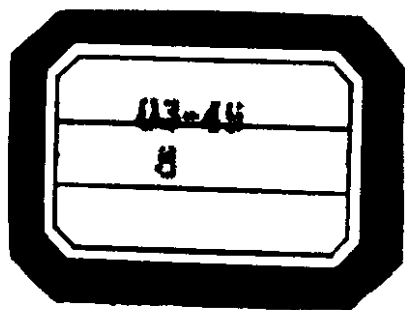


趣味力学新编

黄钟 范德顺 编著



中国石化出版社



1735835

趣味力学新编

黄 钟 范德顺 编著

JUL 11/02/08



中国石化出版社



B1029142

内 容 提 要

杠杆为何能省力，猫为什么不易摔死，人怎样从大炮中飞出来，如何抓住一颗高速飞行的子弹，蝴蝶为什么能飘洋过海，“婆曼郎”何以能去而复返，等等。这些自然界和日常生活中的有趣问题，都可以用力学的基本原理来解释清楚。本书辑录了力学科普“千字文”42篇，用有趣的实例，生动的语言，介绍了静力学、运动学、动力学、功能原理以及新兴的生物力学和运动生物力学的基本内容，为读者展现了一个绚丽多彩的奇妙力学世界，有助于开阅读者的知识视野，培养思维能力和探索精神。

本书可供大、中学生及相当水平的读者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

趣味力学新编/黄钟，范德顺编著. —北京：中国石化出版社，1997 ISBN 7-80043-641-1

I. 趣… I. 黄… III. 力学-普及读物 IV. 03-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 15187 号

中国石化出版社出版发行

地址：北京市东城区安定门外小黄庄 32 号

邮编：100011 电话(010)64241850

社长：周培荣

金剑照排厂排版印刷

新华书店北京发行所经销

*

787×1092 毫米 32 开本 5.75 印张 127 千字 印 1—3000

1997 年 4 月 北京第 1 版 1997 年 4 月 北京第 1 次印刷

定价：8.00 元

前 言

“知识就是力量”是培根的名言，它影响了一个时代。然而，人类步入书刊、信息浩如烟海的“知识大爆炸”的新时代后，培根的这句名言是否还适用？或者说是否还全面？现在已有不少学者提出异议，他们认为比较全面的口号应当是：“知识加能力才是力量”。

前苏联著名教育家赞科夫把“能力”归纳成5种：观察力、记忆力、思维能力、想象力和操作能力。他认为，教师的任务不仅是传授知识，更重要的是要促进学生在这些方面的提高和开发，特别需要经常培养他们的兴趣和激发各种想象力。爱因斯坦对此也曾发表过精辟的见解，他指出：“想象力比知识还重要，因为知识是有限的，而想象力概括着世界上的一切，推动着进步，并且是知识进化的源泉。严格地说，想象力是科学研究中的实在因素。”

想象力升华到一定程度，就有可能出现灵感思维的高级阶段——“大彻大悟”。前几年，美国的普拉特和贝尔两位化学家，曾对这种大彻大悟写过一份调查报告。这份材料是采用填写表格的方式，调查了许多知名的化学家，在他们之中有33%的人回答说“经常”、50%的人回答说“偶尔”出现这种“大彻大悟”。出现这种“大彻大悟”，有一个重要前提，那就是他们对其各自研究的领域都有着非常广泛和非常浓厚的兴趣。

据说，当物理学家威尔逊还是一名25岁的研究生时，有一次到苏格兰的一座天文台。当他在那儿看到阳光照射云雾

缭绕的山顶显示出色彩斑斓、光怪陆离的光学现象时，他被迷住了，对此产生了浓厚的兴趣，在很长一段时间里沉浸在思索云雾的奥秘之中。云雾是怎样形成的？能不能用人工办法在实验室里模拟这一大自然的奇景？就这样，威尔逊经过艰苦的努力，终于设计成功“威尔逊云雾室”，为核物理研究建立了不朽的功勋。

可见，在求知的道路上，培养兴趣是多么重要。兴趣不仅是求知的先导，也是锲而不舍的动力，更是激发灵感的火石。记得在几年前，笔者的力学小品《“猫旋”的启示》在中国青年报的科学版刊出之后，曾引起许多中学生的浓厚兴趣。他们把家中养的猫当试验品耍了个够，想仔细看看四脚朝天的猫在空中是怎样翻跟斗的，以致引来一些爱猫家长的迁怒，他们写信给报社编辑，希望笔者再写一篇能够阻止孩子们这种“粗暴举动”的文章。从这个小小的“插曲”中，我们得到一个重要的启示：应当赶紧为那些求知欲异常旺盛的学生们写点趣味盎然的课外读物，使他们在茫茫“题海”中也能看到一块清新的绿洲，这就是写作此书的缘由。

本书辑录了力学科普“千字文”共42篇，内容涉及理论力学、材料力学、弹性力学、爆炸力学和生物力学等方面的10多个专题，向读者展示了一个色彩缤纷的力学世界，但愿它能使读者从中学到丰富的力学知识，同时还能开阔视野，活跃思想，开发智力。

鉴于编者并非专业的科普作家，因此经验不足，水平有限，缺点和谬误在所难免，恳请广大读者及同行们不吝赐教。

在成书过程中，宜兴市第一中学物理教研组的黄铨老师为我们提供了许多宝贵资料，并在百忙中审阅了本书初稿，在此深表谢意。

目 录

前言	(1)
1. 大炮飞人	(1)
2. “猫旋”之谜	(4)
3. 神奇的陀螺	(9)
4. 被中香炉	(15)
5. “减肥”材料——碳纤维	(18)
6. 植物界的钢铁——话竹	(22)
7. 金属疲劳	(27)
8. 飞去来器	(30)
9. 越宿不饿的紫砂壶	(35)
10. 哥窑开片	(37)
11. 紫砂加彩	(41)
12. 跳蚤善跳	(44)
13. 蝴蝶飘洋	(46)
14. 海底“钢蟹”	(48)
15. 斜面的妙用	(50)
16. 玛雅石刀	(53)
17. 黄金怪坡	(55)
18. 非对称美	(58)
19. 飞毯绝活	(63)
20. 扛竿和顶鸡蛋哪个更难?	(66)
21. “举重世家”	(70)

22. 力学断案	(75)
23. 游“离心国”	(79)
24. 奇妙的仿生学	(87)
25. 乾坤颠倒	(99)
26. 打捞沉船	(104)
27. 乾隆“漂壶”	(106)
28. 永动之梦	(109)
29. 官藏“怪钟”	(116)
30. 宇宙速度	(121)
31. 睡姿新说	(128)
32. 当“美坐家”	(132)
33. 李广射石	(136)
34. “香蕉球”	(140)
35. 手抓卫星	(143)
36. 鸡蛋命题	(147)
37. 桥的悲剧	(152)
38. 吹气箭筒	(157)
39. 太空狂吻	(160)
40. 硬度之王	(164)
41. 懒汉花盆	(168)
42. 生命曲线	(171)

1. 大 炮 飞 人

“大炮飞人”(又称“人体炮弹”),是西方大型杂技节目,它是杂技与动力学结合的典范。表演内容是这样的:一个演员预先躺在特制的炮膛里,然后被发射出去,在空中高高划出一道抛物线(图 1),落到离炮几十米开外的安全网上。

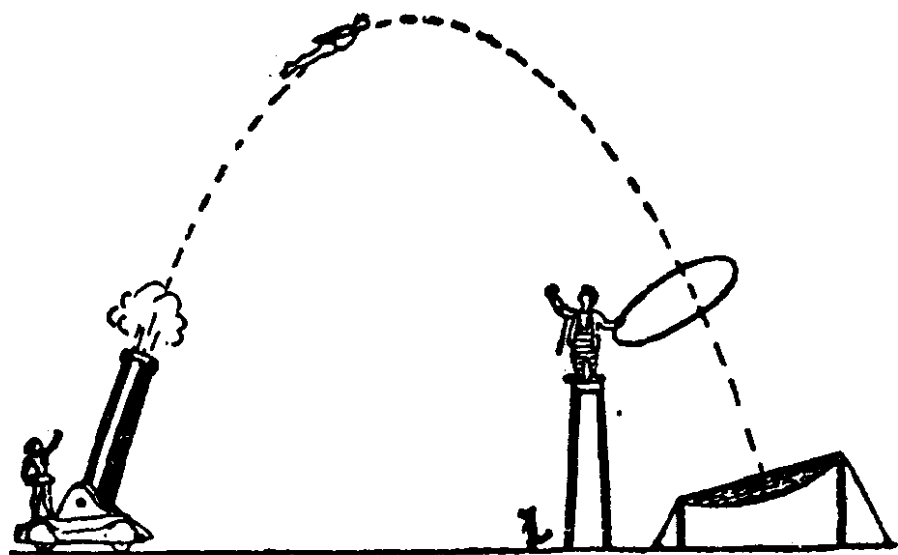


图 1 “大炮飞人”的表演场面

本世纪一共出现了三位鼎鼎大名的“肉弹”表演大师:本世纪初的莱涅特,40年代的弗洛琳达和70年代的路易斯。他们的表演数据如表 1 所示。路易斯所保持的发射高度(28 米)及射程(63.4 米)的世界纪录至今还未被打破。有一篇报道文章这样写道:“在美国肯尼迪游乐场,每天下午四点半和晚上九点半路易斯都要爬进一颗红蓝相间的炮弹筒里,只见他戴着手套和风镜,身着皮制的套装,向观众挥手致意后,‘肉

弹’装进了大炮膛，一声巨响，路易斯在烟雾和火花之中飞出大炮筒，在空中飞行两秒钟后落在远处安全网上的笼子里，他站起来向观众微笑挥手，庆幸自己还活着。观众顿时也松了一口气”。可见他每天都要冒两次生命危险去表演这个世界上独一无二的大型杂技节目。

表 1 大炮飞人的表演数据

表演者	出膛速度 米/秒	仰角	发射高度 米	射程 米	炮膛长度 米	超重倍数
莱涅特	20.6	70°	19	27.8	6	2.6
弗洛琳达	24.1	60°	22	53.3	6.5	3.9
路易斯	26.8	60°	28	63.4	6.5	5.1

这个杂技节目的最大特点是将惊险、幽默和科学性三者熔为一炉，观众看了，在艺术享受之余脑子里还留下一些思而不解的问题。

第一个问题：发射动力。演员并不是由于火药爆炸的力量被打出去的，抛掷“肉弹”的实际动力是弹簧。表演时，虽然在弹簧“发射”演员的同时，炮口上也冒出一股浓烟，使观众大吃一惊，但这是借此迷惑观众，仿佛“肉弹”是被弹药射出来的。

第二个问题：如何保证“肉弹”准确无误地击中安全网。根据弹道学的基本知识，只要炮筒的仰角一定，发射速度（出膛速度）一定，那么炮弹的射程也就可以预先计算出来，从而可将安全网固定在安全点上。因此，控制好发射弹簧就成了表演成败的一个关键，而出膛速度则主要取决于弹力及炮膛长度。

《吉尼斯大全》曾纪录了一次失败的表演：“1917年12月6日在哈利法克斯的一次‘肉弹’表演中，由于弹簧失控，

‘肉弹’贝克尔被抛射到 1464 米以外，幸好被挂在一棵树上才免一死”。

第三个问题：演员在发射（第一次超重）和落网（第二次超重）这两个阶段，会不会对健康乃至生命带来危险？在第一阶段作用于这三位大师身上的“人造重量”分别为其体重的 2.6 倍、3.9 倍和 5.1 倍；而在落网阶段则更厉害，分别为其体重的 13、19 和 23 倍！宇宙飞行员所承受的超重也不过只有原来体重的 5~6 倍。不过，这三颗“肉弹”并没有被如此强大的“人造重量”所压垮，因为他们在落网时下陷的深度只有 1.5 秒左右，经历的超重时间极短，分别为 $1/7$ 、 $1/8$ 和 $1/9$ 秒。如果“肉弹”也要像宇宙飞行员那样经受好几分钟的持续超重的话，那就难免要一命呜呼了！

2. “猫旋”之谜

猫儿翻筋斗的本领非常高强，它从高处落下时，即使是肚皮朝天，落地的一瞬间也总能四脚着地而毫无损伤，科学家称之为“猫旋”。

究竟是什么力量使猫能在空中旋转身子呢？这个看似十分简单的问题，却在将近 100 年的时间里难倒过许多力学家。有的人甚至认为，猫在空中不可能发生任何整体转动。其理由是，一个物体之所以会转动，关键要有外力矩的作用；外力矩越大，物体的角动量（等于物体的转动惯量乘以角速度）改变也就越大。即然猫在空中四足朝天时没有角动量，而外力（即猫的重量）又通过重心当然就不存在外力矩，因此猫在下落过程中就只能一直保持着原来的姿势，不可能发生任何整体旋转。

然而，检验真理的标准是实践！1894 年，法国科学家马雷用高速摄影机拍下了“猫旋”的全过程。照片令人信服地表明，猫仅需 $1/8$ 秒的时间，就能将肚皮朝天的姿势翻转过来。

那么，如何解释这种现象呢？原苏联著名力学家洛强斯基提出一种所谓“转尾巴”的理论，曾在一个时期里被奉为经典，他在其名著《理论力学教程》中是这样解释猫儿在空中翻筋的：“只要将尾巴急速地转动，猫就能使自己的身体沿相反的方向翻过来，此时猫体对其质心的角动量，如同在开始落下时一样，仍然保持为零（图 2）”。

但遗憾的是，这种“转尾巴”理论并不能自圆其说。根

据一些科学家的计算，为了维持猫体总的角动量为零，必须将尾巴急速旋转达到每分钟几千转时，才能使猫体在 $1/8$ 秒内翻过身来。这么高的转尾巴速度恰好与飞机的螺旋桨转速相当，这显然是荒谬的。所以，当 1960 年英国生理学家麦克唐纳用一组天生没有尾巴的曼克斯猫（这种猫产于英国西北部的曼克斯岛，无尾巴，后腿长，前腿短，跑起来很像兔子）做试验，发现猫照样能灵巧地在空中转身后，“转尾巴”理论也就不攻自破了。

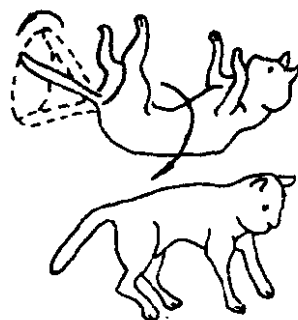


图 2 洛强斯基的“转尾巴”理论

正是这位麦克唐纳博士，在其著名论文《猫在下跌过程中是如何用脚着地的？》中对“猫旋”作了比较正确的分析。他指出，像猫、兔、豚鼠等动物之所以能在空中发起旋转，决不能从刚体的角度看问题。因为在空中开始角运动时，相互作用的身体各部位的转动惯量是不同的。图 3a 表示猫在开始下跌时先从中间屈曲身体，然后前腿向内靠近头部，上体旋转 180° （图 3b）。反作用则使离转轴较远的躯干下部、后腿和尾部向相反方向旋转。但是，由于这些部分的转动惯量比上体要大得多，所以转动的角度也就小得多，大约转动 5° 。紧接着，为了完成 180° 转体，猫就使其后腿和尾部与躯干下部转成一条直线，并使这些部分绕一根纵向通过后腿的轴（图 3c）旋转。由于相对这根转轴而言，下体旋转的反作用仍然很小；因此还需作一些必要的小调整，于是猫又沿相反于身体的旋转方向再转动尾部直至四爪朝地的姿势（图 3d）。

这个理论告诉我们，在空中发起旋转的整个过程中，依靠对变形的控制，身体一部分的角动量就会受到另外一部分大小相等、方向相反的角动量的“对抗”，以保持总体角动量

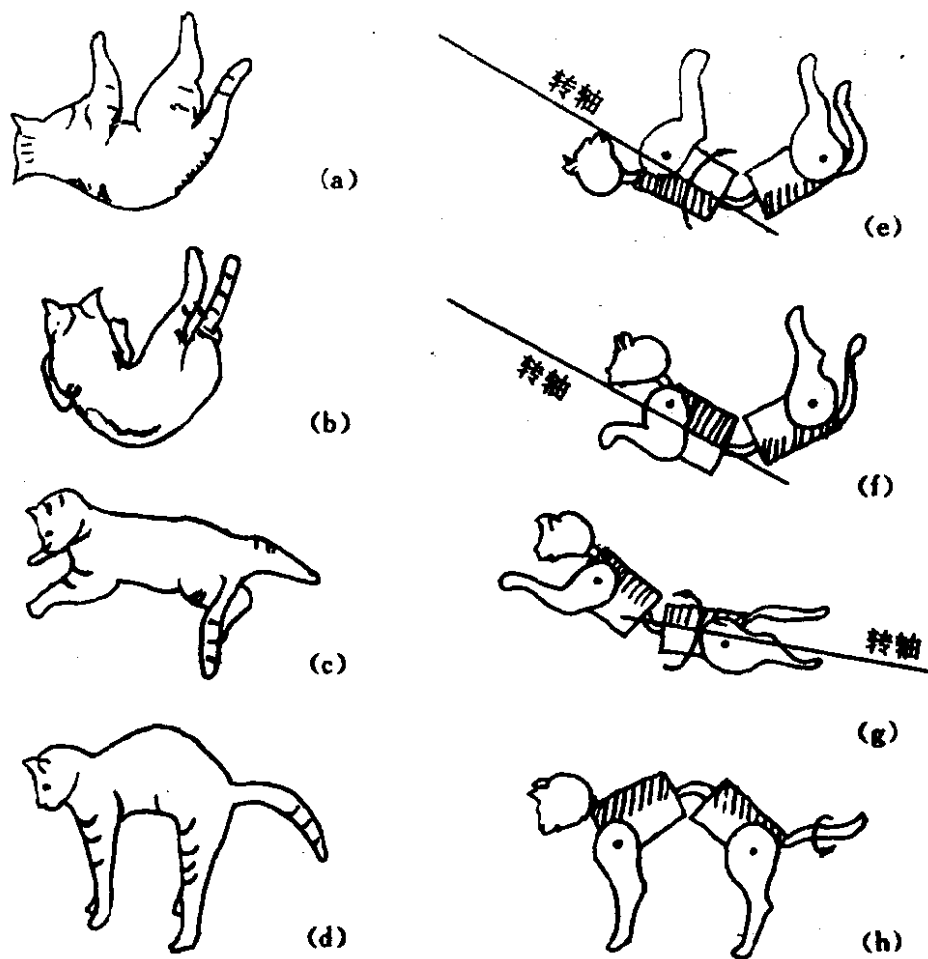


图3 下跌的猫能在没有外力矩时发起旋转不变，并从中改变身体的旋转方向。

1969年，美国斯坦福大学的力学教授凯恩又对上面这种解释作了一些改进。他以两段刚体中间相连(图3e~h)来模拟猫的前后半身(洛强斯基的错误在于，他将猫模拟成在尾巴根部相连的两段刚体，这两段的转动惯量相差过于悬殊，因而导致尾巴必须高速旋转才能使猫身翻过来的荒谬结论)，并列出了它们的运动微分方程，然后将这组复杂的方程编成程序输入电子计算机计算。有趣的是，计算结果与高速摄影记录的猫旋过程完全吻合。可见，麦克唐纳和凯恩的理论是目

前解释“猫旋”的最佳理论。

到目前为止，关于“猫旋”的研究结果，还有几则有趣的报道：

(1)将猫四爪朝天落下时，它能在自己的站立高度(并不需要从高处下跌)内翻过身来。

(2)猫的眼睛和内耳机制在感受旋转的需要方面均起到一定作用，不过眼睛似乎更重要——蒙住眼睛的猫从只有 1m 的高度下跌时，落地动作就很笨拙；内耳机制不健全的猫却仍能使身体恢复平稳。但是，这两种感官都被去掉的猫，四爪朝天下跌时，就不再有翻转的功能了。

(3)将一只蒙住眼睛的猫放在一个特别的装置中转动，以便干扰它的内耳器官。当它的四个爪先被甩出来时，竟翻过身来背着地落下。

也许读者会问，区区一个“猫旋”问题，竟然使这么多科学家争论了近一个世纪，这究竟又是为了什么呢？原来，它涉及到一门崭新的交叉科学——运动生物力学。

在几年前发表的《“猫案”——运动生物力学简介》这篇文章中，列举了几则受“猫旋”启发的力学新课题，深入地研究它们将有助于运动生物力学的发展。

不过，“猫旋”问题的研究，并不能解释所有的腾空运动问题。例如 1972 年，日本著名体操运动员冢原光男在第 20 届奥运会上成功地表演了单杠团身后空翻两周加转体 360°的高难新动作，荣获单杠金牌。这套动作



图 4 团身后空翻加转体 360°

(图4),不仅有绕横轴的翻身动作,而且还要同时完成绕纵轴的旋转动作。现在,世界上不少优秀体操运动员都能完成这

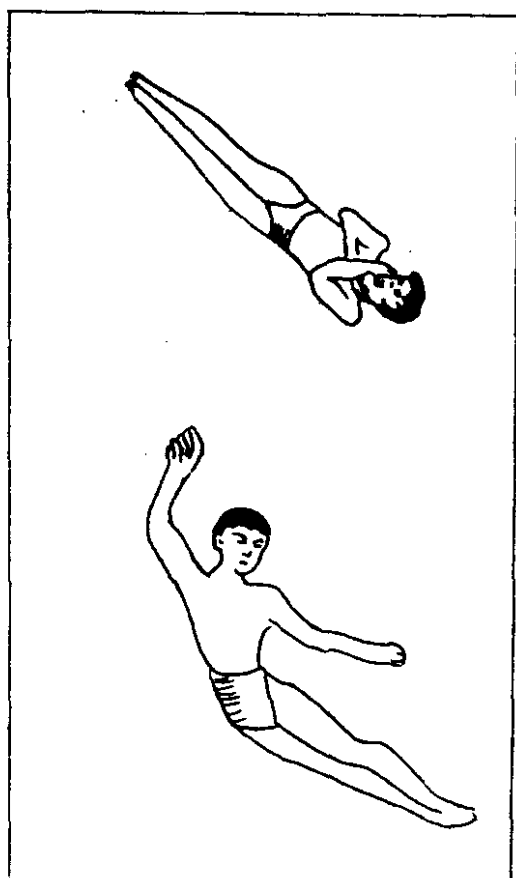


图5 晚旋的优美姿势

种先团身(也可直体空翻)后转体侧旋的所谓“晚旋”。“晚旋”的转体角度可以是 720° ,甚至高达 1080° !而我国的优秀跳水运动员高敏、孙淑伟、伏明霞、熊倪和谭良德则更是表演“晚旋”的世界超级明星(图5)。这些动作的机理,要比单绕一根横轴转动的“猫旋”复杂得多。而且,这种新颖的“晚旋”,开始时只有绕横轴旋转的空翻,只是在接连进行的第二个团身空翻中才同时出现绕纵轴的转体。从高速摄影记录中可以看到,绕纵轴的转体动作似乎是从无到有地凭空出现的。人们至今还不能圆满地

解释这种奇妙现象。

“猫旋”问题的研究结果,还可应用于宇航工业。当人处于宇宙航行的失重状态时,就会有飘浮于半空的感觉,此时必须学会仿效猿猴的攀援动作才能“立稳”。要想作一个普通的迈步动作,都会因惯性作用而导致身躯的不规则翻滚。据报道,美国宇航局按照“猫旋”、体操和跳水运动中“晚旋”的基本要领,专门设计了一套标准动作,来培养宇航员的转体功能。区区“猫旋”竟然会与宇航业结下不解之缘!

3. 神奇的陀螺

(1) 古老玩具

清代的北京玩陀螺之风颇为盛行。天桥一带旋活作坊林立，制作的陀螺小者如胡桃，大者似海碗。诗人元璟在其《完玉堂诗集·杂咏篇》中有一首“鞭陀罗”的词云：“京师小儿玉瑳瑳，紫貂裹袖红锦靴。嬉戏自三五，乐莫乐兮鞭陀罗。香尘堆里牛羊马骡，鞭个走珠鞭个旋螺。随风展转呼如何，阿哥阿哥，明年带刀佩箭跃马金盘陀”。

现在这种古老的玩具已经风靡全世界，不仅孩童玩，成年人也很热衷。在东南亚许多国家还设有“陀螺俱乐部”，每年都要举行一次全国性的比赛。选手将绳子缠绕在精刻的陀螺轴上，哨声一响，绳子被突然抽出，陀螺就会发了疯似地转个不休，光影烁烁，玉立亭亭，如生了根般地原地旋转。据报道，有些“冠军陀螺”一次可以转两个多小时！更奇妙的是有些巨型陀螺还可载人一块儿旋转（图6），表演者利用他高超的“踩功”不停地对它施



图6 精采的踩陀螺表演

加回转力矩，偶尔还能腾空几次以增加惊险性。

谁都知道，静止的陀螺，在地面上立不起来；可是当它急速旋转起来以后，就立得很稳了。这是为什么呢？原来任何一个物体，只要高速转动起来以后，它就具有强大的惯性：保持旋转轴方向不变。陀螺的这种怪脾气，科学家称之为“定轴性”。转速越高，这个特性就越明显。即使地面高低不平，或者在斜面上，它也“稳如泰山”。

杂技里的转碟、耍盘子、丢帽子、玩空竹以及陀螺走大绳(图7)都是利用陀螺这种怪脾气，才能玩出很多花样。陀螺的这种脾气，可以用来指示方向。比如把陀螺装在飞机上，事先让它的轴对准南北方向，然后让它高速旋转。这样，不管飞机如何改变航向，而陀螺轴总是指向南北方向，这不是绝妙的“指南针”吗？对，这种方向仪就叫“陀螺罗盘”。

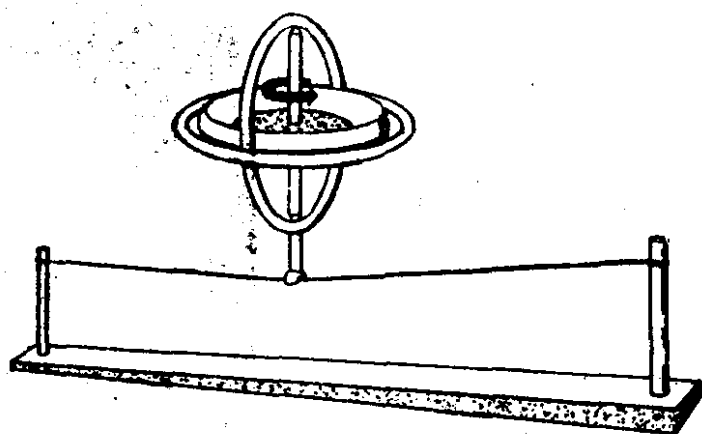


图7 陀螺走大绳

陀螺的老家在中国，这是我们炎黄子孙的骄傲。从我国山西夏县的新石器时代遗址中，就发掘到了石制的陀螺。可见，陀螺在我国最少也有四、五千年的历史。

在1700多年前的晋代，我国还出现了另一种有趣的玩具——竹蜻蜓。这种玩具18世纪才传到欧洲，被西方人称为