鸟看上去没有任何外来动力，却能不停地点头“喝”水，难道真是一台永动机？

事实上，它只是一种遵守热力学定律的典型热机。如图 1 所示，饮水鸟的头和躯体分别为两个薄壁玻璃球（以下简称“上球”和“下球”），其间以一根玻璃管连通，内装乙醚液体，构成一个密闭容器。由

于乙醚液体易挥发，因此液面上方充满乙醚的饱和蒸气。鸟头四周包有一层易吸水的布。平时，鸟身略向前倾。启动时给鸟头滴少许水，布上的水在蒸发时大量吸热，使上球内的乙醚饱和蒸气在降温的同时降压，导致下球中的饱和蒸气压大于上球中的气压，下球中的乙醚液体沿玻璃管往上压，于是整个鸟的重心上移，从而打破了支点的平衡状态。鸟身随上升的乙醚液体逐渐前倾，当鸟嘴接触液面时，上下球刚好通过玻璃管连通（如图 2 所示），下球中的部分气体进入上球，两部分气体混合，当上、下球中压强一致时，失去气体压力支持的液体将在自身重力的作用下倒流回下球，饮水鸟的重心再次下移，于是渐渐直立起来，回到初始状态。由于“喝”水时，鸟嘴接触水面，沾湿了裹鸟头的布，于是它又开始“喝”水。

## 热力学原理

分析饮水鸟工作原理，工作过程包括三个阶段：蒸发吸热、对外做功、从外部热源吸收热量。

**蒸发吸热** 处于稳定状态时，上球中的温度为  $T_1$ 、压强为  $p_1$ ，下球中的温度为  $T_2$ 、压强为  $p_2$ 。由于上、下球都和外界大气接触，因此分别和外界大气处于热平衡状态。由热力学第零定律， $T_1 = T_2$ ；由理想气体的状态方程  $pV = nRT$ ，体积不变时上、下球中的压强将分别与温度存在一定的函数关系。而此时饮水鸟的重心刚好落在支点上，所以整个系统处于稳定状态。当鸟头滴上水后，水的蒸发带走上球中的部分热量  $Q_1$ 。

**对外做功** 由热力学公式  $Q_1 = C_v \Delta T$ ，上球的温度  $T_1$  将下降。由于  $p_1$  与  $T_1$  成正比例关系，所以压强  $p_1$  也将下降。于是上、下球间出现压力差，下球中的气体将推动液体做功  $W$ 。所做的功等于液体重力势能的增加量。液体上升又使整个装置重心上移。在重力矩作用下，饮水鸟就会点头“喝”水。

**从外部热源吸收热量** 当鸟头刚刚接触水面时，上、下球的气体正好连通。没有了压力差，液体



# 物理名词溯源——物理学和熵

赵占龙 王永杰



## 物理学 英语里的“物理学”

(physics)一词源于古希腊词语“ $\Phi\upsilon\sigma\iota\kappa\eta$ ”，最早见于亚里士多德的《物理学》一书。“ $\Phi\upsilon\sigma\iota\kappa\eta$ ”这个词由古希腊“ $\Phi\upsilon\sigma\iota\varsigma$ ”(自然)一词演绎而来，被亚里士多德用于指自然哲学。

《物理学》的中文译者张竹明先生指出：这本《物理学》其实是一门以自然界为研究对象的哲学。总之，它不同于现在的物理学，而是涉及整个自然科学，包括现在的物理学、化学、生物学、天文学、地学等等。它只研究自然界的总原理，是自然哲学。由于后来证明《物理学》中所记述的诸多结论都是错误的，所以美国物理学家乔治·伽莫夫(George Gamow)指出：亚里士多德“在物理学领域最重要的贡献也许只是创造了这门科学的名字”。

希腊文“ $\Phi\upsilon\sigma\iota\kappa\eta$ ”被译为拉丁文“*physica*”，后来又转译为英文“*physics*”。“自然哲学”即关于自然界原理的科学，这个意思一直沿用到17世纪。1666年法兰西科学院成立时，研究活动分成数学和物理学两大类，数学包括力学和天文学，物理学则包括化学、植物学、解剖学和生理学等，可见此时物理学涉及的学科仍比较广泛，是广义的自然哲学。1687年牛顿发表三大运动定律时，还是以自然哲学命名，他当时用的拉丁文书名为《自然哲学的数学原理》。

西方近代科学革命之后的1793年，法国皇家科学院出版了《物理学词典》。该书具有全新内涵的物理学概念，不包括任何化学和自然史方面的条目，标志着真正现代意义上基于数学和实验的物理学诞生了。物理学从此发展起来，并成为现代自然科学中

的一个基础学科。

中国“物理”一词的出现可追溯到战国时期，《庄子·知北游》中有“圣人者，原天地之美而达万物之理”。此后该词在各种典籍中屡次出现，其含义和希腊文的“自然哲学”颇为相似，泛指自然万物所具有的规律，同时还包括医药、卜筮、神鬼方术等等。

西方现代意义上的物理学最初引入中国时，并不叫“物理学”。早期的一些翻译著作把物理学译成“格致”“格物”“穷理”“体学”等；有的甚至根据拉丁文 *physica* 音译成“费西卡”“费西伽”等。1879年美国入林乐知将一本作者名为罗斯古的物理书译成汉语，并命名为《格致启蒙》，其中第二卷为格物学；1883年美国传教士丁韪良也将一本物理书译为汉语，名为《格物测算》，另外，1889年、1886年分别出版了《格物入门》和译著《格致小引》。

*physica* 或 *physics* 直接译为“物理学”或“物理”起于何时，至今尚无定论。国内学者最早的“物理学”和“物理”译名都见于本世纪初的教科书。如，1900年中国的王季烈和日本的藤田丰八，将日本人饭盛挺造出版的《物理学》一书译为汉语，这是我国第一本具有现代“*physics*”内容并称为“物理学”的书。1918年商务印书馆出版了陈 编写的《物理学》，这是第一本名为《物理学》的国人“*physics*”著作。此后以物理学或物理为书名逐渐普遍。

## 熵

德国物理学家克劳修斯于1850年提出热力学第二定律的一种表述：热量不能自动地从低温物体传向高温物体。热力学第二定律指出其他一切不可逆过程的共同规律：在一切与热有关的现象中，自发

将在重力作用下倒流回下球，饮水鸟就直立起来。由于蒸发吸热过程带走热量  $Q_1$ ，下球气体又对外做功  $W$ ，因此混合后的气体平均温度会降低。上、下球中的气体将通过热传递吸收来自周围空气中的热量  $Q$ ，使整个装置重新回到最初时的平稳位置，并开始新一轮循环。

通过以上分析可得  $Q = Q_1 + W$ ，这说明饮水鸟并不违背热力学第一定律，只是由于它所消耗的

能量不易察觉，才被误认为永动机。

神奇的饮水鸟充分体现了我国古代劳动人民的聪明才智，为我们提供了利用天然能源的新方法。我们可以将饮水鸟看成一个热机，下球周围的空气是热源，包在鸟头上的湿布是冷源，它通过降温获得温差，而不同于以往热机通过升温获得温差。从能源开发的角度，这一点值得我们借鉴。

(江苏省徐州中国矿业大学理学院 221008)

现代物理知识