

生活科学文库

水

13.5-117.68/



生活科学文库

水



丛书:

航海的人们
第二次世界大战
人类的行为
世界原野奇观
世界各大城市
缝纫的艺术
人类的起源
时代生活园艺百科全书
生活摄影丛书
世界烹饪丛书
时代生活艺术文库
人类的伟大时代
生活科学文库
生活自然文库
家庭实用丛书

SERIES:

THE SEAFARERS
WORLD WAR II
HUMAN BEHAVIOR
THE WORLD'S WILD PLACES
THE GREAT CITIES
THE ART OF SEWING
THE EMERGENCE OF MAN
THE TIME-LIFE ENCYCLOPEDIA OF GARDENING
LIFE LIBRARY OF PHOTOGRAPHY
FOODS OF THE WORLD
TIME-LIFE LIBRARY OF ART
GREAT AGES OF MAN
LIFE SCIENCE LIBRARY
LIFE NATURE LIBRARY
FAMILY LIBRARY

专辑:

生活杂志精粹
生活的电影世界
生活在战争中
婴儿是怎样形成的
濒临绝种的动物
摄影的技术

SINGLE TITLES:

BEST OF LIFE
LIFE GOES TO THE MOVIES
LIFE AT WAR
HOW BABIES ARE MADE
VANISHING SPECIES
THE TECHNIQUES OF PHOTOGRAPHY

生活科学文库

水

卢纳·B·利奥波德
肯尼思·S·戴维斯
与时代-生活丛书编辑合著

原出版者：时代公司
特辑版出版者：科学出版社
时代公司

目录

1	一种奇异的化合物	8
	图与文：不可捉摸的水分子 16	
2	太阳力推动的一种循环	32
	图与文：从海到海的长途航行 42	
3	地下水库	54
	图与文：替地下水世界画图 62	
4	雕刻地球	74
	图与文：水怎样塑造景观 84	
5	生命的源泉	102
	图与文：必不可少的液体 110	
6	文明的源泉	120
	图与文：一条大河的剖面 128	
7	全能的物质	144
	图与文：使水投入工作 154	
8	丰富之中的匮乏	170
	图与文：从肮脏到可以饮用 178	
	水文学的词汇 192	
	美国城市供水的化学成分 194	
	参考书目及志谢 195	
	索引 196	
	图片来源 199	

时代 - 生活丛书

总编辑: Jerry Korn

生活科学文库特辑版

校订者: 李旭旦

编辑: 陈菲亚

本书译者: 陆漱芬

Authorized Chinese language edition

© 1981 Time Inc.

Original U.S. English language edition

© 1980 Time-Life Books Inc. All rights reserved.

Second edition. First Printing.

内容提要

在很多方面，水的故事就是生命本身的故事。水是地球上每种生物赖以生存的主要物质。人不仅要饮水，并且要用水作能源、以及用水来运输和灌溉。鉴于现代技术上需要越来越多的水，人必须不断发明新的方法来开辟新的水源并对人污染了的水重新加以利用。

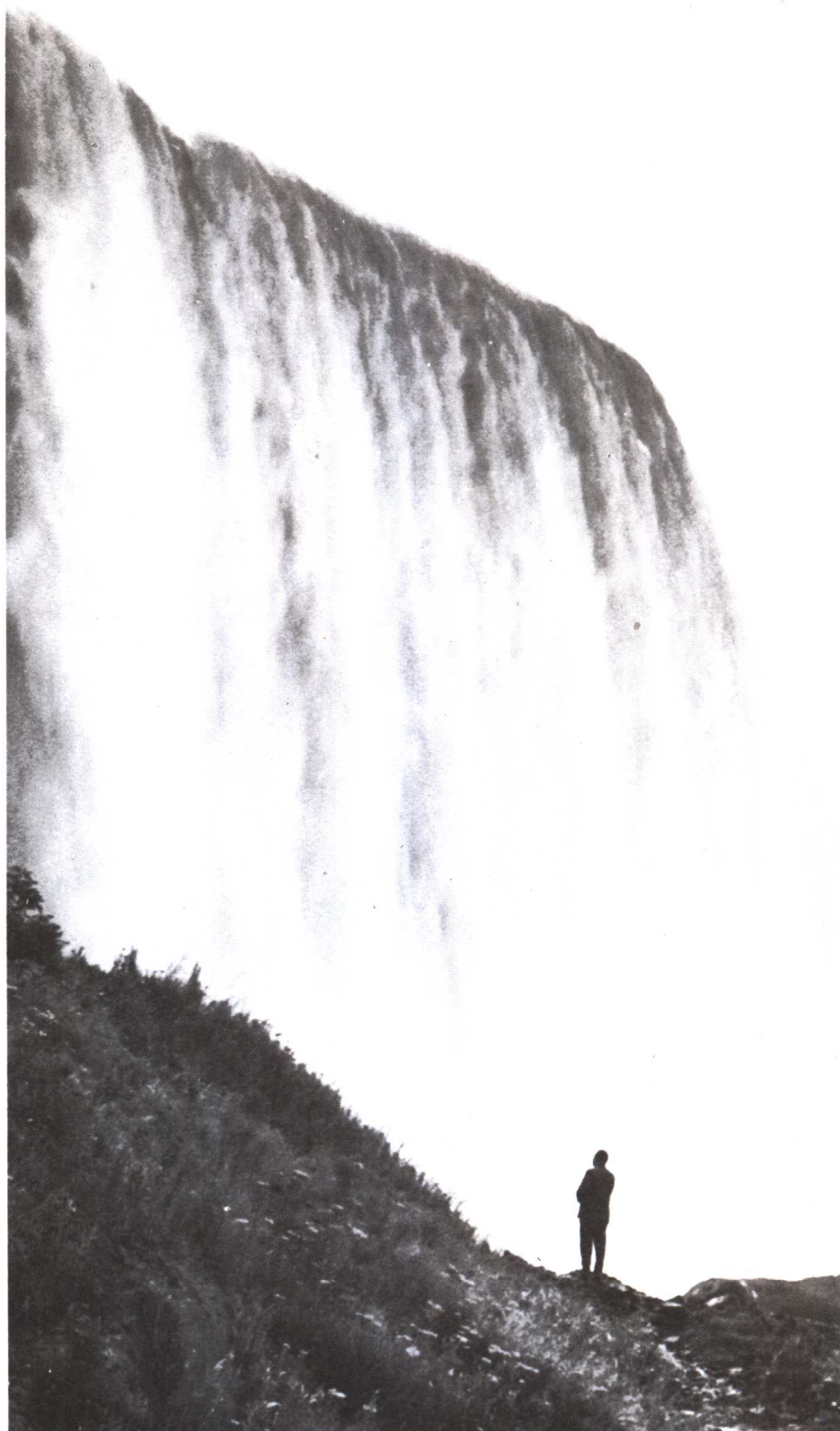
本书介绍了水的性质，水能干些什么和人类对水的利用情形。书中每章都附加了一篇“图与文”，可单独阅读。例如，第二章“太阳力推动的一种循环”解释了水文的循环；后面就附加了一篇图与文，标题是“从海到海的长途航行”，这篇图与文从不同的角度介绍了同样是无止境的、水由海到大气层、再到陆地、然后又回到海的旅程。

作者

卢纳·B·利奥波德(Luna B. Leopold)是美国伯克利加利福尼亚大学地质系的土木工程师、气象学家、水文学家和地质学家，是《洪水控制论争，地貌学中的流水过程》和《环境规划中的水》两书的合著人之一。利奥波德博士曾获得美国地质学会的柯克·布莱恩奖金和荷兰皇家地理学会的费特奖章，为美国国家科学院院士。

肯尼思·S·戴维斯(Kenneth S. Davis)是《咆哮的河流》的作者，《水：科学的镜子》的合著人之一。戴维斯博士还写过不少长篇小说，写过德怀特·D·艾森豪威尔和艾德莱·E·史蒂文森的传记，并写了叙述第二次世界大战中美国故事的《战争的经验》一书。

1 一种 奇异的 化合物



水虽然是极为普通的东西，却是一种特殊的物质。它到处分布，以大洋、冰原、湖泊和河流的形式覆盖着几乎四分之三地球表面，这些水体拥有3亿2,400万立方英里(13亿5,000万立方公里)的容积。在地面之下还以地下水的形式储有200万立方英里(830万立方公里)的水，在地球的空气层里另有3,100立方英里(12,900立方公里)的水，主要是水蒸气。

地球在诞生的时候就有这些大量的水，多数科学家认为在地球的原始海洋中就有了生命，水不断地供养所有的生命——有些很简单的生物没有空气也能生存，但是没有哪种生物可以没有水而生长——又创造了伟大的文化，但有时却又对文化的毁灭负有责任。在亿万年的时期里，水是形成和改变地球表面的最为强大的动力之一。冻成滑动的冰川，它能雕刻出山岭的景观，挖出巨大的凹地和湖盆，改变河道并把泥土和砾石搬运到遥远的地方。作为下降的雨水和流动的河流，它能夷平大山，造成宽阔的河谷和陡峻的峡谷，并冲蚀最坚硬的岩石。作为冲击的波涛和澎湃的海浪，它能持续地侵蚀海岸，改变岛屿和大陆的轮廓。水决定着天气，形成作物和森林赖以生根的土壤；作为蒸气或水力发电的动力，它还能发动现代化技术中的机器，从烤面包到创造晶体管收音机的半导体，几乎在所有的制造业过程中，水都是不可缺少的。

作为一种物质，水是无臭、无色和无味的。它能在世界事务中起着一种不寻常的作用，是因为它的特性看来并不枯燥乏味。作为一种化学物质，水是独特的，它是一种非常稳定的化合物，一种很好的溶剂，又是一种强大的化学能源。水与大多数的有机物质不相接近，却被大多数的，包括它自己在内的无机物所强烈吸引；事实上，它自身的分子连结得比某些金属的分子还牢固。它凝结成固体时，不象几乎所有其他物质那样收缩，而是膨胀，于是就出现较轻的固体浮在较重的液体之上这一异乎寻常的后果。水能吸收和释放比绝大多数一般物质更多的热量。在许多物理和化学性质方面——如凝固和沸腾时的温度——水是特殊和异乎常规的。而且这些异常的特性差不多都渗透了人类的生活，象天然的消化过程，或人工的蒸汽机操作。

水的所有特殊性能可以从它的分子结构来追溯。两个氢原子和一个氧原子(H_2O)合起来的水，结成一种非常牢固的分子，要把水分裂开来需要巨大的能，事实上直到大约180年之前，水还被认为是一种不可分裂的元素，不是一种化合物。

水的稳定性的转换甚至更为有趣。同样的道理，氢和氧原子抵制把它

水以最令人敬畏的形式，在尼亚加拉瀑布美国的一边，隆隆冲下51米。

们拉开的力，它们总是愿意合在一起。象擦根火柴那样任何微小的推动亦可形成它们的结合。厨房窗上的水蒸气是在炉里的火焰中由煤气中的氢原子和空气中的氧原子联结而成的。甚至人体也能在消化食物的过程中合成水——大致每周有半加仑。

虽然水在分裂时必须吸收非常大的能量，水在合成时也要放出同样数量的能量。大约0.5公斤的纯氢和4公斤的纯氧，如果合成4.5公斤水的话，放出来的能量足以供60瓦的灯泡点亮325小时。氢-氧的反作用确实是很好的能源。宇宙飞船“双子星5号”曾首先应用有氢-氧反作用的燃料电池，作为长效的动力发动机。

缚住原子的结

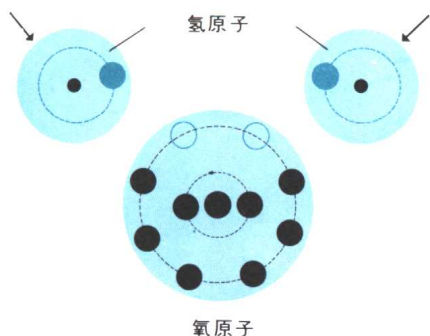
这种惊人的能量完全来自水分子中缚住两个氢原子与一个氧原子的巨大的力。形成原子外层的那些电子之间建立了连结，那是一种强力的链，称为共价键。

氢原子只有一个“层”围绕它的核：虽然这层可容两个电子，但它只有一个。氧原子的最外层能容纳8个电子但只有6个。这些没有填满的层是不稳定的——不能稳定地保持着有活力的电子，它们会迅速地与其它电子联合，以便填满这一层的所有空间。填满了的外层才是一种稳定的形式，一旦构成了这种形式，就顽强地抵制分裂。

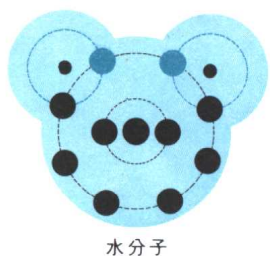
一个氧原子加上两个氢原子上的电子就能填满它的外层。与此同时，氧原子的两个电子与两个氢原子的外层联合，也会把它填满。这就是说，这些电子为三个原子所共有，赋予了水分子的显著稳定性。

共价键是水的另一些特性的基础——例如成为一种强力的溶剂。这种性质是从分子的形式来的。当两个氢原子与一个氧原子结合的时候，联成一种不对称的分子，氢原子位于氧原子的一侧，彼此构成一个 105° 的角有些象一只兔子头上的两只耳朵。这种畸形结构的后果之一是电荷的一种不对称分布，水分子的氢的一侧变成正电荷，氧的一侧成为负电荷。这样，分子变成了两极——相当于一根磁棒。一侧的电荷不同于另一侧，正好象一块磁铁两端有不同的极。

两极在电荷方面的作用很象一根磁棒对磁性的作用。正的一端会被负电荷吸引，负的一端会被正电荷吸引。从这些电荷获得的电力能抵消其它电荷的影响。当水接触某几类化合物时，这种作用变得特别明显。



形成一个水分子时，两个氢原子和一个氧原子的共有电子填满了它们的电子轨道。有一个电子绕它的核旋转的每个氢原子，需要再加一个电子才能变得稳定。外层有六个电子的较大的氧原子也需要再加两个电子来填充它的轨道。当三个不稳定的原子把它们的电子集合起来时(下图)，就成为一个稳定的水分子。



在许多物质中，原子不是由共价键而是仅由电引力结合起来的。食盐——氯化钠——就是一例。在这种化合物中，每个原子带有正电荷，因而吸引其他原子，以保持盐分子的结合。如果带电的原子或离子之间的吸力受到阻碍，这个分子就要分裂。

如果一个水分子开始嵌进形成盐分子的两个离子的中间，它的两极作用将消除离子间的一些电吸力。吸力减弱会使离子分开，使水能更多地浸进，更快些瓦解两极作用。水以这种方式进入离子之间，消除着它们的相互吸力并分开他们。这些分离了的离子就全被水包围——被溶解了。由这种称为离子键的单一电键结合的很多化合物，都是易溶于水的。

在天然分布于地球表面上的所有物质之中，水是最常用的溶剂。事实上，水是最好的溶剂，经常含有杂质，自然界中如果有纯水的话，大概也很少。从一个玻璃杯中吸出的水，除其他东西外，还可能含有极小量的玻璃分子。在空中凝结和降落的雨水，会溶解着大气中气体那样的一些物质。落到了地上，雨水仍然能溶解其他物质。几乎所有化学元素的半数能溶解在天然水中——有些只是小量的，有些是大量的；地球上的每条溪流、小塘、湖泊或大海都是一种水溶液。海水是非常浓缩的水；千百种的有机和无机物质、千百种金属和非金属组成它的“盐”总量。

一种不寻常的物质

电荷的不对称赋予水分子一种溶剂的功能，间接地也是其他异常特性的根源。其中最重要的，又因它是如此简单而常被忽视的特性就是冰的漂浮。按物理行为的所有规则而言，冰是不该如此的。几乎每种物质，不管是固体、液体或气体，总是在温度下降时体积就缩小。在它收缩时，它变得更紧密。因此，液体状态的物质总是比气体状态为重，固体状态比液体状态为重。

水在气态时，完全符合这个规则。如果是液态，在温度下降到冰点的96%过程中，也稳定地收缩，但到达39°F (3.9°C)时，不同情况发生。再继续冷下去，水却膨胀而变轻，到32°F (0°C)时，它凝结成固态，变得更轻，一直到它最后扩大了大约9%的体积时为止。

虽然冰的这种膨胀对管理家务的人可能是麻烦的，他要对付冬天冰冻后水管的突然破裂，但对世界的其余地方却是幸运的。

如果水象其他液体那样地凝固，地球上将不会有生命，因为水会不可

避免地在海、湖和江河中结成永不融化的冰。现在的情形是，冬天来到时，水形成了冰，悬浮在水体表面，成为一个隔热层，保护了下面的水不再冻结。假使冰比水重，它就会沉到底部并从那里渐渐堆高，不久，那些现在只有表面盖有一层冰的湖泊和北冰洋就会全部冻结成固体，可能在最热季节，这个冰结成的固体最上层才会融化，有一层薄薄的水。世界上多数的水源，植物、动物或人都无法利用了。

随着这样的一种情况而来的最重要的影响之一，将是世界气候的巨大变化。在这种冰封的世界里，每天温度的升降可能达几百度，季节间的交替变化甚至更为剧烈，围绕这个世界吹个不停的风是早燥而焦灼的。因为要有水吸收并储存太阳的热量和慢慢地把热量释放出来，世界气候才能变得温和。

水在凝固中的热

十八世纪后半叶，一位苏格兰的化学家布莱克（Joseph Black）仔细地观察了这部分机制作用。在他死后出版的《化学原理讲集》之中，编者说：

“因为冬天里一个阳光灿烂的晴天不会立刻融化掉山上的积雪，一个严寒的夜晚也不致突然地在池塘中盖上一块厚冰，布莱克博士早已确信，这是因为从雪花里慢慢地滴出来的水吸收了大量的热并储存起来；另一方面是水慢慢地变成冰的时候，它放出了很多热。所以，在融冰时，把一只温度表从空气中移到融化的雪水里，温度总是下降的；而在严寒日子里，把温度表插进冰水中，温度就上升。由此可见，第一种情况是雪在接受热量，后一种情况是水让热量再放出来。”

根据这样的观察，布莱克发现了水的两个重要特性。第一，他认识了水的极大的热容量，也就是它的吸收热量的能力。热容量可解释为某一特定数量的物质升高到一定度数的温度所需要的热量，把水烧热需要大量的热——每个主妇都明白这样一件事，即壶内的水还冷的时候，壶的柄已经烫了她的手。水壶本身的铁热起来比水大约快10倍；使它的温度升高到一定的度数所需要的热量比水少得多。

布莱克的第二个发现是称为潜热的奇怪事实。称这种热为“潜”是因为它完全用在改变物质的形态，不改变物质的温度。例如，一个固体融化时，它吸收一定量的热——精确的数量因物质而不同——一直到它完全融

化时为止，温度一点也没有升高。如果把这过程倒过来，就发生相反的作用：液体物质凝结时，放出热量而温度一点也不下降，这放出的热量恰恰等于它先前吸收了而没有使温度升高的那么些热量。

水的潜热异常大。冰完全变成水——温度不变——所需要的热量相当于等量微温的水达到沸点所需热量，大大超过多数其他普通物质融解时需要的热量。例如铁的融点是 $1,517^{\circ}\text{C}$ 。其固体一旦达到这样的温度时，如再增加可以烧热450克水的热量，就可以融化8倍的铁。当水再凝结成冰的时候，它会在凝结过程中释放出在融化时吸收的同样多的热量，放出来的这种热量能使四周环境保持温暖。

因为水有潜热能力，在夜间冷得结冰的时候，放在花房里的一盆水就起着储备供应热量的作用。盆里有些水到了第二天早晨可能已经结了冰，但是在它结冰的过程中释放的热量，使室内空气比室外暖和。所以，住在海边的人比住在内陆的人度过较为暖和的冬天，虽然两地都受到同一风暴的袭击。另一方面，在一种老式的冰箱里，冰的融化从周围的食物中吸出热量。同样地，冰块使饮料变凉，并不全是因为冰是冷的，而是因为它在融化过程中，从周围的液体吸收着热量。

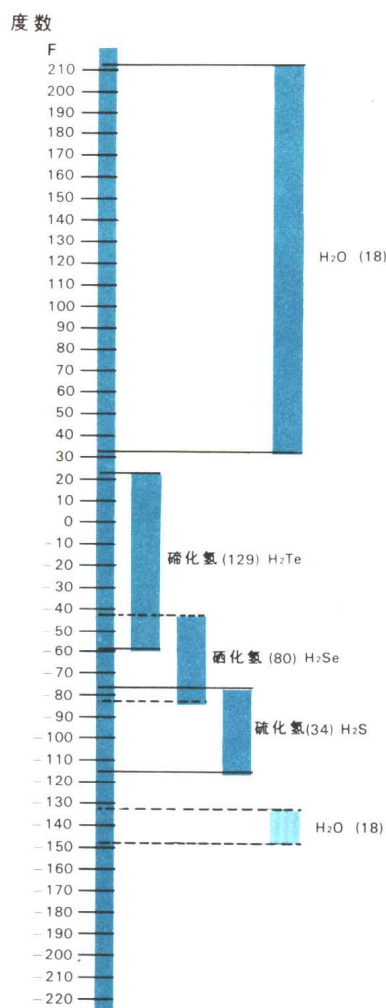
一种物质在蒸发或凝结时，它吸取或丧失能量，和它融化或冻结时一样。把液体加温到沸点时，就有一个热量被吸收而温度不升高的暂短停留时间，仅仅将液体转化成气体。如果以后再将蒸气持续地冷却，在沸点时温度又将停止下降，虽然热量继续在释放出来。这种停留和温度保持不变的现象要持续到所有气体都已变成了液体时才止。

谈到蒸发的潜热，或者与其相反的潜热，即凝固的潜热，水比其他多数的物质都大。沸水变成水蒸气需要吸收的热，五倍于把冰水变成沸水时需要吸收的热。水蒸气凝结到恢复液体状态，又恰恰放出等量的热。

从天空来的能量

由于水的潜热的效果，天空中水蒸气的每个分子和云里的每颗雾滴都是一种热能的空气团。这种水蒸气在大气层中的流动形成了全球气候和局部地区的天气。

水蒸气中储藏的能量可以从夏天里飞腾的积云变成高耸的雷暴云砧来观察。当云里的水蒸气冷却并凝结时，释放出大量的热能，云内的温度使水汽沸腾，产生暴烈的对流。雷暴云砧内部的上升和下降气流可达到飓风



水的温差范围——如本图所示，冰点和融点之间这一跨度是奇怪地不按化学理论来安排的。在构造上与水相似的物质——H₂Te, H₂Se, H₂S——按正常模式降低等级，分子量愈低，温差范围愈低愈窄。水是这四种物质中分子量中最低的一种，温差范围都应该属于底部(灰蓝色柱)。但事实上，水的温差范围是在图中最高部分。化学家认为水分子本身之间有强力的键使它结冰较快，但到了较高点才能沸腾，不同正常。

注：摄氏(°C)度数 = [华氏(°F)度数 - 32] × 5/9

的风力；一个夏天雷暴释放出来的总能量等于一颗大的原子弹。如果能把它能量集中象一颗原子弹那样的话，它就可以产生同样大的破坏作用。

水的凝固和沸腾的温度也是异乎常规的。水在 0 °C 凝固，在 100 °C 沸腾。这不符合同类化合物的模式。多数的同类物质都有可以预告的沸腾和凝固的温度：一种有秩序的沸点和凝固点的级数，是随着分子量的增大而增高的。在化学上与水同类的四种化合物的一属之中，水最轻，应当有最低的沸点和凝固点。如果水遵循它的化学姐妹的模式，应当在一 91 °C 左右沸腾，在一 100 °C 左右时结冰——这样地球上就可能没有液体的水，只能在空气中找到水蒸气了，幸运的是，水在这一属中是离奇的：它的沸点和冰点不是最低而是最高。

水与热之间的奇特关系可以从水分子具体结构来探索。电荷集中在两端的不对称的分子被其他有相似电荷分布的分子所吸引。这些极性的分子，正负相吸连接在一起，象许多非常微小的磁铁。这样的电子结，名为氢键，最容易使一个水分子去连接另一个水分子——一个分子的带正电荷的氢的一侧拴住了附近的一个带负电荷的氧的一侧。

冰晶的空心模式

由于每个分子有两个氢的正“端点”，但只有一个氧的负“端点”，这样的连接构成了特殊的模式，象雪花那样的六角结构。雪花的六角星是冰晶中比较普遍形态的一种变态。当每个水分子与另外四个水分子相结合，这四个水分子又各自结合另外的两个水分子时，就构成这种形状。这样一种连接系统组成的固体结晶，就象一个伸长的金字塔。金字塔内部没有原子——是空心的，是一种充满空气的、而且重量轻的结构。这就是为什么固体的水——冰——比液体的水轻的原因，在凝固时，水由氢键牢牢地拴住而形成一种空心的架子。

只有在固体状态时，所有水分子是由氢键连接在一起的。在固体结晶中形成的这种模式使得冰能漂浮。这就是水结成冰时会膨胀和液态水在 0 °C 到 3.9 °C 时出现奇异行为的原因。

冰加热到融点时，一些氢键分裂了，分子的模式排列开始瓦解。这时分子可以移动得更靠近：液体的水就比水结成的冰更为紧密。由于分子的密集而形成的水的密度，在冰的融点 0 °C 到 3.9 °C 左右时，继续增加。在这段很小的温度范围内，有些分子仍然结在一起，成为冰的模式，另外一

些分子，氢键已经分裂，就自由地运动着，随着温度的上升而增加着运动的速度。到了 3.9°C 以上，更多的氢键分裂了，有足够的分子能够加速运动，使水因温度的增加而膨胀（因为分子不再密集），这就和别的物质一样了。

粘紧的氢键——分子之中最坚固的一种键——还使水的行为得到其他有用的特性。分裂氢键时需要很大的能量——热，此种情形足以表明氢键的力量。这就是为什么升高水温必须提供很多热的原因，也是为什么水的冰点和沸点异常高的原因。

但是，氢键的最奇怪的结果，可能是水在管子内部可以向上爬的不寻常能力，好象是和地心吸力挑战似的。每个人在饮水的玻璃杯中可以看到水的边缘有些向上微微的弯曲，它粘着玻璃杯内部，轻微向上，形成象嘴唇那样的边缘。液体沿固体物质表面而升高的趋向称为毛细管作用。在一个非常细的管子里，毛细管的作用足以抵制地心吸力而使水升高，有时可达相当的高度。对于水穿过土壤，植物从根部吸收养料和人体血液循环，毛细管作用都很重要。

由于在管子里的氧原子和水分子之间形成氢键，管子才把水推上去，这种引力使水的边缘升高。但是水自身内部的键同时拉紧水面，尽量使其平坦，这些相互的作用，以一种交替过程逐步地把管子内的水升高了。先是水的边缘升高，于是水中的张力尽力拉平水面，又把更多的水带上已经升高了的边缘。这样的进程，要进行到已经升高了的水的重量与推动水的边缘上升的毛细管力量互相平衡时，才停止下来。

水龙头边上的张力

在一个滴着水的龙头上最能看出一个水面上建成的氢键的强大张力。首先出现在龙头口的水的平面薄膜好象是一片圆的很薄的透明橡皮。象一张有弹性的膜一样，龙头口薄膜包的水重量增大时，薄膜就慢慢地鼓起来，但并不破裂，最后它好象把自己从水龙头上拉开，并在一个自由下落的水滴周围碎开。这个水滴如果不受空气压力而变形，会成为一个完整的球体。所有的形状之中，球体是一种单位体积内具有最小表面积的几何体。下落水滴有这种形状才能成为最紧密的整体。

因此，在下落的水滴这样常见的形状中，可以看到使水具有特殊性质的分子力——这些难能可贵的性质，使水成为地球上最重要的一种物质。

不可捉摸的 水分子

如果地球上最普遍的物质——水,突然开始象它的分子结构那样行动起来,生命就要遭到一系列的巨大灾难。血液会在身体中沸腾,植物和树木会凋谢死亡,世界会变成一片干燥的荒原。但是水分子结合在一起不同于其他化合物,由于这一原因,它们具有独特的和自相矛盾的特性。

例如,水是液体比固体重的很少物质之一。液体的水能够在管子不顾地心引力而向上爬升。水很仁慈,无数种生命能在水中生存;水又有腐蚀性,经过相当的时间,它可以分解最最结实的金属。虽然看起来水可以那么容易地改变它的形态——有时一条河或一个湖里同时存在它的固体、液体和气体——但水发生这些转化一定会放出或吸收巨大的能量,实际上,融化一座小冰山时需要吸取的热量,可以驾驶一条大轮船横贯大西洋100次。

水的三态

一股热的水流在一块冰上凿出锯齿状的洞时,水表现出它的所有三种形态。有些水分子立刻分散,成为看不见的气体,然后

迅速冷却,凝结成小水滴,在冰块上形成升起的雾团,随便什么时候,水作为冰的形式时,总有一些液体和气体。