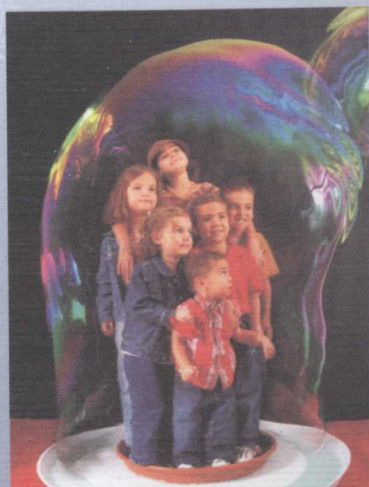




武际可 著

拉家常 · 说力学



高等教育出版社
Higher Education Press

拉家常·说力学

武际可 著



高等教育出版社
Higher Education Press

03-49
W2

图书在版编目(CIP)数据

拉家常·说力学/武际可著. —北京: 高等教育出版社, 2008. 6

ISBN 978 - 7 - 04 - 024460 - 1

I. 拉… II. 武… III. 力学 - 普及读物 IV. O3 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 067335 号

策划编辑 王 超 责任编辑 张玉海 封面设计 沈 冬 殷君承
 责任绘图 尹 莉 版式设计 陆瑞红 责任校对 王 超
 责任印制 朱学忠

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010 - 58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800 - 810 - 0598
邮政编码	100120	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010 - 58581000		http://www.hep.com.cn
		网上订购	http://www.landaco.com
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司		http://www.landaco.com.cn
印 刷	保定市中国画美凯印刷有限公司	畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	880 × 1230 1/32	版 次	2008 年 6 月第 1 版
印 张	7.875	印 次	2008 年 6 月第 1 次印刷
字 数	190 000	定 价	15.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 24460 - 00

中国力学学会《大众力学丛书》编辑委员会

陈立群 戴世强⁺ 刘延柱 苗天德 余振苏

隋允康 王振东 武际可^{*} 叶志明 张若京

仲 政 朱克勤 朱照宣

(注：后加^{*}者为主任委员，后加⁺者为副主任委员)

中国力学学会《大众力学丛书》

总 序

科学除了推动社会生产发展外，最重要的社会功能就是破除迷信、战胜愚昧、拓宽人类的视野。随着我国国民经济日新月异的发展，广大人民群众渴望掌握科学知识的热情不断高涨，所以，普及科学知识，传播科学思想，倡导科学方法，弘扬科学精神，提高国民科学素质一直是科学工作者和教育工作者长期的任务。

科学不是少数人的事业，科学必须是广大人民参与的事业。而唤起广大人民的科学意识的主要手段，除了普及义务教育之外就是加强科学普及。力学是自然科学中最重要的一个基础学科，也是与工程建设联系最密切的一个学科。力学知识的普及在各种科学知识的普及中起着最为基础的作用。人们只有对力学有一定程度的理解，才能够深入理解其他门类的科学知识。我国近代力学事业的奠基人周培源、钱学森、钱伟长、郭永怀先生和其他前辈力学家非常重视力学科普工作，并且身体力行，有过不少著述，但是，近年来，与其他兄弟学科（如数学、物理学等）相比，无论从力量投入还是从科普著述的产出看来，力学科普工作显得相对落后，国内广大群众对力学的内涵及在国民经济发展中的重大作用缺乏有深度的了解。有鉴于此，中国力学学会决心采取各种措施，大力推进力学科普工作。除了继续办好现有的力学科普夏令营、周培源力学竞赛等活动以外，还将举办力学科普工作大会，并推出力学科普丛书。2007年，中国力学学会常务理事会决定组成《大众力学丛书》编辑委员会，计划集中出版一批有关力学的科普著作，把它们集结为

《大众力学丛书》，希望在我国科普事业的大军中团结国内力学界人士做出更有效的贡献。

这套丛书的作者是一批颇有学术造诣的资深力学家和相关领域的专家学者。丛书的内容将涵盖力学学科中的所有二级学科：动力学与控制、固体力学、流体力学、工程力学以及交叉性边缘学科。所涉及的力学应用范围将包括：航空、航天、航运、海洋工程、水利工程、石油工程、机械工程、土木工程、化学工程、交通运输工程、生物医药工程、体育工程等等。大到宇宙、星系，小到细胞、粒子，远至古代文物，近至家长里短，深奥到卫星原理和星系演化，优雅到诗画欣赏，只要其中涉及力学，就会有相应的话题。本丛书将以图文并茂的版面形式，生动鲜明的叙述方式，深入浅出、引人入胜地把艰深的力学原理和内在规律介绍给最广大范围的普通读者。这套丛书的主要读者对象是大学生和中学生以及有中学以上文化程度的各个领域的人士。我们相信它们对广大教师和研究人员也会有参考价值。我们欢迎力学界和其他各界的教师、研究人员以及对科普有兴趣的作者踊跃撰稿或提出选题建议，也欢迎对国外优秀科普著作的翻译。

丛书编委会对高等教育出版社的大力支持表示深切的感谢。出版社领导从一开始就非常关注这套丛书的选题、组稿、编辑和出版，派出了精兵强将从事相关工作，从而保证了本丛书以优质的形式亮相于国内科普丛书之林。

中国力学学会《大众力学丛书》编辑委员会

2008年4月

序 言

Preface

收到武际可教授的著作，爱不释手，花了四个小时一口气读完后，对我的这位学长不禁产生了由衷的敬意。

武际可教授是我的力学同行，彼此认识已久，但由于研究方向不同，原本各忙各的，交往不多；新世纪里，他从北大退休后，由于我们对力学史和方法论以及力学科普有共同的兴趣，相互关系密切起来了，我对他的绝佳的人品学问的认识也逐步加深。有两件事给我留下深刻印象。一件事是在他的书房中的一次晤谈。实际上我那次造访主要为了参观他的书房。我发现，这间不大的书房的三分之一为他演习书法的文房四宝和字帖所占据，另外的三分之二则是堆得层层叠叠的书籍，令人意外的是没有一本力学、数学、物理学书籍，他说，那些书都放在学校的办公室里。眼前的全是文、史、哲类的典籍，四书五经、春秋史记、唐诗宋词，无所不有，我随便报了两个书名，他往书柜的第二层一摸，就取了出来，可见这些书不是“摆设”，而是不时研读的。由此使我对他的广闻博览肃然起敬。另一件事是就文学知识的一次求教。我在写《钱伟长的治学理念和学术思想》一文时，看到《杨振宁文集》里有“云山苍苍，江水泱泱，先生之风，山高水长”这段话，觉得用来形容钱先生很贴切，但苦于不知其出处，

于是打长途电话向他求教，他很快就告诉我：它摘自范仲淹所写的《严先生祠堂记》，严先生就是汉代著名隐士严光（字子陵）。由此可见他的古典文学根底之扎实。

武际可教授不仅是一位资深的力学专家，而且是一位在力学科普园地辛勤耕耘的园丁。他建议在《力学与实践》上开辟的“身边力学的趣话”专栏在国内力学界享有盛誉，他的力学科普名篇《捞面条的学问》等脍炙人口，这在本书的作者的话里已有描述。力学科普工作不容易做，一来由于力学内容博大精深，要通俗化相当困难；二来由于力学无所不在，要描述它的方方面面的应用需要有渊博的知识。因为武教授多年来孜孜不倦地钻研各类学问，博闻强记，笔耕不辍，成了国内为数不多的力学科普专家。他认为：“科普是要把科学中最普遍的规律中的美阐发出来，以通俗的语言使尽可能多的读者领悟。科普不是猎奇。它的真谛不仅是介绍，更主要的是挖掘和阐发、是研究、是创新。因此只有作者对科学深深热爱了，并且体味和挖掘出科学规律中的美来，才能写出以科学美来感染人的文章。科普的对象不仅是青少年、门外汉，而且可以是中老年和专家。”正因为有这样的认识，他对力学科普工作才有这样持久的热情。

我们在平时讨论中谈到，与其他学科相比，力学学科的科普工作相对地落后，需要急起直追，所以，他和我共同发起组织出版这套力学科普丛书，而且他身体力行，抽时间将他近年来陆续写成的 32 篇文章结集出版，为我们这套丛书打响了第一炮。

细看这本书，有如下特点：

1. 内容丰富多彩。在作者的视野里，一些平凡琐事、常见物事，都演绎成了精彩的力学故事。例如，捞面条、倒啤酒、抽陀螺、荡秋千、掷飞盘、甩鞭子、吹肥皂、敲铜锣，都蕴涵着深奥的力学道理；马尾、豆腐、土豆、洗衣机、窑洞、钟表、血压计、被中香炉、高尔夫球、飞去来器、噗嗤啜儿、笛子等，都成了他阐释力学原理的“道具”。难能可贵的是：他没有停留在一

些浮光掠影的就事论事，而是加以广泛引申，涉及更有意义的力学应用范畴。例如：从捞面条说到铀同位素分离；从倒啤酒冒泡说到螺旋桨空泡；从洗衣机翻衣兜说到屋顶倒塌；如此等等。读了这些文章，你会领悟到力学真的无所不在。

2. 叙述深入浅出。作者娓娓道来的平凡故事，都被用于阐释深奥的力学原理。从捞面条谈到二次流，从马尾拴豆腐谈到材料强度理论，从血压计谈到伯努利定理，从《格利佛游记》的失误谈到结构力学，等等。由于用的是最通俗的讲法，读者一点也不会觉得力学原理的艰深，不知不觉中懂得了力学学生费老大劲儿才能弄明白的道理。

3. 文笔清新隽永。作者灵活自如地运用了他的丰富学识，尤其是文、史、哲方面的知识，引人入胜地描绘了一些场景和原理，唐诗宋词、历史掌故、民间传说，信手拈来，传神贴切，美不胜收，读起来真是一种高雅的艺术享受。

上面仅仅是我粗读本书后的一些感受，想必读者读了此书后会有更多的感受。因此，我向各界各个年龄层次的人士推荐本书。青少年朋友（特别是大学生朋友）读了此书，一定能了解力学的魅力、科学的魅力，更自觉地向科学进军；中年朋友读了此书，在长见识的同时，兴许还能舒解工作中的压力；对老年朋友来说，可以拿此书作为休闲时的读物，读到精妙之处可以发出会心的一笑，说不定你会受感染，投身于科普大军，积极发挥余热。

戴世强

于上海市应用数学和力学研究所

2007-11-8

大众
力学
丛书

目 录

Contents

- 1 捞面条的学问 / 1
- 2 倒啤酒的学问
——兼谈空泡问题 / 8
- 3 从土豆的内伤谈起
——漫谈接触问题 / 17
- 4 马尾为什么提不起豆腐来
——谈谈材料的强度问题 / 22
- 5 洗衣机为什么老翻衣服兜 / 25
- 6 从吹肥皂泡说起 / 31
- 7 从窑洞的冬暖夏凉谈起
——一种居室温度调节的节能前景 / 38

大众
力学
丛书

- 8 漫话高压锅 / 46
- 9 谈火的进步 / 51
- 10 钟表和力学的发展 / 58
- 11 灰尘为什么会扬起来 / 68
- 12 人类是怎样学会量血压的? / 75
- 13 被中香炉与万向支架 / 88
- 14 坐在大汽车的后排为什么比坐在前排要颠 / 95
- 15 从噗噗噔儿谈到非线性 / 102
- 16 甩鞭子为什么会响
——兼谈鞭梢效应 / 109
- 17 从抽陀螺到惯性导航 / 114
- 18 从荡秋千说开去
——漫话共振 / 122
- 19 从麻脸的高尔夫球谈起
——流体中运动物体的阻力和升力 / 131
- 20 飞盘是怎样飞行的? / 140
- 21 飞去来器为什么会飞回来? / 147

- 22 从《格列佛游记》中的错误谈起
——谈人为结构物的尺寸 / 157
- 23 跳蚤应当与人跳同样的高度 / 166
- 24 夜半钟声到客船
——谈声音和波的传播 / 174
- 25 千锤打锣一锤定音 / 182
- 26 怎样制作笛子 / 190
- 27 与公路交通事故有关的研究 / 196
- 28 说热机效率，话冷却塔 / 205
- 29 马路，是越宽越好吗？
——谈谈城市的道路规划问题 / 213
- 30 西方的“放血疗法”是怎么回事？ / 219
- 31 从“腐草化萤”说起 / 223
- 32 谈镜子和回射器 / 229
- 作者的话 / 234

7

Chapter

捞面条的学问

捞面条用笊篱，这是常识。

笊篱发明得相当早，大概有几千年历史。明朝许仲琳编的神话小说《封神演义》中说，商末周初的姜子牙发迹之前曾以编笊篱为生。小说毕竟不是可靠的史料，所以不足为凭。唐朝段成式在《酉阳杂俎》中记述了安禄山受赏赐的物品，其中有银笊篱一把。

旧时饭铺门口多挂一把笊篱作为幌子。清朝李光庭在《乡言解颐》中提到笊篱，说它的功能是“浙米、捞面、抄菜”，并附有一首诗表述以笊篱作为幌子的情景：

家无长物漏卮多，流水难盈结柳科。

晓起抄云堆白粲，夕来捞月漉金波。

莫当渔舍悬簑笠，不比欢场设叵罗。

茅店招牌供一笑，破篱低挂绿杨柯。

（注：簑笠，装鱼的竹笼；叵罗，古时的酒器）

笊篱从捞面的功能晋升为饭店的标志，说明它的普及和重要。

然而还有一种只用筷子不用笊篱的捞面方法，不知你可曾想

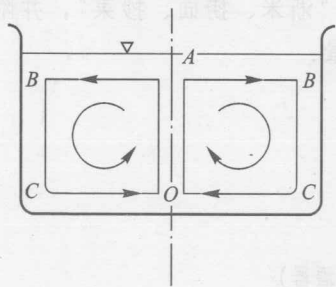
大众
力学
丛书



到。它对于手头缺少一把箊篱的新婚夫妇，或是虽有箊篱但不常吃面条（箊篱一定积满灰尘，洗起来太麻烦）的主儿，兴许还是有点意义的。

用筷子挑面条，开始比较容易，问题是剩下最后几根面条如何捞起。方法是，先使锅离火，免去沸腾带来的麻烦。然后用筷子在锅里作圆形搅动，使面汤旋转起来，这时面条便自然会集中到锅底中心，再用筷子到锅底中心去挟。如此重复几次，面条便会一根不剩。不信请君一试便知。

熟悉流体力学的人，不难对面条向锅底中心集中给出解释。这就是所谓的二次流问题。如果将旋转起来的面汤视为一次流动，这时汤的微团作圆周运动。圆周运动时微团加速度指向圆心。按照流体力学，微团的加速度和压力梯度的符号相反，所以压力强度从锅底中心向锅边是增加的，即愈远离中心压力愈大。在锅的上层，这个压力梯度同惯性力是平衡的。另一方面再看锅底的一层流体，由于锅底与流体的摩擦以及流体的黏性，这层流体的速度很小，从而惯性力也很小，这时惯性力不能与压差平衡，就产生向中心运动的趋势。粗略地说，一定存在沿图1回路OABC的流体运动，这就是二次流。正是这个流动将面条带到锅底中心，又由于煮熟的面条重度较大，二次流的强度不足以携带面条上升到汤表面跟着二次流上下翻滚兜圈子，所以面条便



准确地停在锅底中心，等待筷子去挟。

二次流现象在日常生活和自然界里是常见的。一杯泡好的茶，用勺子作圆形搅动，茶叶会向杯底中心聚集。在河流的弯道上，外圈河床要深，因为泥沙会被二次流带到内圈。

现在，让我们将前面介绍的

图1 在盛有旋转起来
面汤锅里的二次流

两种方法稍加总结。煮熟的面条和面汤混在一起，捞面条的问题是如何根据面条和面汤的物理几何性质将它们分离的呢？这样问，难免有点学究气。但请别忙，这种将两种或多种混合物的每一种组分分离开来的技术问题，从古以来，一直是科学家和工程师所执著研究的重要课题之一，一般称之为分离技术。这个问题的解决和推进，会在物理学、化学和技术发明引起革命性的变化。但是它的主要理论根据还得从力学上加以阐明。

上述捞面条的两种办法正是解决这个问题的两种典型途径。姑且称之为箴篱法和扰动法吧！箴篱的发明是很巧妙的，面条留在箴篱内，面汤在重力作用下漏走了。而扰动法，无非使混合介质造成一种运动，它的不同组分运动轨迹不同，在特定的地方去捕捉特定的物料以达到分离的目的，这就是我们能用筷子挟起最后几根面条的根据。总结起来，人类迄今使用的基于力学原理的分离技术，不外上述两种捞面条的办法的延伸而已。当然也还是有其他的分离技术，如利用沸点、溶解度不同，但这些都不是基于力学的原理，它超出了我们讨论的范围。

磨面时，要将面粉和麦麸分离，那么筛子可谓箴篱的发展。各种各样的筛子也是箴篱的变形。各种粒径的粒状物混合在一起，为了选取不同粒径的物料，就要使用不同筛眼尺寸的筛子，分级过筛。聪明的渔业人员为了捞大鱼，使小鱼跑掉，以便在它们长大再捞，便采用适中网眼的渔网。推而广之，滤纸、自来水公司的过滤池、洗衣机的甩干机，无不是特殊的“箴篱”。在自然界，地表的土和岩石构成很好的滤层，雨水经过它的过滤变成清澈干净的矿泉水。在生物机体内，无论动物还是植物，都广泛存在着不同性能的薄膜，它使一些物质通过，而糖、蛋白质不能通过，否则就会得糖尿病或肾炎。正是由于这些神奇的薄膜，才使得生物的新陈代谢正常进行。现代物理化学研究中，为了一定大小分子而用的分子筛，说到底也是一把精细的“箴篱”。这些

“箴篱”形式多样，功能不同，但共同点是一定的网眼尺寸和使介质穿过网眼的驱动力。对箴篱，驱动力是重力，而对于其他形形色色的“箴篱”，驱动力可以是重力，也可以是施加的振动、电磁力、惯性力和渗透压力、扩散的分子力等。而一般驱动力愈强，穿透物质的效率也愈高。

沿着扰动法分离技术，也可以举出同样多的例子。至今农村在打麦时还在使用的扬场技术，就是一个最原始的例子。扬场手看准了风向，将一锨麦粒和麦壳的混合物扬上去，麦粒基本上沿抛物线落下，而麦壳却被风吹向另一边，从而使它们分离。有经验的扬场手甚至可以在无风的条件下操作来达到目的。熟练的簸箕手，使用一面簸箕，施行摇、簸、溜抖等动作，能使簸箕中的谷粒、秕糠、石块完全分离。元朝王桢在《农器图谱》中所画的扬扇（图2）和现在人们使用的惯性分离除尘器的原理大致是一样

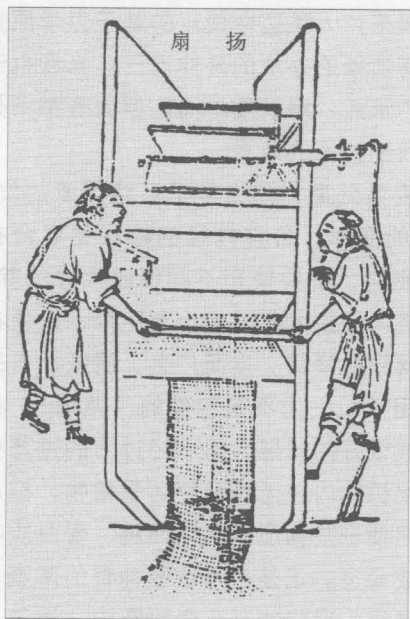


图2 扬扇

的(图3、图4)。在工业中,有一种旋转分离器,它可以造成混合物高速旋转,达到分离不同粒径的粒料、分离不同液体和除尘的目的。在自然界你可曾注意到一定的河滩、海滩上的砂粒粒度总是均匀的?这是因为那里的流动特点适宜于沉积这种粒径的砂子。近代物理中,为了捕捉不同的带电粒子,将它们加速到一定速度,然后考察它们在强磁场中的偏转,这就是精密分析混合物

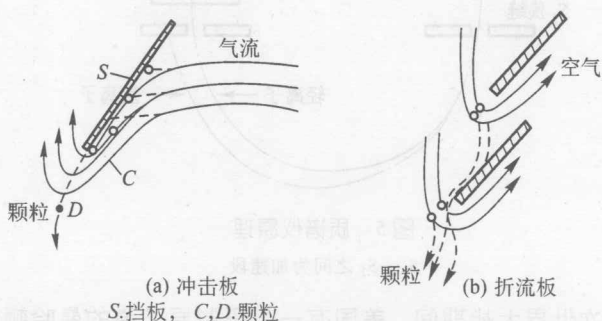


图3 惯性分离种类

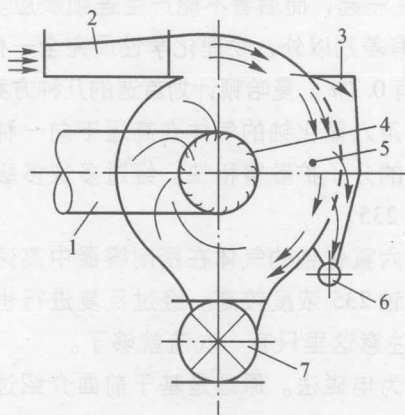


图4 切向分离器

1. 排气管; 2. 流入口; 3. 除杂室; 4. 排气内筒;
5. 折流板; 6. 杂物出口; 7. 旋转出料器