

科学的奇境

力学的趣味实验

〔日〕酒井高男著 李玉璇译
上海科学技术出版社

● 本书内容共分十六个专题，或以玩具、科学游戏为引子，或以身边的日常现象为导言，通过生动有趣的实验，从中获得比之正统的课堂实验更为深刻的许多力学知识。



科学的奇境

力学的趣味实验

〔日〕 酒井高男 著

李 西 震 译

限 表

二例日期前将书还

1. 借书

遊べる力学

SCIENCE WONDERLAND

酒井高男

工作舎 一九八一年三月第二刷

科学的奇境

力学的趣味实验

【日】酒井高男 著

李 玉 璇 译

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 祝桥新华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 6.25 字数 135,000

1987年3月第1版 1987年3月第1次印刷

统一书号: 13119·1405 定价: 0.99 元

内 容 提 要

本书作者酒井高男是学术上颇有建树的国际著名机械专家、日本有名望的大学教授。他极为重视改进教育,认为当前相当普遍的学生为应付考试而日夜死啃书本,搞得心力交瘁;而出于应付考试的无可奈何学习,其大多数是学了就忘。作者企求摸索出一种不仅可以消除头脑疲劳,又能增加头脑活力的办法,这就是通过做模型、做玩具以至做科学游戏,来刺激学生对科学的好奇心,发动他们的求知欲,训练学生独立思考,给学生以能力。本书是体现他教育主张的著作之一,出版后得到了良好的广泛社会反响。

本书内容共分十六个专题,或以玩具、科学游戏为引子,或以身边的日常现象为导言,通过生动有趣的实验,从中获得比之正统的课堂实验更为深刻的许多力学知识。这些专题是:跳着下坡的兔子,恒速机构与离心力调速的步行玩具,重力定律与爬树猴,逆流而进的风车和鲤鱼,“随意钩”和爬高玩具,拉门的滑动与自行车、汽车的制动,飞碟、陀螺和“飞去来”,自行车的力学奥妙,巧辨鸡蛋生熟的力学之解,倒立陀螺之谜,毛细管、虹吸和饮水鸟,力学实验法确定最短距离,浴池里的游戏,胶卷盒自制的笛子等。

本书可供中学师生参考,其中的玩具制作也可供幼教和小教工作者借鉴。

原作者为中译本序

很早以前，日本向中国学到了不少东西，其中之一就是文字。我用这种文字所写的书如能译成中文，让中国的读者读到，我是很高兴的。

这件事所以能成为现实，全赖于李玉璇先生。1981年4月上旬到5月中旬，我到重庆大学讲授齿轮理论，为我作翻译的就是这位李先生。在课堂上，他对专业讲课起到了完满的作用，对于这一点至今我也是感谢的。

这本书的翻译文字，我相信一定会是优秀的中国语言。

正如在本书最后一章我所说过的那样，写这本书的时候，我脑子里想的是日本学生。现在我期望这本书也会有益于中国的读者。

衷心期望这本书的中译本有利于中日两国的民间文化交流，期望本书的中译本成为中日友好的使者。

酒井高男

1982年12月30日

目 录

原作者为中译本序

第一章 从庙会上的玩具谈起	1
——跳着下坡的兔子	
第二章 对发条机构的探奇.....	13
——离心力调速控制的步行玩具	
第三章 越往下拉越往上爬.....	23
——向重力定律挑战的爬树猴	
第四章 逆流而上的勇敢者.....	37
——对着风扇前进的风车和溯瀑布而上的鲤鱼	
第五章 “随意钩”自由锚泊的启示.....	46
——富有个性的爬树玩具诞生记	
第六章 拉门滑动受阻的启示.....	55
——从拉门的力学到汽车工程学	

第七章 明信片在空气中翩翩起舞发出的信息	66
——去从隧道的平板状螺旋翼	
第八章 飞碟玩具的力学	75
——陀螺仪与“飞去来”的正确姿势	
第九章 自行车的力学奥妙	86
——无车把的自稳自行车	
第十章 巧辨鸡蛋生熟	95
——兼论耍盘子	
第十一章 向倒立陀螺挑战	109
——突然站起的倒立陀螺之谜	
第十二章 撒尿的形态考察	128
——饮水鸟的非实用新设计	
第十三章 力学实验与最短距离的确定	142
——绕过高等数学的力学解法	
第十四章 造价最低的地铁路线	151
——“技术经济学”	
第十五章 牛奶瓶潜艇的宿命	162
——浴池里牛奶瓶的临界力学	

第十六章 自己的手工品音色好听	173
——胶卷盒笛子的各种音色	
 结 语 探索科学奇境其乐无穷	184
译后记	188

第一章

从庙会上的玩具谈起

——跳着下坡的兔子

往日露天市场上的土玩具

1948年，对于现在的日本人好象是难以回忆的过去了。当时的仙台市，依然是一片废墟。这座城市，和在第二次世界大战中遭受空袭的日本所有其他城市一样，被美国轰炸机夷成凄凉的瓦砾堆。

现在仙台最繁华的大街——东一番町上高楼林立，从这里你是不会想象得出这条街当时是什么样子的。

人们到处都在生活。就是在这片废墟的东一街上，建起了露天市场，街上万头攒聚，好一派热闹景象。当时的市民是不太计较商店的店容如何，而只关心商品内容实质好坏。

就在这个东一街的露天市场上，我看到了一个玩具兔子。虽说是买给我年幼儿子的，可是实际上成了我本人的玩具，爱不释手，走到那里都要带着它。

● 这个兔子真可爱，动作非常别致。把它放在一个坡度合适的板面上，从背后轻轻一推，它就一蹦一蹦地跳下坡去。这对一个机构简单的人造装置一般是很难以办到的。

可惜的是，后来不知把它丢失到哪里去了。

作者一向认为“一件玩具要能够引起成年人的喜爱，它就应该有些独到之处，就是它能以简单的结构产生出既灵巧而又精致的动作。”这个玩具就恰恰具备这种特点，所以不论如何，我也不舍得把这么有趣的玩具排除在我的搜集对象之外。

可是再也买不到了，这个兔子竟是废墟地摊上出售的最后一个。既然如此，就只好自己动手做了。好在这个兔子在我的手里已有一段时间，所以再做一个并不太难。

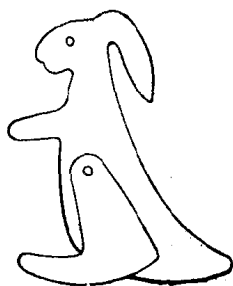


图 1-1 玩具兔子

凭着回忆，我把它画了下来，就是图1-1这个样子。不敢说当年地摊上买来的和图1-1这个完全一样，可是大约十五年前，就以图1-1这个样子为依据试做了一下，经过几次摸索试验，最后

做成的兔子确实具备了原来买来那个的动作功能。

下面就介绍试做这个玩具兔子的经过。

立杆见影难

图1-2是以图1-1为蓝本最初做出来的试制1号。它是我在东北大学时，由一位刚踏进教研室的年轻人动手做的。

1号试制品的身体部分材料，用的是5毫米厚的聚氯乙烯板^①。用钢丝锯把5毫米厚的聚氯乙烯板按图1-2中身体部分和脚的形状各锯两块。图中A、A'部分是身体部分，B、B'

^① 这是一种常用塑料，常温下有较高的硬度和强度，我国城市的塑料商店或五金店大都有售。做这个实验也可用木板、胶合板或铁皮等代替——译者注。

部分是双脚。各做两块是为了使左右稳定。用两根3毫米粗的铁丝C、D把A、A'两块相隔30毫米固定起来。再用一根铁丝E作轴，把形状完全相同的双脚B、B'固定牢。当然，身体上的E轴轴承孔要做得稍微大一些才行。

试制品完成之后，下一步就是在斜面上试运行。一般说来，最初的试制品难得一次成功。图1-2的试制1号开始也只是显示出了一点点可能性罢了。总的来说是失败的。尽管如此，总还是给人带来成功的希望。

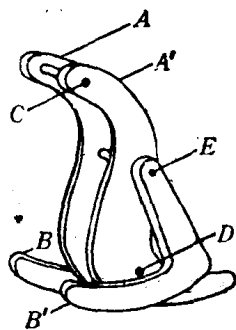


图1-2 第1号试制品

在1号试制品上又继续作了一些试验。为了试验重心的位置在哪里合适，采用粘橡皮泥的办法。试着把橡皮泥往这里或者往那里粘一点，再推一推看它动不动^①。也要试着改变脚掌的形状和斜面的倾斜程度。慢慢地，成功的可能性愈来愈大了。

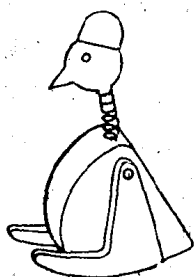


图1-3 第2号试制品

我仔细分析了1号试制品的动作，并模仿雏鸡的走路姿势，又做成了如图1-3的第2号试制品。

2号试制品的身体是用一块现成木材做的。要是把头部连在一起，这块木材就不够长。所以就用2毫米厚的聚氯乙烯板另外做了一个头，用螺旋状铁丝当脖子，再用橡皮泥做的帽子把头部加

^① 橡皮泥在我国的文具商店有售。这里实验目的是寻找合适的重心位置，作配重用，故也完全可用普通的粘土或其他相应物品来代替——译者注。

重。

于是，一只动作挺象样的雏鸡诞生了。

关键在于弄清动作原理

如果你做好了一个某种装置，并且这个装置也能动作，就说：“啊！太好了”而就万事大吉。这对于我们搞机械的人来说是不行的，总要把动作的原理弄清楚才行。

只要掌握了原理，当然就能做出各种形式的结构，中间也肯定包括从前在仙台废墟上发现的那只玩具兔子。于是就下定决心，出发！去探索它的动作原理。

图 1-3 这个玩具是由连成一体的双脚以及身体两个部分组成的。弹簧脖子完全可以用刚体的棒代替。为了弄清动作的原理，我们就认为这个玩具是两物体的组合体。

从正侧面看，可以把这个玩具看成图 1-4 所画的两部分。

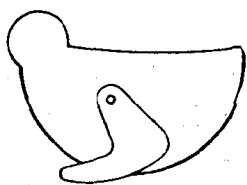
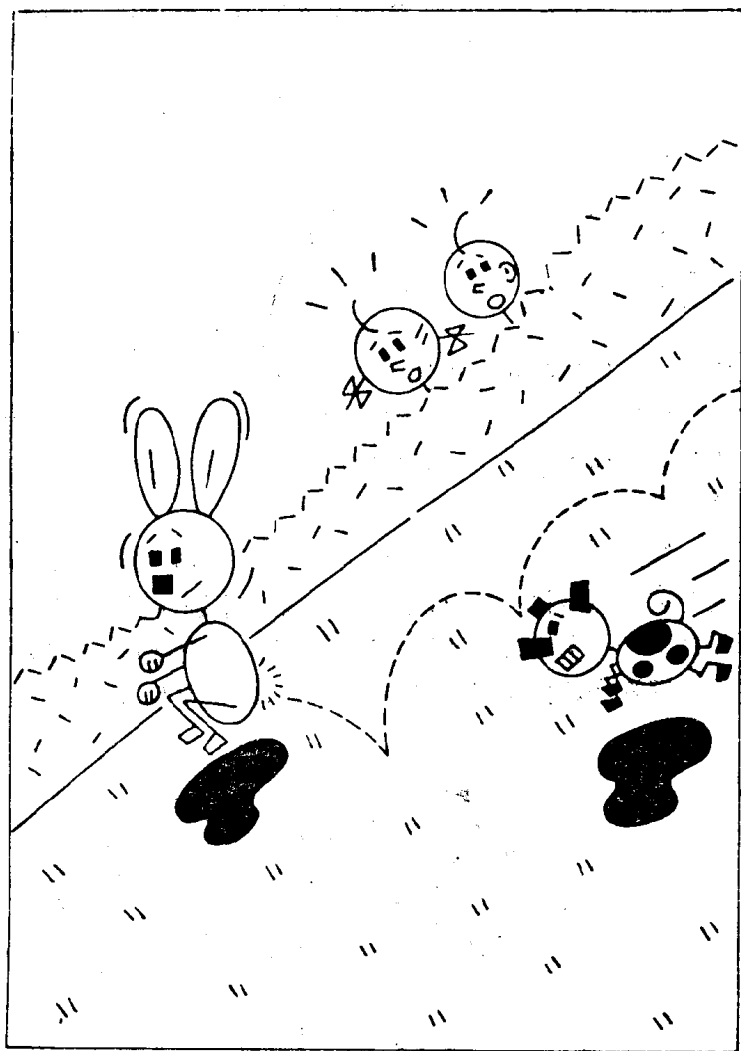


图 1-4 第 2 号试制品的侧面图

那么，究竟在什么情况下，这个组合体会产生我所希望的动作呢？

从原理上讲，动作持续下去的条件是很简单的。运动造成了能量损失，而下坡这个动作却能补充这个能量损失，也就是减少了的势能转化成了动能。这就是维持运动的原动力。

问题在于，如果这个玩具在斜坡上一下子滑下去，那还有什么趣味可言，现在它一蹦一蹦地跳下坡去，既有乐趣，又耐人寻味，去体会琢磨其奥妙。为什么这个玩具的身体与双脚会交替着跟斜面接触，而造成一蹦一蹦地跳下坡去的效果呢？



使振动持续的窍门

一个运动使同一状态反复出现，这个运动就是周期运动。

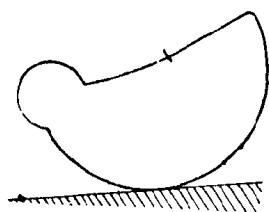


图 1-5 无脚的第 2 号
试制品

对于这个玩具兔子来说，它的周期运动是振动。

如果把图 1-4 中的脚去掉，就成了图 1-5 这种样子了。在斜面上把这个半圆柱形的物体晃一下，它就会开始振动。这个振动会逐渐衰减而终于消失。这主要是因为滚动摩擦存在。能不能把某种影响加

在这个半圆柱物体上使振动持续下去呢？

如果在振动进行中，能把某种作用加在这个物体上，使它在斜面上向下滑一下，不就可以用减少了的势能补充振动所需的动能了吗！

按照这个思路，我设想出了图 1-6 所画的第 3 号试制品。这个装置的结构很简单，在一个铁制的半圆柱形状物体 *A* 的外圆上开一个缺口，在缺口里装一个直径比缺口深度略大一点的铜管 *B*，再用铁丝 *C* 把铜管吊着，防止它脱落。

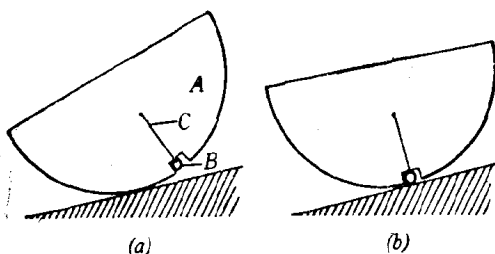


图 1-6 第 3 号试制品

当这个物体向前倾时，如图 1-6(a) 那样前部降低，铜管 *B* 因为有铁丝吊着，就贴到缺口前壁上。然后，当物体振动到如图 1-6(b) 那样后部降低时，铜管就被夹在半圆柱与斜面之间，于

是铜管就在两者之间起到一个滚子的作用，在这一瞬间物体就沿着斜面下滑。当物体前部再一次前倾而接触斜面时，由于动能得到了补充，运动的势头就比先前增加，晃动得就更大。

根据这种设想做出了第3号试制品。试验的结果，得到了超出我预料的成功。我的另一个设想也得到了证实，就是半圆体上的缺口如果开在中间稍后的一点位置上，效果将会很好。试验证明确实如此。

轴承位置起决定性作用

铜管总不是脚，那么把铜管换成脚，并且要造成和用铜管时相同的效果，脚应该是什么形状呢？因要弄清的是原理，所以脚的形状就应该尽量简单一些。

图1-7是试着看看脚的形状做成圆弧形、并且和身体的外圆弧半径相等时，效果如何。结果大获成功。不过这只是凑巧碰对了轴承位置，只能说这是一次偶然成功罢了。

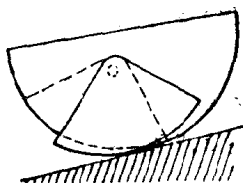


图1-7 圆形脚的实验制品

要想找到轴承偏离中心的最佳位置所在，照例是把橡皮泥试着往这里或往那里粘上去，找一个动作最佳的点。

在一般家庭里难得找到铁制的半圆柱形物体。于是我设计一种方法，用的材料是手头容易弄到的，并且做起来也尽可能地简单。

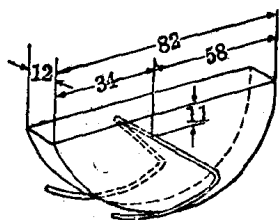


图1-8 铁丝做的脚

图1-8画的这个，使用从圆形罐头盒子上割下来的铁皮当材料，脚用1.5毫米粗的铁丝。要注意，铁丝弯得如何，对动作有着微

妙影响。和图1-7一样,用铁丝做的脚,曲线也应该与身体的曲线一致才行。其他细微之处,只要读者自己动手去做,也就会逐渐体会到。有时也会产生与预期相违的动作,可是,这正是制作玩具的乐趣所在。当你经过多次修正、调节后,一旦获得了预期的满意效果,将会是乐滋滋的。

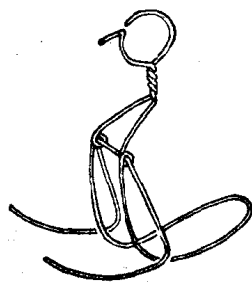


图 1-9 铁丝做的
雏鸡形玩具

有时,单靠变更脚的形状曲线怎么也不能达到预期效果,就得根据运动的情况用橡皮泥调整头部和尾巴的重量。渐渐地,它的生动姿态就开始出现了。

为了要了解动作的姿态,最好全用铁丝制作一个来试验考察(参见图1-9所示)。手巧的人制作这样的铁丝玩意儿,只要有一把钢丝钳就足够了。至于材料,我喜欢用直径2.5毫米的铁丝。

用聚氯乙烯板做兔子

经过几次试做和反复的调整试验,已经使雏鸡形玩具满意地走下坡了,可是我们的任务是制做废墟上发现的兔子。现在就回到原题,向兔子问题前进!

在战火余烬上看到的那个兔子是用木材制做的,现在我想用2毫米厚的聚氯乙烯板做做看。

脚的形状基本上按照上几节讲的做雏鸡的经验就可以了。剩下的问题是兔子身体的形状。要用一块聚氯乙烯板也可以,只要把塑料板沿着背脊弯折过来,就成了立体的、相连的两块。聚氯乙烯板加热后很容易折弯,对于这种手工来讲是比较方便的。

首先把画图用纸对叠成两折，再把从侧面看到的兔子形象画在纸上，然后用剪刀在纸上剪出兔子的侧形，一边剪一边看，一直修剪到形状满意为止。

再把剪下来的对折纸样展开描到聚氯乙烯板上，得到一个背脊相连的兔子左右侧形图，然后用钢丝锯沿着所描的图线锯下来。把背脊部分烤热，沿着背脊线折弯。头部要用钢丝钳夹得紧贴起来。

耳朵是兔子的象征，所以要特别注意做得逼真。要把折弯过来的两片，从脖子处开始往下到身体，逐渐左右分开，这样就能形成立体感(图 1-10)。

接着是在兔子身体上做轴承孔。办法是用钳子夹着铁丝或钉子在火上烧热，然后趁热灼刺穿透塑料板，轴承孔这样做起来挺容易。再用锥子、细锉等把孔修整圆滑，把烧焦的部分修光、修平。

装脚就比较困难。图 1-8、1-9 上只用了一根铁丝，现在必须把作脚用的聚氯乙烯板和铁丝固定起来才行。我把 3 毫米的铁丝在两端用 3 毫米圆板牙（切削外螺纹工具）套出螺纹来，再用两个螺母从两端固定。到五金商店买一个 3 毫米的长螺钉固定两脚也是个好办法。总之，一定要把双脚固定好，使它们在动作时步伐一致。



图 1-10 自制兔子

边观察边用橡皮泥调整

做成图 1-10 的样子之后，不一定这只兔子就马上能够动作。可能还有必要用锉刀修整双脚的形状和尾部接地部分的