

一组与奥运有关的力学知识

杨永和

北京提出申办奥运的三个主题——绿色奥运、人文奥运和科技奥运，可见人们越来越重视科学技术在奥运会中所起的作用。运动和运动器材中蕴含着丰富的力学知识，利用力学知识可以帮助我们认识、分析许多体育项目，并改进动作、革新相关运动器材，以便在体育比赛中取得更好成绩。下面来看几个具体的运动项目和器材。

一、伯努利方程在奥运会中的应用

奥林匹克火炬是奥林匹克圣火的载体，火炬传递是奥林匹克运动会一项非常重要的仪式。从第十一届奥运会开始，每届奥运会都会诞生一支体现主办国家文化特色、符合高科技要求的火炬并成为奥林匹克运动的重要遗产。2008年北京奥运会火炬——祥云，长72厘米、重985克、燃烧时间约15分钟，在零风速下火焰高度25~30厘米，在燃烧稳定性、外界环境适应性方面达到了新的技术高度，能在每小时65千米的强风和每小时50毫米的大雨下保持燃烧，从而保证了火炬的顺利传递。火炬的燃烧过程是燃料与氧气发生剧烈化学反应的过程，因此必须保证氧气充足，燃烧才能保持稳定。

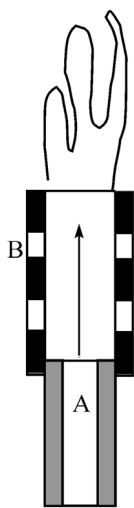


图1

图1为祥云火炬示意图，燃烧腔四周开一定数量的小孔B，这种设计保证了燃烧过程中有足够多

细讨论这个问题，但有一点必须指出，经典物理学里的因果关系，往往是以决定论形式出现的，例如经典力学的决定论关系，即由质点运动在某一时刻的坐标和动量，能精确地知道它在这之前和之后任何时刻的坐标和动量。经典力学的决定论因果关系，在上个世纪末受到混沌理论的质疑，但从现在混沌理论的分析看，并没有否定决定论的模型。真正突破经典模型的是量子力学，微观世界粒子的运动服从统计规律，反映的是一种统计性的因果关系。

罗森堡提出：实际上科学解释如何以及是否回答了我们的说明性问题，是否实际传达了真正满足

的氧气。其原理可用伯努利方程解释：如果用 ρ_A 、 p_A 、 v_A 分别表示细孔A处气体的密度、压强和流速，用 ρ_B 、 p_B 、 v_B



分别表示小孔B处气体的密度、压强和流速，当细孔A喷出燃料，在火炬口燃烧使其周围空气变热，因空气密度变小而迅速上升，所以腔内气流速度 v_A 大于火炬外面的气流速度 v_B 。由伯努利方程 $(1/2)\rho_A v_A^2 + p_A = (1/2)\rho_B v_B^2 + p_B$ ，可知小孔B处的气压大于细孔A处的气压，即腔内气压小于火炬外面的气体压强，腔内外气体产生的压力差把外界空气经B口快速压入燃烧腔，从而保证氧气充足，同时这股气流能使燃料从A口喷入燃烧腔，使燃烧稳定进行。

乒乓球是中国的国球，在国际上有很高地位。女子乒乓球世界排名前10位的运动员中，有5位是中国选手，男子乒乓球前10名中，中国人更是占到6位。在乒乓球比赛中“弧线球”具有很强的进攻性，它旋转着前进，忽上忽下、忽左忽右，轨迹是不规则的曲线，令人捉摸不透，很容易造成对方接球失误，它为什么会产生这样的效果呢？

有经验的运动员都知道如果球拍对乒乓球的作用力方向通过球体重心，球在空中只是做抛体运动，

提问的某种理解力。一个长期占主导地位的看法认为，科学说明是有限的，最终不能令人满意，因为它不可能深入到事物的最底层。这里提到的“不可能”，从负面来评价科学的认知，容易引入“不可知论”，所以我们要正确理解真理的相对性与绝对性的辩证关系。以20世纪物理学追寻大统一理论的进展为例，弱电统一理论的成功，以及弦理论、M理论的提出，向人们展示了科学理论向未知领域进军的历程，还有夸克囚禁、真空破缺、暗物质与暗能量等诸多未解之谜。当然人类的探索之路还很长很长。

(江苏省南京市晓庄学院物理系 210017)

运动过程中球不会发生旋转；如果发球时作用力方向不过球的重心，就会打出“弧线球”，这种球的运动轨迹不规则，但球的偏转方向遵循这样一个规律：如果拍子对球的作用力方向偏上，作用力使球体下部产生了“凹陷”变形而使球体的其余部分发生“凸起”变形，由于球体的形变会对周围空气产生作用，从而改变周围空气的流速，凸起一侧挤压空气流速大，而凹陷一侧空气流速小。因而球体上方气流速度大于球体下方气流速度（用 ρ_A 、 p_A 、 v_A 分别表示A处气体的密度、压强和流速，用 ρ_B 、 p_B 、 v_B 分别表示B处气体的密度、压强和流速）。由伯努利方程 $(1/2)\rho_A v_A^2 + p_A = (1/2)\rho_B v_B^2 + p_B$ 可知A处气体对球的压力小于B处气体对球的压力，所以球在向前运动时受到方向向上的升力 F （图2），由于升力不过重心，所以它将使球旋转，在 F 作用下球一边旋转、一边向上飘动；反之，如果球受到的力方向向下，则球体一边旋转、一边向下飘动。同理，如果球在水平方向受力，球将在水平方向旋转。随着发球时作用力角度的变化，球的偏转方向也会相应变化。球偏转的幅度与球拍对球的作用力大小有关，如果球受到的作用力大，球两侧气体的流速差、气压差就大，偏转的幅度就大；反之，球偏转的就小。

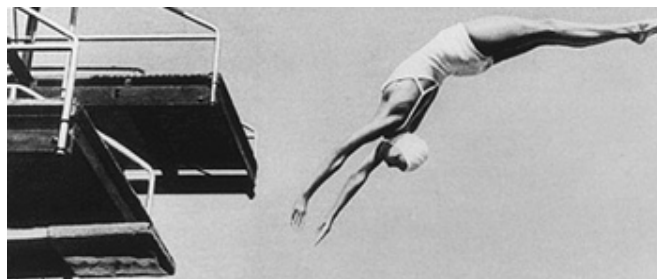
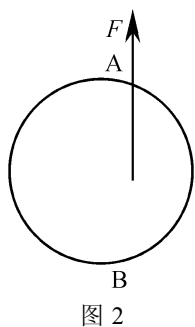


图3

翻腾动作的过程是：运动员起跳时用力蹬跳板（跳台），通过跳板对人反作用力的力矩而获得角动量。因运动员在下落过程中仅受重力（忽略空气对人的阻力），所以人体在下落过程中对人体质心保持角动量守恒，根据角动量的计算公式 $L = \sum mr^2 \omega$ ，当角动量 L 一定时， r 变小、角动量 ω 将增大；反之 ω 将变小。也就是说，运动员通过蜷缩或伸展身体可以达到调节身体旋转角速度大小的目的。为了在下降相同高度时，能旋转更多的圈数，运动员在刚开始下落时尽量蜷缩身体让质量分布靠近质心，使人体旋转角速度增加，等快接近水面时运动员伸展身体，使质量分布尽量远离质心而减小转速，以便人体能沿垂直方向进入水中。

在跳水过程中运动员在空中旋转圈数的多少和能否垂直入水是得分高低的决定性因素，从角动量守恒来看，要增加在空中旋转的圈数可通过以下两方面实现：首先尽量提高起跳高度，延长运动员在空中运动的时间；其次在旋转过程中尽量收缩身体的长度，以增大旋转角速度。垂直入水，需要在接近水面时尽量伸展身体，以减小旋转角速度。

跳水运动中还有一个高难度动作就是翻腾兼转体，人体在下降过程中除有前后方向的翻转之外，还有左右方向的旋转。前后方向的翻转动作如前（翻腾动作）所述，下面重点分析左右方向的旋转。运动员在起跳时张开双臂，使人体左右方向的旋转速度很小，根据角动量守恒，收缩双臂减小 r ，角速度就会变大，即旋转速度增大，此时运动员在两个不同方向都有旋转分量，在接近水面时伸展身体并抱紧双臂垂直进入水中。

随着科学技术在体育运动中的广泛应用，体育设施日益改善，体育成绩也取得了很大进步，体育运动正不断向更高、更快、更强的方向迈进。

（江苏省溧水职业教育中心校 211200）

二、角动量守恒在奥运会跳水项目中的应用

中国是世界跳水强国，跳水运动一直是我国在奥运会上夺金的重点项目，中国跳水运动员为我国带来了无数荣誉。

跳水运动是一项结合杂技艺术的运动项目。国际跳水竞赛规则为每一个跳水动作确定了相应的难度系数，根据动作组别、竞赛项目（跳板、跳台）、器械高度、动作姿势和翻腾转体的圈数等方面确定分值。运动员跳水时，动作简单，难度系数就低；动作复杂，难度系数就高。在比赛中，裁判员根据运动员的助跑（即走板、跑台）、起跳、空中动作和入水动作来评定分数。因此，想得高分的运动员在比赛中应该做到助跑平稳、起跳果断有力、起跳角度恰当，并具有一定高度，空中姿势优美翻腾、转体快速，入水时身体与水面垂直、溅起的水花要小。现在我们以翻腾和翻腾兼转体为例说明跳水过程中所用的力学知识。