

50.59
WRT

257971

库本

青少年科学普及读物

流体世界的秘密



江西人民出版社

青少年科学普及读物

流体世界的秘密

王瑞杰

江西人民出版社出版

(南昌百花洲3号)

江西省新华书店发行 江西新华印刷厂印刷

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张 6.5 插表 2 张 字数 14 万

1979 年 11 月第 1 版 1979 年 11 月江西第 1 次印刷

印数: 1—5,000

统一书号: 15110·35 定价: 0.50 元



一切都在流动①

——古希腊哲学家
赫拉顿利图斯

注①十九世纪俄国文艺批评家赫尔岑把这句话称为人类史上最有一天才的至理名言。这句话，拿永恒运动的思想作为观察世界的基础。

目 录

绪言.....	(1)
从“奇怪的吸力”谈起.....	(6)
一、流体的“怪脾气”	(9)
“飞流直下三千尺”	(9)
失算的商人与流体的重量.....	(11)
热胀冷缩与“试金石”	(14)
潜水的感受.....	(18)
静水奇象.....	(22)
“马德堡半球”实验.....	(23)
“大自然厌恶真空”	(28)
大气压力的功劳.....	(29)
粘性引起的烦恼.....	(32)
牛顿内摩擦定律.....	(35)
流体有模型吗?	(36)
二、静止流体的学问.....	(39)
曹冲称象.....	(39)
“我找到了!”	(40)
冰山、浮石与气球.....	(44)

“观落叶浮，因此为舟”	(47)
潜游健将	(48)
石沉大海	(50)
船舶稳定的关键	(51)
铁水抬箱	(53)
大陆漂移	(56)
地面沉降	(63)
高烟囱和矮烟囱	(65)
机器中的大力士	(68)
杂技的启示	(71)
称量压力的“磅秤”	(75)
三、运动流体的原理	(79)
“束水攻沙”	(79)
打开流体力学的大门	(80)
揭开“奇怪的吸力”的谜底	(84)
浇注系统中的奥妙	(86)
香炉峰下的变迁	(89)
火箭的故乡	(93)
腾空而起的飞船	(98)
不用斗的量水法	(99)
大门上的钥匙	(106)
雷诺实验显示了什么?	(107)
水头损失的估算方法	(109)
运动物体上的阻力	(112)

流体阻力有害吗？	(116)
水流中的怪现象	(119)
液体中高速运动的《屏障》	(123)
雨滴、气泡和沙粒	(129)
四、让流体为人类效劳	(133)
水泵的故事	(133)
取之不尽，用之不竭的能源	(141)
波浪也能为人类效劳吗？	(148)
到处都有的能源	(150)
“银燕”展翅高飞的本领	(155)
形形色色的流体应用技术	(159)
有趣的动物世界	(166)
天然的流体力学实验室	(175)
流体力学的新领域	(181)
五、探索流体运动秘密的方法	(187)
相似理论神通广大	(187)
电脑技术又表新章	(190)
六、漫游流体世界，展望灿烂未来	
——幻想与现实	(192)
说不完的秘密	
——结束语	(197)

绪 言

古时候，人们常常把洪水比作猛兽，将暴风视为魔鬼。因为洪水、暴风常常给人类造成灾难。那时候，人类尚未认识它们，无力征服它们，只能任凭它们摆布。

被马克思称赞为“朝气蓬勃，咤(zhà)叱(chì)世界的大胆诗人”——古代罗马诗人季杜斯·卢克列梯乌斯·卡鲁斯，在公元前一世纪上半叶发表了长诗《论万物之本质》，诗人这样写道：



卢克列梯乌斯

“暴风猛烈地鞭打海浪，
毁灭巨大的船舶，驱散天空的乌云，
急疾地卷旋着驰过原野，
吹倒大树，刮上峻峭的山顶，
猛烈地震撼森林，
暴风，发疯也似地猛烈吹刮，呼啸着，
发出可怕的隆隆声。
所以，风虽是物体，但只凭我们的眼睛却看不见，

他能卷起尘土和海水，
狂暴地卷旋和拖曳天空中的乌云。

它们在空中流动无坚不摧，
犹如性质柔软的水。

浩荡的大河由于暴雨连绵而猛涨，
瀑布又从高山绝顶往下倾泻，
它会冲垮森林，带走断株残干。

甚至坚牢的桥梁也抵挡不住水流的猛烈冲击；
当山上的溪涧被暴雨所充溢，
就会以不可阻遏的力量往下疾泻，冲垮桥墩和木桩。

急流发出怒吼毁灭一切，
它能冲走水底的大石，用巨浪扫除一切障碍。
一阵阵猛刮的狂风恰如强大的急流，

当它们向任何方向逸出常轨，就会一阵又一阵向前猛吹，
把进路上的一切加以驱逐和摧毁，

或者就是掀起猛烈旋转的飓风，
把一切迅疾地攫住和卷走。”

诗人以气势磅礴的诗句，给人们有声有色地描绘了一幅大自然中流体运动的雄伟图景，讴歌了取之不竭的大自然的活力，闪耀着“物质不灭”的真理的光辉；同时，诗人又为那“无坚不摧”、可以“毁灭一切”的暴风、暴雨、瀑布、急流给人类带来灭顶之灾而大声疾呼，唤起人们起来与大自然作斗争。

几千年来，人类为了生存，与自然界进行了英勇顽强的搏斗，人类在与流体长期的斗争中，终于认识和掌握了它的运动规律，从而创造了一门研究流体运动规律及其应用的学科——流体力学。人类一旦掌握了这个改造自然的有力武器，流体就

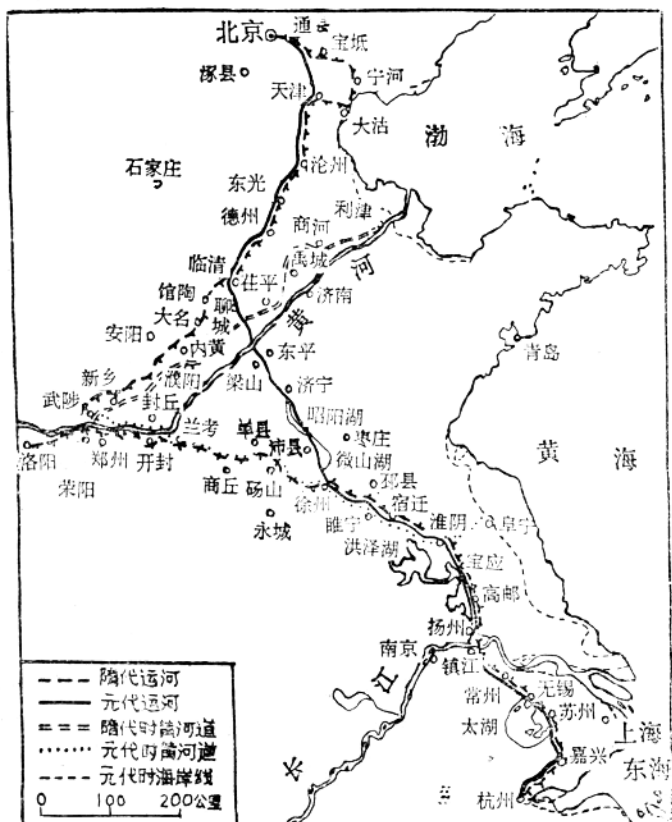
由与人类作祟而转为造福于人类。

人类对流体的认识,经历了漫长的探索道路。我们勤劳、勇敢、智慧的中华民族的祖先,在认识和征服流体方面曾创造了人类历史上罕见的奇迹:相传大禹治水之后,绵延几千年的治理黄河的斗争,自公元前485年开始开凿至隋朝(公元610年)竣工的从杭州到北京长达二千四百公里的南北大运河①;公元前250年由李冰父子率领群众修建的四川都江堰(yàn)工程②等等,它们和那雄伟壮丽的万里长城一样,既不亚于埃及人建造的

注①自然科学史研究所主编的《中国古代科技成就》(1978年版)中记述:隋炀帝的时候,为了漕运,就大开运河,经过六年,开通了二千四百公里的南北大运河。但是隋代的大运河在淮河和海河中间的一段和现在的不同,是以隋代的东都洛阳为中心向东北和东南伸展的。元代建都北京以后,要从江浙运粮到北京,为了避免绕道洛阳,就裁弯取直,形成现在的京杭大运河。它北起北京,南到杭州,全长一千七百九十四公里,沟通海河、黄河、淮河、长江和钱塘江五大水系。

②同上书中记述:都江堰位于成都平原西部灌县附近的岷江上。这是公元前250年李冰任蜀郡守后,领导群众修筑的。都江堰由分水“鱼嘴”“飞沙堰”和“宝瓶口”三项主要工程组成。分水“鱼嘴”是中流作堰,把岷江一分为二:东边是内江;西边是外江,为岷江正流。“宝瓶口”是劈开玉垒山建成的渠首工程。“飞沙堰”是调节入渠水量的溢洪道。内江从宝瓶口以下进入成都平原上密布的农田灌渠。有了都江堰,成都平原“旱则引水浸润,雨则杜(堵)塞水门”,使之成为富有粮仓,享有“天府”的称号。通过内江进水口水位观察,掌握进水流量,再用鱼嘴、飞沙堰和宝瓶口的分水工程来调节水位,这样就能控制渠道进水流量,这说明当时已经掌握并利用了在一定水头下通过一定流量的“堰流原理”。并制订“深淘滩、低作堰”作为岁修原则,使河床保持一定的深

度，有一定大小的过水断面，这样就可以保证河床安全地通过比较大的洪水流量。可见当时人们对流量和过水断面的关系已经有了一定的认识和应用。这种数量关系，正是现代流量公式的一个重要方面。



黄河与运河线路图

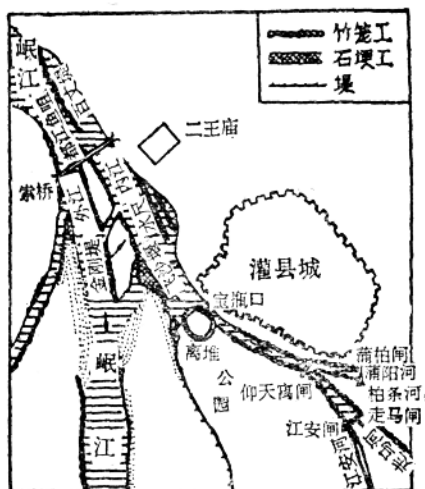


李冰修都江堰

金字塔，更不逊于哥伦布发现新大陆^①。

中国古代学者老子有句名言：“合抱之木，生于毫米。九层之台，起于累土。千里之行，始于足下。”让我们一起从头学习流体力学的基本知识，并回顾它漫长的历史发展过程吧！

注^①1492年8月，意大利人哥伦布带领88名水手从西班牙出发，去开辟到达印度的新航线，在大西洋中遇到了许多狂风恶浪，终于在1492年10月12日发现了美洲新大陆，这是世界航海史上的一个创举。

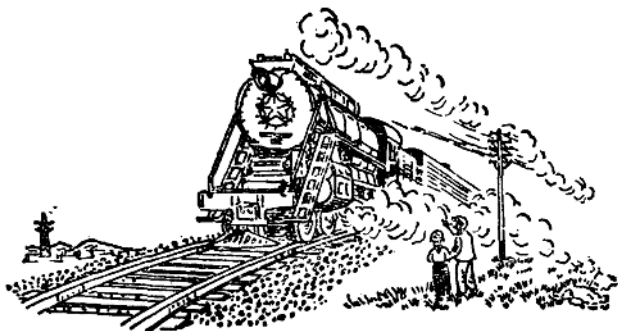


都江堰工程布置图

从“奇怪的吸力”谈起

列车在绿色的原野上奔驰，车上的一位旅客被窗外的景色吸引住了，不由自主地探出头去瞭望，他看到前面紧靠铁路边上站着一位带红领巾的女孩，正向火车招手致意。火车头已经掠过女孩身旁，女孩离车厢只有一步之远。此时，一件意外的事发生了。那女孩突然感到火车对她有一股强大的吸力，好象要把她吸进滚滚向前的车轮下面，她身子一歪，一声惊叫，眼看就要摔进车轮底下。猛然间，一只坚强有力的手把女孩向后一拉，女孩脱险了。那位旅客拭了一把额上沁出的冷汗，深情地望着站在女孩背后老师模样的同志，挥手向他致意。列车吼叫

着奔向远方。



看了上面的故事，你一定会想起：在火车站的站台上，靠近铁轨的两边大约1米的地方划有一道白色的安全警戒线。每当火车进站时，车站服务员都要招呼大家站在安全线内，以免发生被火车吸过去的危险。

难道火车上装着强大的能吸人的“磁铁”吗？

历史上曾经发生过一起海上奇案：那是1912年的秋天，英国的一艘当时世界上最大的远洋轮“奥林匹克”号正在大海里航行，当它以高速追上了与它同方向前进的另一艘船时，发生了一件怪事，正当两艘船平行向前疾驶时，小船突然被“奥林匹克”号吸了过去，无论驾驶员怎样拨正航向也无济于事，最后小船把“奥林匹克”号撞了个大洞，几乎使“奥林匹克”号沉没海底。



这到底是驾驶员的过错呢？还是“奥林柏”号船上装有强大的“磁铁”呢？

我们不妨做个实验：用两张纸，相距3~4厘米，然后用嘴在两张纸中间用力吹气，这时我们可以看到，两张纸不但不会被吹开，反而象有股吸力似的使它们互相靠拢。

其实，火车吸人，两船相撞，两纸相吸……造成这一切现象的原因，既不是车上和船上装有强大的“磁铁”也不是纸存在什么魔力，而只不过是那些与人们朝夕相处的空气、水等流体的作用。



那末，这种奇怪的吸力到底是怎样产生的呢？

要解开这个谜并不难，只要 we 和流体交个朋友，去熟悉它的“性格”和“脾气”，摸清它运动的规律，那时你不但可以揭开奇怪吸力的谜底，而且你将自由自在地闯入流体力学的神秘宝库，去漫游流体世界，揭示流体运动的秘密，从而获得许多宝贵的科学知识。

一、流体的“怪脾气”

“飞流直下三千尺”

自古以来，人们对自然界中浩瀚（hàn）的大海、滔滔的江河、飞泻的瀑布、凶猛的洪水和狂风暴雨等等自然现象留下了深刻的印象，人们在和大自然的长期斗争中，逐步形成了关于流体的概念。

我们知道，自然界的物质通常以三种形态存在，即气态、液态和固态，人们称为“物质三态”。①例如大气是气体，水和油是液体，常温下的各种金属、木头、石块是固体。气体、液体和固体，虽然三者各有不同的“性格”和“脾气”，但气体和液体却象一对“双胞胎”，有着许多共同之处，它俩与固体之间有个特别明显的区别，这就是只要给它们作用一个很小的力就会发生流动，因此把它们叫做流体（而固体在外力作用下只能移动和转动）。比如夏天，我们用扇子一扇，空气流动就成为风，给人凉快的感觉。唐代诗人李白曾用“巨灵咆哮擘（bò）两山，洪波喷流射东海”和“飞流直下三千尺，疑是银河落九天”②的豪迈诗句，描写了黄河水流及庐山瀑布的壮丽景象。奔腾咆哮的黄河，飞流直下的瀑布，都是水在地球引

注①现代科学发现，除了通常所说的“物质三态”外，还有等离子态、超固态和中子态等。

②“巨灵咆哮擘两山，洪波喷流射东海”引自李白《西岳云台歌送丹邱子》一诗。“飞流直下三千尺，疑是银河落九天”引自李白《望庐山瀑布》一诗。

力作用下产生流动的情景。中国的汉字有许多是象形文字，“流”字就是由三点水“氵”、风云的“云”和河川的“川”三字组成的，而雨滴、风云和河川都在川流不息、永不休止地流动着。

那末，流体为什么容易流动呢？要回答这个问题，还得从物质的构造谈起。我们知道，任何物质都是由分子组成的，而分子又是由更小的原子组成的。分子之间存在着相互作用力，就好象地球与月亮、太阳之间存在着相互作用力一样。由于物质内部分子“排队”的队形不同，也就出现了气体、液体和固体三种不同的聚集状态。流体内部的分子队形排得很稀，就象我们早晨做广播体操时彼此相隔开一定的距离，做起操来谁也碰不到谁，因此分子间的作用力就比较小，只要外面给它作用一个力，单个分子就能运动，而整个流体就会失去平衡，产生流动。而固体内部的分子队形排列得很严密，就象在看电影时每人一个座位、紧紧相挨，分子间的相互作用力较大，只能在各自的座位上作振动，而不得离开座位活动，在外力作用下，只能连人带座位一起移动或转动，而不会流动。

流体和固体在流动性上的区别，是以一定的外界条件为前提，而不是一成不变的。当外界条件变化到某个特定条件时，固体也可转化为流体。例如：玻璃、沥青和铸铁在常温下都是固体，如果给它们加热，随着温度的升高，开始是沥青出现流动，其后玻璃和铸铁也都会相继变为液态而产生流动。这是什么原因呢？这是因为加热后，固体分子随着温度的升高，活动能力增加了，振动越来越大，当振幅达到某一限度时，分子就会离开原来的座位而迁移，继续加热，迁移的分子越来越多，最后，在固体里面分子迁移位置成为普遍现象，固体也就变为流体了。由于各种物质的分子“队形”不同，因此达到流动状

态的温度也不同，所以沥青、玻璃和铸铁会随着温度的升高而先后变为流体。

在日常生活中，我们还经常看到液体和气体的相互转化。例如烧开水，在1个大气压力作用下，加热到 100°C 时，水就开始汽化，有大量汽泡从水中逸出，出现沸腾现象，水就开了。如果我们不将水加热，而设法使常温（ 20°C ）水的水面上压力下降到0.024个大气压力，水同样会汽化而出现沸腾现象。所以，我们常常听说青藏高原上不易煮熟饭，就是因为高原地区的气压低，水烧不到 100°C 就开始沸腾，生米也就不易煮成熟饭了。由此可见，液体和气体在一定温度与压力条件下可以互相转化。在一定温度下，液体开始汽化的临界压力，叫做汽化压力。

总之，气体、液体和固体三种聚集态的区别，在于分子间的距离和分子间的作用力有大有小，以及分子运动的类型各有不同。一般说来，从固体转变为液体，从液体转变为气体和从固体转变为气体的过程都是从分子排列密、相互作用力大的状态，转变为分子排列疏、作用力小的状态。同一物质所以会表现为不同的聚集态，完全是由温度和压力的条件来决定的。

空气和水是我们最常见的流体，那么铁水呢，它是熔融状态下的固体，但它也有流动性，所以也是流体，这些流体都是我们需要研究的对象。

失算的商人与流体的重量

“空气有重量吗？”

现在，只要稍许有些物理知识的人都会作出肯定的回答。但在过去很长一段时间里，空气却被人们认为是没有重量的。

曾经有过这样的故事。那是1909年，飞机刚发明不久，飞