



机会之泉

[美] H. G. 戴明 著

水

机 会 之 泉

〔美〕 H. G. 戴明 著

向世武 肖 玲 译

—— — — — —
科 学 出 版 社

1 9 8 5

内 容 简 介

水与人类的生产、生活和娱乐息息相关，然而我们关于水的知识却是很贫乏的。

本书系统地介绍了水的分布、水的循环、水的性质、水资源的开发和利用、各种土地和农作物的灌溉、江河的防洪、海水的淡化、水的污染和环境保护等问题，文笔生动，侃侃而谈，公推为这类书籍的佼佼者。

凡具有初中以上文化水平的人均可阅读——本书的读者对象是不分职业的。

H. G. Deming

WATER

The Fountain of Opportunity

Oxford University Press, 1975

水

机 会 之 泉

(美) H. G. 戴明 著

向世武 肖 玲 译

责任编辑 蒋太培

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1985年6月第 一 版 开本:787×1092 1/32

1985年6月第一次印刷 印张:11 3/8

印数:0001—3,300 字数:255,000

统一书号:13031·2918

本社书号:4154 13-18

定价:2.10 元

前 言

从人类文明的初期开始，从人们之间的交往形成“社会”以来，水一直是社会所关注的问题。地球上的水源有降雨、降雪、江河、湖泊、海洋和含水岩。这些水源决定了民族和国家的发展形式。

早期的游牧民族使其游牧的路线和风俗习惯适合于自然界变化莫测的降水。当人们为了从事农业而开始定居下来之后，管理用来灌溉和饮家畜的水源便成了人类最早的技术。

最早的法典反映了政府对水的管理和水权问题的重视。我们从《汉莫拉比法典》和《旧约全书》中都可以找到这方面的资料。罗马帝国创订了系统的水法，开凿了许多沟渠。

《大宪章》和由我们的大陆会议制定的《西北法》都指出了自由使用通商水路的意义。水源对于社会和政府的重要性至今仍未消减。复杂的大都会的文明和先进的技术产生了对水的新的需求。各种尖端的工业法、大型的发电站和先进的卫生系统是现代主要的耗水者。各种古老的用途仍然很重要。农业耗水仍然占全国耗水的绝大部分。现在仍然是主要通过水路进行商业贸易：水路是许多大城市的生命线。

我们的文化也在不断增加自然形态的水的价值。户外活动、钓鱼、野生生物的保护、甚至湖泊和河流之美，都使得水的价值超出了传统的用途。

水是一种基本的资源。在大多数地区，水是一种有限的或很缺乏的资源。水对于人类永远是重要的。在水的质和量方面的呼声势必会越来越大。

因此水源的管理会继续提出值得任何天才、知识和技术社会认真对付的挑战，也会向领袖与公民，向议员、律师、科学家、工程师和农民，向水源计划和管理者以及需要水的人提出挑战。

戴明博士在这本书中谈到了水的各个方面及水的性质和用途。对于一个想知道关于自己所处世界的一个重要方面的某些知识的好奇的学生来说，本书是一本有启迪作用的书。对已经发现水影响其工作和娱乐并想在作出某些判断时得到帮助的人来说，《水》也是一本有用的书。最重要的是，对某些人来说，它可能是平生兴趣和工作的开端。

在美国参议院工作期间，我花了许多时间来考虑关于水源的政策问题。有的决策属于参议院提到过的最复杂、最重要的政策，这些政策影响到广大地区和无数人民的幸福和繁荣。

对于感兴趣的学生来说，水源管理提供了各种各样的就业机会。这些工作可能是最令人满意的：它值得一个人为之贡献出毕生的精力，对工作者本身、对他的团体和国家都是至关重要的。

参议院国内和海岛事务委员会主席

杰克逊 (Henry M. Jackson)

1974年8月于华盛顿

作者序

太阳的辐射能使世界上海洋、湖泊、江河、草叶和潮湿的土壤里的水分蒸发，使水蒸汽上升到云层中。水蒸汽在云层中又凝结成水，作为淡水降落到地球上的各个地方。要是雨水的分布很平均的话，任何地方的淡水都会是很充裕的。但是降落到地球上的雨雪是很不均匀的：有的地方几乎从来不下雨，变成了干旱的沙漠，而热带森林地区的雨却下个没完没了。

淡水的多少是决定地球上各个地方的人口密度的主要因素之一。人们很容易认为，远在地球上出现现代的人类之前，每一个民族的命运都取决于气候和地质方面的一些偶然事件，这些事件使地球上的某些地方有大量的泉水，而有的地方却没有。情况果真如此吗？大量涌流出来的淡水是否实际上是机会之泉呢？要解决的困难也许只是大自然以何种方式使人类比蚯蚓更聪明一些吧！

人类使水在地球表面分布得更为平均的努力，常常使得那些本来很少有人居住的地区变得人烟稠密。在降雨量大的地区，要作到这一点常常是以污染水作为代价。由水而产生的疾病往往是婴儿死亡率高的原因。即使是在食物丰富的地方，婴儿的死亡率高也使得人口增长缓慢。

沙漠的历史跟需要排水的热带地区的历史迥然不同。在通常情况下，人类是不愿意在沙漠居住的。然而沙漠也有一些好处，不象潮湿的地区那样经常发生洪水破坏或毁灭住宅的情况，还能提供某种形式的保护，不至于受到敌对的邻人

的突然袭击。干旱地区较之于沿河两岸的地区也更为清洁，因为人类的粪便和垃圾都埋起来了，而不是排入河里。由于这个原因，人们有时却喜欢住在比较干旱的地区。在有历史记载的初期，一些大的帝国都出现在淡水很少的地区。

对于人们居住的干旱地区来说，在控制、输送和存储水方面（现在统称为水利工程）都必须有较大的发展。拦截小河的水坝把水引来灌溉农田。在许多地区（就象在如今的加利福尼亚那样），灌溉使得食物的供应有了大幅度的增加。随着城市规模的增大，逐渐地，人们不得不学会打岩洞或用石头来修建沟渠，用以进行长距离输水。

当人类在大陆上或向可居住的小岛进行疏散时，水由于另外一个原因也显得很重要。江河、溪流和湖泊一直是流动的部落深入大陆内地的最方便的路线。朝相反方向流动的部落则会碰到浩淼无垠的蓝色屏障——包围陆地的海洋。有的部落到了海边就定居下来，成千上万代人都没有想到要离开陆地，也没有航行的梦想。有的部落到达海边后，发现背后是一片沙漠，宛如防御其他部落侵袭的屏障。后来他们又发现这种保护是不够的，于是又修建了长城，但长城也不是那么有效。他们也没有对海洋进行探索。

可是有一些比较富于冒险性或创造性的部落，制作了舷外装有槳叉托架的独木舟。他们乘着这样的独木舟从一个岛屿驶向另一个岛屿，离大陆越来越远，在广阔的太平洋上发现了一个又一个适合于居住的岛屿，在这些岛上住了下来。

冒险的渴望和想知道地平线以外到底有些什么东西的好奇心，可能是最早的这种小规模迁移的动力，它使地球上七个大洲中的三个大洲上留下了原始人类的足迹。那些后来的人发现陆地已经被别人所占领，于是便发生了矛盾和冲突，有的短暂，有的持久。游牧民族的骑兵象浪潮一样赶来，消

灭了古老的帝国，把宫殿和沟渠夷为平地，破坏灌溉系统，使到处都受到破坏，尸横遍野。无数悲剧中最近的一个悲剧，可能是影响范围最广和最悲惨的。从欧洲出发的冒险者打败了在各地生活了一万多年的民族，征服了整个西半球。

历史上大多数大迁移的原因已被人们所遗忘，恐怕许多参加大迁移的人连迁移的原因也不十分清楚。淡水的水质和水量的变化无疑是他们迁移的一大原因。在连续数年的干旱之后，可能所有的水井都干了。也许情况相反，雨水太多，每年都闹洪水。也许瘟疫流行，夺去了许多人的生命，甚至在科学还处于萌芽状态以前，每个人都知道部落选择了一个不恰当的地方居住。无论如何，是淡水发出了挣脱困境、夺取不管是谁控制的较好的土地的信号。

在本世纪，人们终于知道了浇灌田地的水常常带来盐分，破坏了土壤的肥力。在发生这种情况时，是继续引水灌溉，还是停止灌溉，让农作物欠收，造成饥饿呢？

现在，人们的技术知识可以保证土地不会继续为盐分所破坏。补救的方法很简单，只要灌溉用水中盐分的浓度很低，不超过规定的水平就行。也有保持土壤肥力，使之不受破坏的更好办法，就是在灌溉季节以后，利用较好的水或雨水洗去土壤中的盐分，将其带走。

在许多被盐破坏的地区，土壤中盐碱的累积已经有许多年了。盐碱地也能改良，但是改良的速度慢，代价高。在几十万年的漫长岁月中逐渐遭到破坏的土壤，一般说来，不可能在几十年内恢复。

改变沙漠地区的一个不必要的致命的障碍常常是政治上的争夺和长期形成的仇恨。历史充满了不平。人们很不容易忘记过去。人们在感情上对其他的民族或信仰常常表现得丝毫也不能忍让。

缺乏地下水和泉水的国家，可能也是缺乏煤、天然气和石油这样一些重要矿藏的国家。要进口足够的燃料来保证这些国家的工业发展，常常会使其发展经济的努力归于失败。当人们在一两个世纪以后学会更有效地利用太阳的辐射能来作动力之前，沙漠地区的穷国会一直处于目前的状态。

在漫长的岁月中，我们似乎只能听命于我们的祖先给我们安排下的命运，因为一个国家的财富不在于它拥有矿藏、化石燃料和淡水的多少，而在于是否善于利用这些资源。这就是人民的素质。二十世纪两个敌对世界的竞争，实际上是向公民灌输什么样的思想、培养什么样的人的两种对立观点的竞争。

H.G.·戴明

1972年于内布拉斯加州林肯市

目 录

前言..... (v)

作者序..... (vii)

第一章 自然界的淡水资源..... (1)

水是用之不竭的资源 (1) 冰川和极地冰盖 (2)
地下水资源 (3) 含水层系 (4) 地下水位和静水
平衡 (5) 含水层中的水流 (7) 沙漠地区的地下
水 (9) 追踪和测量地下水流 (12) 石灰岩洞的形
成 (15) 泉和井 (16) 水井和西部的拓居
地 (18) 湖泊和池塘里的淡水 (20) 美洲的五大
湖 (23) 世界上的大湖 (24) 淡水资源——河流
(28)

第二章 淡水和陆地..... (30)

开发与保护资源 (30) 土地能力 (32) 防止土壤流
失 (33) 流域管理 (34) 土壤成分和土壤种
类 (36) 水对表层土壤的渗透 (38) 土壤的持水能
力 (40) 土壤水分的有效性 (42) 灌溉方法
(43) 灌溉水中的盐 (45) 农作物的需水量
(46) 灌溉的利弊 (47) 排涝 (48) 不同用途
的供水 (50) 节约用水 (51) 枯竭的含水层
(53) 人工补给含水层 (55)

第三章 河流循环..... (57)

能力越来越小的发电站: 太阳 (57) 地球的“气海”
(59) 蒸发的速度 (62) 蒸汽压力 (63) 大气
中的水分 (65) 蒸发和降水统计 (66) 蒸发的冷却
作用 (68) 水蒸汽输送能量 (69) 辐射能的入射和

反射 (71) 洋流 (72) 空气的上升和下降 (73)

第四章 气候、风和天气..... (75)

地球上的主要气候带 (75) 科里奥利影响 (77)
盛行风 (81) 次级大气环流 (82) 稳定气团和
不稳定气团 (84) 决定风向的因素 (86) 天气预报
(89) 降雨的条件 (90) 人工降雨 (92) 雨
林、沙漠和沼泽 (93) 淡水和世界的粮食供给 (96)

第五章 水分子和水的性状..... (101)

化学变化 (101) 元素和化合物 (101) 水蒸汽的分子式
(103) 电子对 (104) 组成水蒸汽分子 (105) 极性
分子 (106) 水是一种缔合液 (109) 水的导电性
(110) 液态水的物理性质 (111) 水的透明度 (113)
水中溶解的氧 (115) 水冻结时会发生什么情况 (116)

第六章 水是生命的运载工具..... (119)

水和原生质 (119) 植物细胞——盒子里装大袋子，大袋
子里套小袋子 (119) 死细胞膜与活细胞膜的比较 (122)
细胞器：细胞核和核糖体 (123) DNA与遗传模式 (125)
植物细胞发育的各个阶段 (127) 再谈光合作用 (129)
不溶性的碳水化合物的形成 (130) 氨基酸和蛋白质
(132) 植物的根尖是怎样穿透土壤的 (134) 根系
(136) 植物和土壤对水分的争夺 (138) 高等植物中
的输水道 (139) 蒸发 (141) 蒸发速度 (144) 湖
泊和池塘有什么情况发生 (146) 植物跟动物的比较
(149) 水平衡和节约用水 (150) 不同物种在不同年
龄的含水量 (152) 渗透平衡 (154) 水对牲畜的重要
性 (155) 沙漠动物 (156) 看看我们自己 (158)

第七章 水的输送和贮存..... (159)

古代的供水 (159) 战争、沙和淤泥的破坏 (161) 现
代城市的水源 (162) 城市与农业争水 (164) 城市发
展带来的问题 (165) 用运土机械快速施工 (166)

第八章 水是能量的一种载体…………… (169)

水车和水轮机 (169) 不同深度的水压 (170) 压力——能的一种量度 (171) 线流和湍流 (173) 流水的势能和动能 (174) 数学钥匙 (175) 利用水的落差发电 (177) 高坝和水库 (178) 未来的能源 (182)

第九章 改造大陆…………… (186)

水利工程 (186) 按比例缩小的模型 (187) 密西西比河下游的防洪工作 (189) 过去和现在的河流运输 (191) 北部河流的疏浚 (194) 工兵部队的民用工程 (195)

第十章 太平洋沿岸各州的水源和能源…………… (197)

加利福尼亚中部峡谷计划 (197) 地震的威胁 (201) 一个大陆的设想: 北美水电联盟 (202) 来自遥远的北部地区的水 (203) 大地沟的水源和能源 (205) 育空河上的悲剧 (206)

第十一章 严重污染的世界…………… (208)

污染 (208) 无卫生设备 (209) 由水传染的疾病 (210) 现代的污水处理 (213) 化粪池 (215) 废水问题 (216) 许多年前的污染使今天的人们受害 (217) 湖泊和池塘被污染的结果 (218) 已死的和垂死的大湖 (219) 海鳗的化学控制 (221) 重新在湖中养鱼 (223) 水草的威胁 (225)

第十二章 工业污染…………… (227)

盐的污染 (227) 钢铁工业的污染 (228) 造纸工业如何危害河流 (229) 对溶解氧的威胁 (233) 萨克拉门托的新生 (235) 清洁剂的污染 (237) 杀虫剂的污染 (239) 灭虫中的性干扰和性引诱剂 (243) 工厂排出的热水的影响 (245) 拯救海滩 (247) 石油的污染 (249) 控制污染的法律手段 (250) 对污染的控制 (252)

第十三章 盐对世界的威胁…………… (254)

海洋中盐的来源 (254) 土壤中盐的积累 (255) 盐碱

地区植物的生长 (256) 有毒元素的危害 (257) 不同
农作物对盐的敏感性 (258) 耐盐性 (260) 土壤是怎样受到盐的破坏的 (262) 用咸水灌溉 (263) 美国和加拿大的盐碱地区 (264) 墨西哥一瞥 (265) 印度和巴基斯坦 (266) 盐平衡和民族的命运 (267)

第十四章 使水适于使用…………… (269)

氯和次氯酸盐在水净化中的作用 (269) 凝聚和过滤 (270) 氯或二氧化氯的最后消毒 (270) 臭氧或紫外线消毒 (272) 植物残留物使水变色 (272) 氟化作用 (273) 软化水的简单方法 (274) 水质的标准 (276) 细菌检测 (277) 古桫桶的受害者 (277) 水的化验 (278) 水中的铁和锰 (279) 除去硫化氢 (280)

第十五章 来自海洋的淡水…………… (282)

海员用的淡水 (282) 海中溶解的盐 (283) 海洋的宝藏 (285) 咸水的特性 (287) 淡化方法 (290) 海水淡化为什么成本高昂 (291) 淡化所需的最少能源 (293) 太阳蒸馏器 (294) 多效蒸发 (296) 有效利用热能的方法 (299) 真空急骤蒸馏法 (300) 如何防止水垢的腐蚀和沉淀 (303) 蒸汽压缩蒸馏 (304) 冻结脱盐 (305) 电解和电渗析 (307) 反渗透 (309) 两用厂中的海水淡化 (311) 通过活的动植物传输离子 (314) 海水淡化局 (316) 统计 (317)

第十六章 结论…………… (321)

附录…………… (323)

A. 功、热和能 (323) B. 温度和潜热 (325) C. 辐射能 (326) D. 大数和小数的运算 (329) E. 离子和离子方程 (330) F. 盐的导电率测试 (334) G. 浓度和重量组成的测量 (336) H. 酸和碱的pH值 (338) I. 胶体和高聚物 (340) J. 扩散、渗析、渗透和渗压 (342)

第一章 自然界的淡水资源

水是用之不竭的资源

山涧、溪流、咆哮的瀑布以及奔腾的江河，都给人们以这样的印象，即以雨雪形式降落到陆地上的淡水，当与含盐的环绕陆地的海洋混合时，对于人类就失去了使用的价值。实际上，同悄悄地向下流动着的深层地下水总量相比，地表水的总量几乎是微不足道的。这种在黑暗中无声无息地缓缓流动的细流中的一滴水，有时需要几千年才能结束其旅程，抵达海洋或再次从井或泉中流出。降落在冰原或极地冰盖上的雨雪，要被冰川搬运出去，融化并最后到达海洋，也需要很长的时间。

淡水与海洋混合若非如此迁延迟缓，我们星球上的淡水资源就会是极其有限的。地球上大部分淡水被禁锢在极地冰盖之中，对于人们是远不可及的。目前可利用的淡水约为1,050,000立方英里，尚不能利用的淡水估计约为9,000,000立方英里。可利用的淡水包括（以立方英里计）：

可利用的地下水	1, 000, 000
湖泊和池塘里的水	30, 000
土壤含水	16, 000
大气含水	3, 100
河流（随时处于流动的水）	300

海洋中的咸水量约为317,000,000立方英里，约为地球上可利用水的97%。

在地球大气的主要成分中，水蒸汽是最轻的。若不冻结，它就会积聚在10英里以上稀薄的高空大气里，并且由此

逐渐散失在太空之中。可是，高空大气很冷，水在那里被冻结成冰雪的固体颗粒，慢慢地向地面漂移。因此，地球永远都能保持其供水。实际上，通过下述两个过程，地球就可以缓慢地获得可利用的水：（1）地球围绕太阳转动，从太空捕捉水分子；（2）火山热使水从表面看来是干的水化（持水）岩石和矿物中释放出来。

燃料的燃烧、动物的呼吸和死去的动植物的腐烂，是大量产生水的三个密切联系的过程；但是它们往往被光合作用（绿色植物借助太阳光的能量将二氧化碳和水转变成活的植物组织的过程）所抵消。可以想像，所有这些过程的净结果会慢慢地增加地球上非化合水的贮量。可是，这个贮量如此之大，自古以来就是不变的，而且实际上将永远保持不变。地球的质量和温度的共同作用，使它在我们的太阳系中成为唯一具有丰富供水的行星。

冰川和极地冰盖

地球上几乎有四分之三的淡水被禁锢在冰盖和冰川中。约90%的固体水（实际上是压实的雪）在南极大陆数英里深的冰盖中，南极洲是美国大陆（不包括阿拉斯加）面积的三倍。在那儿有大约600万立方英里的冰。如果慢慢地融化，它将使密西西比河大约流50,000年，使地球上所有的江河大约流830年。这样多的淡水全部流入海洋，就会使海洋的水位升高250英尺左右。

极地冰盖远不可及，所以不把它们算作淡水资源。可是它们对气候的影响颇大。虽然格陵兰冰盖比较小，却对美国、欧洲和北半球其他温带地区的风和气候很有影响。过去若干世纪内的冰川和冰盖侵蚀改造了地球这一地区的大部分，从而形成了如今的许多河流的路线。地质学家已经鉴别出一些冰

盖发源地。当冰盖向海洋蠕动时，把山坡侵蚀成深槽，把山谷填满了石块，因此，造成了许多目前形状的视界广阔的景观。冰川和冰盖主要通过侵蚀作用，在几千年内完成了流水需要几百万年才能完成的事情。

当陆地和海洋争夺地球表面时，海岸线就发生变化。由于融冰退入海洋，陆地会增大，但因海洋的水位上升，又会淹没一部分陆地。相反，只要冰盖向前推进，由于陆地因海洋水位下降朝海推进要快一些，陆地又部分地获得了曾丧失的面积。

最近一次冰期大约在10000年前结束。在此期间，大陆上以冰的形式蕴藏了这样多的水，以致海洋的水位降低了大约460英尺。水位下降使许多山峰露出了海面，后来这些山峰又被淹没了。位于华盛顿格雷港西边约316英里的科布海山，就是一个著名的例子。它从约10,000英尺深的海底拔地而起，到达目前的海面下约120英尺以内。

在最近一次冰期中，海洋水位降低的一个重要后果，是白令海底的中部因地势较高而干涸了。这就造成了一座所谓的陆桥。但是，它实际上是一片广阔的近乎水平的苔原。在漫长的冰期，许多种植物和动物，最后以至人类，都通过这座陆桥从亚洲到了美洲。

地下水资源

据估计，地球上的含水层（地下水道），在不超过半英里深的水井所能达到的范围内，含水约一百万立方英里，约为全世界任何一年降雨总量的10倍，约为降落到陆地上的雨水的40倍。

北美的地下水与世界上的地下水资源大致呈比例，约有170,000立方英里。如果把这些地下水全部抽到地面上来，

北美大陆就会没入约100英尺深的水中。这个洲现在有居民二亿五千万人，每个人可获得水约750,000,000加仑。按照目前的抽取速度，可供农业、工业、以及农村和城镇供水系统使用约1400年。

利用井可经济地抽取半英里深的地下水。在大陆地面的这个深度以下，也许还有一百万立方英里淡水。可是，这些淡水是如此深不可及，就像在月亮上一样。从地球表面到数英里深处，许多结晶岩，如花岗岩，含有大量的水。这些水是与岩石化合在一起的，只有将岩石放进炉里加热才会分解出来。所谓地下水资源，是指地下水的可用部分。

遗憾的是，地面以下不超过半英里深的地下水分布是不均匀的。但是，北美10%的地下水存在于砂、砾、破碎石灰岩、砂岩或玄武岩——最容易生成井水的各种地层中。产生井水的地层，不可能都连续地得到降雨或来自河流渗水的补充，而且产生的水并不总是优质的。最后，地下水源常常严重污染，或因长期滥用使其利用价值减小。

含水层系

在任何地方打井都可能遇不到含水层，或只遇到一个含水层；在不同深度，也可能遇到几个或许多含水层（图1-1）。含水层中的水或从浅水井抽出的水称为地下水。在地表流动或在池塘、湖泊或水库中积蓄的水称为地表水。

含水层系统有点像在厨房洗涤槽中堆积的盘子，底部是一个大浅盘子，上面的盘子越来越小，最后是尺寸递减的茶碟。洗涤槽代表往下通到最深的“地质水平”的含水层，水也许是从几百英里以外引来的。

含水层输送的水的质量，取决于雨雪降落后水渗透通过的土壤的种类，水在地下旅途中的历时和水流通过的地层的