

一个魔术的动力学分析

——铁环与铁链套结过程

王惠明¹⁾ 庄表中 费学博

(浙江大学航空航天学院力学系, 杭州 310027)

摘要 一个称为“喜结良缘(魔结)”的魔术, 实质就是在铁环下落过程中应用了动力学原理. 文中对若干细节进行了动力学分析, 让人们知道这个魔术中的力学应用.

关键词 自由落体, 冲量, 转动惯量, 动量矩定理, 魔术

魔术是一种文化. 俗语说: 戏法人人会变, 各有巧妙不同. 从科学认知规律分析, 无非是应用光学、电学、磁学、化学、力学等科学知识, 一瞬间可以把人们“骗”了.

图 1 所示的左手和右手操作手势, 可完成铁环在一瞬间套入铁链, 使人感到新奇.



图 1 魔术的初始准备动作

把铁环套进铁链里, 并上下摩擦, 意在向观众表明正常情形铁环是无法套进铁链的.

1 喜结良缘魔术的动力学分析

这里分析一个“喜结良缘”(又称魔结)魔术, 即将铁环瞬间套入铁链中. 这个魔术的关键是应用了手上的技巧, 即在铁环下落过程中使其与中指发生一次碰撞, 见图 2.

铁环套入铁链的过程分 3 个阶段, 下面对各阶段进行分析, 其分析图见图 3.

第 1 阶段: 铁环自由地平动下落位移了 h_1 . 魔术中约有 $h_1 = 0.02 \text{ m}$, 根据自由落体运动, 可计算出铁环与手指碰撞前的速度约为 $v = 0.62 \text{ m/s}$.

第 2 阶段: 铁环与凸出的中指在瞬间完成碰撞, 因作用时间极短, 碰撞期间铁环的下落位移可以略去不计. 该阶段使铁环获得一定的动量矩. 魔术表演时, 铁环与手指碰撞后

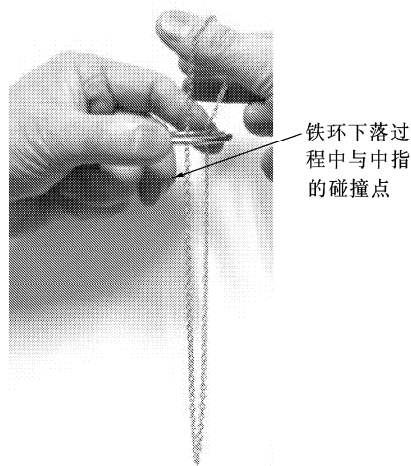


图 2 魔术中的手法

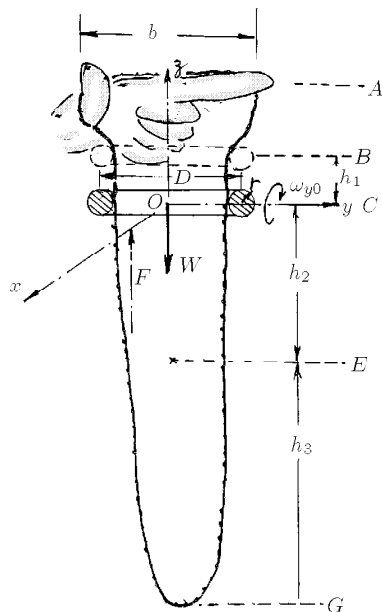


图 3 魔术过程的分析示意图

使铁环得到一定的初角速度. 由动量矩定理分析可知, 铁环的初角速度 ω_{y0} 与冲量 S 、铁环直径 D 和铁环转动惯量 J_y 之间应存在一定的关系^[1].

第 3 阶段: 有初角速度的铁环在下落的过程中还很快地旋转了近 100° 左右的角位移, 该阶段的几个关键时刻见图 4.

2008-08-07 收到第 1 稿, 2008-11-18 收到修改稿.

1) 王惠明, 副教授, 主要研究方向为弹性动力学. E-mail: wanghuiming@zju.edu.cn

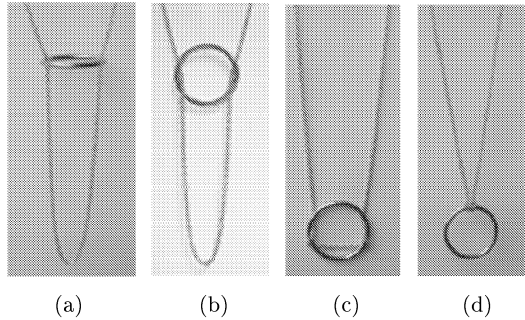


图 4 第 3 阶段的 4 个关键位置

(a) 碰撞后的初始位置；(b) 碰撞后快速旋转了近 100° 左右角位移的位置；(c) 是铁环套入铁链后出现打结趋势的位置；(d) 铁环进入铁链打拉克斯头结后的最终位置

在碰撞过程中，铁环受到的冲量矩应等于铁环的动量矩，即

$$\frac{1}{2}S \cdot D = J_y \omega_{y0}$$

式中， S 为碰撞冲量，则铁环在第 3 阶段开始的角速度为

$$\omega_{y0} = \frac{SD}{2J_y}$$

若这个初角速度不够大，例如铁环发生的角位移只有 90° ，此时铁环的面与铁链的面刚好平行，铁环将直接落下，套不入铁链中；若小于 90° ，则更不能发生与铁链的套结。实验表明，第 3 阶段发生 100° 左右的角位移就能实现铁环与铁链的套结，出现明显套成拉克斯头结^[2]趋势的位置如图 4(c) 所示。

2 一些技巧

(1) 如图 5 所示，张开的铁链条宽度 b 要大于铁环的直径 D ，约 5 cm 左右，这样可以使铁环与铁链始终保持接触。

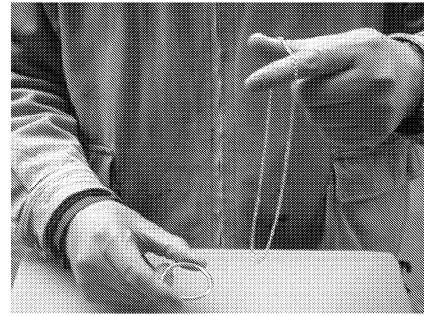


图 5 铁环和铁链的拿法

(2) 铁环跟手指碰撞后获得的角速度 ω_{y0} 应满足铁环发生绕 Oy 转动的角位移大于 90° 时，铁环的下部一段才能套入张开的铁链内，从而实现铁环套进铁链完成套结。

根据以上的讨论，知完成“喜结良缘”魔术的关键是使铁环有一次碰撞，并获得一定的初角速度，具体实施技巧可以有多种。

3 结束语

这个魔术中的力学分析方法，还可以用于分析其它与力学有关的魔术，还可以跨行业应用到一些杂技的力学分析中和游乐场中各种项目的力学分析等。

总之，在掌握了理论力学知识以后，有意识地去联系实际，实现知识的应用，内容将是丰富多彩、变化无穷的。

参 考 文 献

- 1 哈尔滨工业大学理论力学教研室. 理论力学学习辅导. 北京: 高等教育出版社, 2002
- 2 上海市委组织部. 抓斗大王 - 包起帆创造发明历程. 上海: 上海科学技术出版社, 1998

自然界鱼类游动的力学现象与丰富多彩的仿生鱼设计

徐新生¹⁾ 孙发明

(大连理工大学工程力学系, 工业装备结构分析国家重点实验室, 大连 116024)

汉代辛氏《三秦记》中记述：“龙门山，在河东界。每岁季春，有黄鲤鱼自海及诸川，争来赴之。一岁中，登龙门者不过七十二。初登龙门，则有云雨随之，云火自后烧其尾，乃化为龙矣。”民间“鲤鱼(Carp)跃龙门”美好的传说一直流传至今。为什么在传说中选择鲤鱼去跳龙门呢？不但因为鲤鱼长着“鱼须”酷像“龙须”，更重要的是鲤鱼能够较迅速地跃出水面。那么鲤鱼是靠什么跃出水面的呢？尾巴！这一定是大家的回答。答案是肯定的。从力学原理的角度上讲，鲤鱼能否跳过龙门取决于它跃出水面的速度和角度。

自然界各种各样的鱼均具有不同功能和特点。它们具备了已知和未知的高超本领。虽然它们都有鱼体、尾鳍、背鳍和腹鳍等(图 1)，但它们要适应自己所处的生态环境，因而这些部分的位置和形状，包括鱼体形状存在很大的差异。对于鱼来说，其尾巴是非常重要的。鱼尾巴可以使鱼体保持平衡，而且在游动时还能起到舵的作用。除了这两点以外，鱼的尾巴其实还有许多其它妙用。针(鱧)鱼(Halfbeak, 图 2)的体长 20 cm，其尾巴很有特点，尾鳍深开叉，下叶长于上叶。该尾击水，使水产生对针鱼向斜上的一个推力，很容易

2008-07-24 收到第 1 稿，2009-02-11 收到修改稿。

1) E-mail: xsxu@dlut.edu.cn