

生命之水

纵谈
水资源

SHENGMING ZHI SHUI
ZONGTAN SHUIZIYUAN



王占忠

郑美文

著

中国环境科学出版社

生命之水

纵谈
水资源

王占忠 郑美文 著

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

生命之水：纵谈水资源 / 王占忠，郑美文著．—北京：
中国环境科学出版社，2004.6
ISBN 7-80163-877-8

I. 生… II. ①王…②郑… III. 水资源—研究
IV. TV211

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 056077 号

出版发行	中国环境科学出版社 (100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)
	网 址: www.cesp.cn
	电子信箱: zongbianshi@cesp.cn
印 刷	北京中科印刷有限公司
经 销	各地新华书店
版 次	2004 年 8 月第一版
印 次	2004 年 8 月第一次印刷
印 数	1—3000
开 本	850×1168 1/32
印 张	4.25
字 数	110 千字
定 价	15.00 元

【版权所有，请勿翻印、转载，违者必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题，请寄回本社更换

前 言

水，对于人类的重要性是不言而喻的。地球由于有大量的液态水，才在亿万年的沧桑巨变之中孕育了生命，并且进而有了万物之灵的人类。生命体在数十亿年进化和发展中，总是以水作为物质及能量的载体。

广义的水资源是包括地球上所有的水，也就是包括海洋水等咸水在内的所有水体。人们通常所说的水资源是指淡水，尤其是指便于开发利用的淡水资源，因为像海水不经过处理以降低盐度的咸水，不仅不适合于饮用，甚至不适合于所有工业需要。

地球，这生命的摇篮，在广阔无限的宇宙之中，虽然不能说是唯一有生命的星球，但是在太阳系众多的姐妹行星中，却可以说是独一无二的。美丽的地球，由于孕育了生命，并给予生命生存发展的良好环境，达到生机如此勃勃，使人类凭借自己的智慧，创造了美好的家园，而使自己也更加美丽。

地球已有数十亿年的岁月，还会有数十亿年漫长的未来；人类也已有数百万年的历史，还应该有更美好的将来。我们，生活在今天的人们，是在消耗着地球上几乎所有的有限资源（包括能源）来创造着看似美好的生活。然而，我们应该清醒地认识到，并且必须铭记在心的是——地球是属于我们的，但更是属于我们子孙后代的，因为我们每个人在人类历史的长河中只是瞬间的“过客”。遗憾的是“地球是人类唯一的家园。保护环境，免受破坏和污染，功在当代，利在千秋”这样一个浅显易懂的



道理，却常常被人们与其说是无知还不如说是急功近利所忽视。

水是生命之母，没有水就没有生命。水在人类文明发展史中，始终起着至关重要的作用。世界文明古国埃及、古巴比伦、印度和中国，无不是在大江大河流域中发展起来的。地球上难以计数的江河，就似无数天然输水管道，并且在江河流域往往会形成众多的湖泊、大片的湿地和丰富的地下水，为人类提供便于开发利用的水资源。但是，由于降水在时空上分布的不均衡，旱涝之情频繁，江河干枯或泛滥常常给人们带来严重的灾难。人类的历史，烙印着人类与自然灾害艰苦卓绝斗争的历程。中国历史上传说的大禹治水的故事，就是中国人战胜河水泛滥的壮丽诗篇；李冰父子两千多年前就领导人们开凿修建了都江堰这一伟大的水利工程，充分表现了中国人民兴修水利的聪明才智和辉煌业绩。然而，由于水的广泛存在，人们总是将其视为最普通的物质，而忽视了它的宝贵，甚至在人类的认识历史上，久久未把水当作一种资源，特别是在那些降水充沛的地区。蒸发——降水，再蒸发——再降水，这周而复始、永不停息的水文循环，使人们认为淡水是取之不尽，用之不竭的。的确，在地球的历史长河中，现在完全可以认为，地球上的总水量是不变的，地球上的水文循环又保证了地球上淡水量的相对稳定，并使淡水成为可再生的资源。然而，实践证明，即使可再生的资源，不加以保护，任其破坏，也会成为不可再生的资源。只有数量而没有质量，数量也就失去意义。如果我们把人类历史简单地以工业革命为界，把大工业出现以前视为“过去”。在“过去”这段漫长的岁月中，人类抵御包括各种病疫等自然灾害的能力还很弱，换言之，人类生存的能力还不够强大，地球上人口增长的速度很缓慢，称得上人口稀少，也没有大规模的工业生产可言，人类总的生活用水量不大，工业用水量更是微不足道；另一方面，除了大规模的战争之外，人类所涉足的范围很有限，所产生的污水对水体总的说来是在有限的局部，基本上没有超过水体的自净能力。然而，由于人类没有理性地善待自

然，缺乏环境保护意识，更没有可持续发展的理念，人为地破坏森林、草地等损坏自然生态的行为，导致水土严重流失，从而使人类赖以生存的水资源——江河湖泊等，含泥沙量剧增，河湖淤塞，水质浑浊，水灾加剧……我国的母亲河——黄河，已成为世界上含泥沙量最严重的河流。历史上黄河多次泛滥成灾，夺去无法计数的生灵。底格里斯河和幼发拉底河所形成的美索不达米亚平原，土壤肥沃，灌溉方便，早在 4 000 多年前就孕育了古巴比伦的灿烂文明。但是，由于人为地破坏土壤，水土流失，生态环境恶化，迫使居住在那里的人们不得不背井离乡，使农村和城镇变成废墟，最终导致巴比伦文明的衰落。印度河流域，曾经有茂密的森林、碧绿的草地，农业灌溉十分有利，因而出现了人类早期文明。可是，当印度河发源地的森林被砍伐后，水土流失越来越严重，河床越来越高，河水泛滥越来越猖獗，河流频繁改道，终于给那里的人们带来毁灭性的灾难……

世界上大工业出现的近几百年，工农业用水量剧增；随着人口的增加和人们生活条件的不断改善，生活水平的不断提高，生活用水量也成倍增加。然而，地球上总的淡水量并没有增加，何况便于人类开发利用的淡水资源，只是地球上淡水总量的极少部分。这就不仅使地球上那些本来就干旱缺水地区的水资源危机更加严重，就是那些本来不缺水的地区也产生了“水荒”。尽管人类凭借当今先进的科学技术和经济实力，不得不以巨大的代价，修筑跨流域远程调水工程，这在一定范围和一定程度上，虽然可以缓解水资源在时空分布上的不均衡，但又往往是车薪杯水，只能解燃眉之急。

水体被污染，导致符合生活饮用水要求的淡水资源越来越少，这已成为当今世界关注的最重大的问题之一。据估计，世界约有 1/3 的人们饮用的是不符合水质要求的水，“水——20 亿人生命之所系。”

许多地方病，如“克山病”、“粗脖子病”、“黄板牙病”等，究其原因都是水引起的。



许多污染最终都导致水的污染。大气中的污染物会随降水落到地面而污染水体；堆放的垃圾所产生的高浓度、高污染的液体，未经过有效的处理措施也会污染水体；大量使用化肥和农药对水资源造成更大范围的污染……然而，治理被污染的江河湖泊，其难度和代价都是很大的，即使在科技高度发达的今天，治理被污染的地下水也还是世界难题。

我国几大水系和许多湖泊都受到不同程度的污染；地下水的过量开采已经成为普遍的事情，导致地下水位下降的漏斗范围越来越大，沿海地区的海水入侵，使地下水水质恶化。总之，符合水质要求的淡水资源越来越少，这势必加重我国水资源的危机。

世界上的一些国际河和界湖，因污染而发生的国家或地区之间的纠纷不断，甚至国与国之间为争夺水资源已成为战争的根源之一。开源节流、防治水污染，是解决水资源危机的根本举措。人们必须真正地认识到，水是最宝贵的资源，而且是无可替代的资源。人类必须善待自然，保护自然生态，呵护森林和草地，防治水土流失，涵养水源；加强水的循环、重复利用，彻底改变工农业生产中对水的粗放型使用方式，最大限度地减少对水资源的污染。科学合理地开源节流，建立一个节水型社会，使人类社会可持续地发展，人类迎来的将是更加美好的将来。这也是本书作者的真诚目的和良好愿望。

目 录

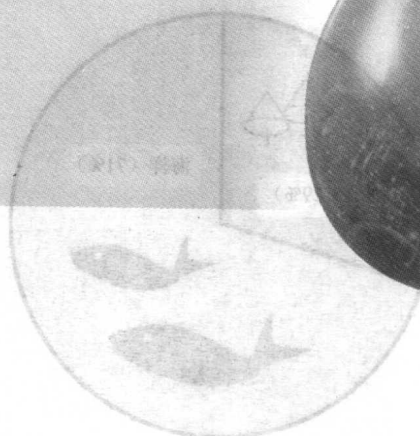
第一篇 地球上的水量、水循环与水量平衡	1
第一章 地球上的水量知多少	2
第二章 自然界中的水循环	7
第三章 地球上的水量平衡	12
 第二篇 漫谈几种主要水体	18
第四章 海 洋	19
第五章 江河湖泊	41
第六章 大气水	60
第七章 生物水	66
 第三篇 珍惜“生命之水”	71
第八章 自来水与饮水科学	72
第九章 寻常的“怪物”，优秀的“品格”	90
第十章 珍惜“生命之水”	99



第一章

第一篇

地球上的 水量、水循环 与水量平衡



第一章

地球上的水量知多少

一、地球上的总水量

看一下世界地图或地球仪，就可以直观地看出，海洋十分醒目，水、陆面积悬殊甚大。人们常说：“六水三山一分田。”其实，陆地并没有那么大。地球表面光是海洋就占去 70% 还多，陆地占地球表面还不到 30%。如果把江河、湖泊等的水面从陆地面积中去掉，再除去冰封万年的南极洲等，真正暴露在光天化日之下的陆地就更少了。难怪有人说，从地球表面的水、陆面积来看，把地球叫做“水的行星”更确切。

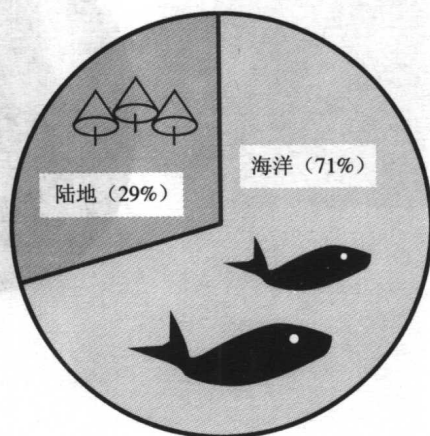


图 1-1 世界海陆面积比较



现代的科学，已经可以测算出地球上的总水量约为 13.9 亿 km^3 。假如，设想地球是个表面没有高低起伏的圆球，这些水量可以使半径约为 6400 km 的偌大地球表面的积水深度达 2600 m 。这深度会使我国的五岳名山都受到“灭顶之灾”。当然，这样深度的水，若与地球半径相比，却又显得微不足道了，因为，倘若我们把地球想像成只有篮球那样大，这些水充其量只能够润湿“篮球”的皮毛而已。

二、有限的淡水^①

我们知道，与人们密切相关的、便于生活和生产使用的主要是淡水。地球上总的水量尽管很多，但绝大部分集中在海洋里，是咸水。四大洋（太平洋、大西洋、印度洋和北冰洋）就集中了地球上约 96.5% 的水量。陆地上的水只占 3.5% ，这里面还有近 $1/3$ 是陆地咸水，所以，地球上的淡水只占总水量的 2.5% 左右，约为 0.35 亿 km^3 ，或 $3.5 \times 10^{16} \text{ m}^3$ 。这仍然是个令人吃惊而又乐观的巨大数字，因为，即使地球上的人口达到 100 亿 ，人均淡水量也可以达到 350 万 m^3 ，这体积相当于雄伟庞大的人民大会堂体积的两倍还多。

既然地球上人均可以有像小山那样巨大体积的淡水量，又有大自然的水循环，使地球上的淡水量保持稳定，那么地球上的淡水资源似乎可以认为是取之不尽、用之不竭的了。然而，实际上并非如此。因为，如果我们把地球上淡水量视为百分之百的话，约有 70% 是以冰、雪形式集中在南、北极地区和高山之颠谷，将近 23% 又是目前难于开发利用的深层地下水……因此，与人类生活最密切相关的淡水资源（湖泊、河流和浅层地下淡水），只占地球上淡水总储量的极少部分—— 0.34% ，约为 $1.1 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，还不到地球上总水量的 10 万分之一。

^① 1 L 水中含溶解物质（盐）不多于 1 g ，即含盐度不超过 0.1% 的水称为淡水。 1 L 水中含溶解物质（盐）多于 1 g ，即含盐度超过 0.1% 的水称为咸水。海水平均含盐度在 3.5% 左右，即平均 1 L 海水中含有 35 g 盐。

由此可见，地球上的淡水资源是很有限的，并非取之不尽用之不竭。

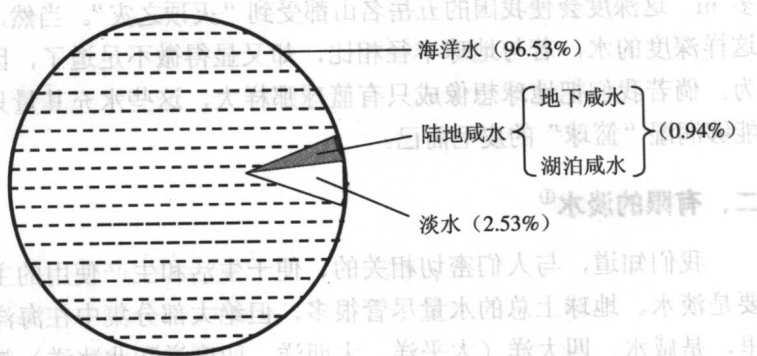
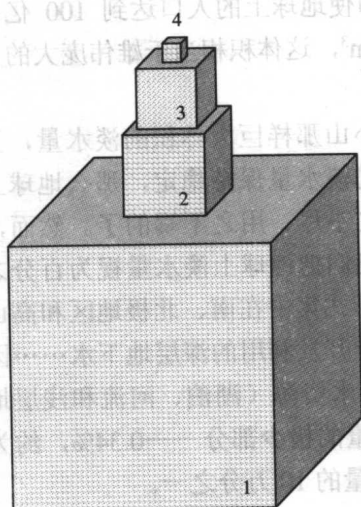


图 1-2 地球上水储量 (100%)

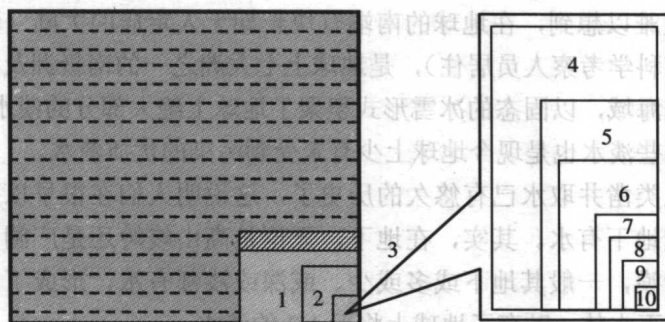


1. 洋、海、湖中的咸水和地下咸水
2. 南极、北极和山区冰川中的水
3. 地下淡水
4. 河、湖、沼泽、大气圈和生命有机体等中的淡水

图 1-3 地球上水的体积

三、地球上各种水体的储量分布

地球水储量 (100%)



淡水 (100%)



海洋水 96.53%



湖泊咸水和地下咸水 0.94%



淡水 2.53%

其中

1. 冰川
2. 地下淡水
3. 其他淡水

4. 永冻土底冰
5. 湖泊淡水
6. 土壤水
7. 大气水
8. 沼泽水
9. 河水
10. 生物水

图 1-4 地球水储量

我们把水的积聚地方叫做水的积聚体，简称水体。海洋无疑是最大的水体。由于海洋水是咸的，又称咸水水体。它占去了地球上总水量的 96.5%，积聚了地球上 99% 以上的咸水。谈到淡水水体，人们会很自然地想到奔腾的江河和微波荡漾的湖泊，认为它们是淡水积聚最多的地方，一定是地球上最大的淡水水体。其实不然，湍流不息的江河及其所有的支流所积聚的淡水量（称之为河网水）还不到地球上总淡水量的万分之一；湖泊水比河网水尽管多得多，但是有将近一半是咸水，所以湖



泊的淡水量也不过占地球上总淡水量的 0.26% 左右。可见，地球上所有的大小河流和湖泊所积聚的淡水还不到总淡水量的 1%。那么 99% 以上的淡水都积聚在哪里呢？一般人们不会相信，更难以想到，在地球的南端有块长期无人定居的大陆（现在只有科学考察人员居住），是地球上七大洲之一的南极洲及其周围的海域，以固态的冰雪形式积聚了地球上绝大部分的淡水，而且这些淡水也是现今地球上少有未受到污染的优质淡水。

人类凿井取水已有悠久的历史了，这说明人们在很早以前就知道地下有水。其实，在地下，无论是高山峻岭还是广阔无垠的沙漠，一般其地下或多或少、或深或浅都有水，形成了巨大的地下水体，贮存了地球上将近 1/3 的淡水。

此外，在自然界中的生物体内和包围地球的大气之中，也含有少量的淡水。

表 1-1 地球上各种水体的储量

水体种类		储量/万 km ³	占总储水量/%	占淡水储量/%
海洋水		133 800	96.53	
陆地水	冰川	2 406.41	1.74	68.69
	地下水	2 340	1.69	
	其中：1.咸水	1 287	0.93	
	2.淡水	1 053	0.76	30.06
	土壤水	1.65	0.001	0.05
	永冻土底冰	30	0.022	0.86
	湖泊水	17.64	0.013	
	其中：1.咸水	8.54	0.006	
	2.淡水	9.1	0.007	0.26
	沼泽水	1.147	0.0003	0.03
	河水	0.212	0.0002	0.006
	生物水	0.112	0.0001	0.003
大气水		1.29	0.001	0.04
总计		138 598.461	100	
其中淡水		3 502.921	2.53	100

据《联合国水会议文件》，1977 年。

自然界中的水循环

一、水循环

由于太阳的辐射，地球表面的水，受热不断蒸发，化为汽，上升进入大气，遇冷后凝聚，先变成云、雾，继而形成雨、雪等，在地球重力作用下，降至地面，形成循环，称之为水循环，亦叫水文循环。

水循环运动是在自然界四大圈层^①——呈气态的大气圈、呈固态的岩石圈、三态（气态、液态、固态）并存的水圈和生机勃勃的生物圈层的各个环节之中，连续地、永不休止地进行着。这种不断往复的水循环，根据它发生的领域：海洋与陆地之间，陆地与陆地上空之间，海洋与海洋上空之间，可分为大循环和小循环。浩瀚的海洋表面的水，经过蒸发变成水汽，上升到空中，随着气流运行，被输送到大陆上空，其中一部分水汽，在适当条件下凝结，形成降水。降落到地面的水，除了一部分蒸发返回大气外，其余，一部分沿地面流动，形成地表径流^②；另一部分渗入



^① 大气圈：包围地球的空气。其全部或一部分往往亦称为“大气”。

岩石圈：由地壳和上地幔顶部坚硬岩石组成。厚约 70~100 km。

生物圈：地表有机体（包括细菌等）及其生存环境的总称。

水圈：地球上的水呈固态、液态、气态，分布于海洋、陆地以及大气之中，形成各种水体，共同组成水圈。

^② 径流：大气降水到达地面之后，除了一小部分蒸发外，其余都通过地表或地下汇集到汇水处，这种汇水叫做径流。其中沿地表漫流进入河流的水，叫地表径流；下渗成地下水流的水，叫地下径流。

地下，形成地下径流。这两部分径流最后通过河网等排泄返回海洋，这样形成了海洋与陆地之间的水循环，又称为大循环。陆地（主要指内陆）上的水，通过陆面、水面蒸发和植物蒸腾，形成水汽，被气流带到上空，冷却凝结，形成降水，仍然降落回大陆上，形成内陆水循环；广阔的海洋面上的水蒸发，变成水汽，被气流带到上空，在海洋上空凝结，形成降水，仍然降落到海洋，形成海上内循环。这两种水循环又称为小循环。

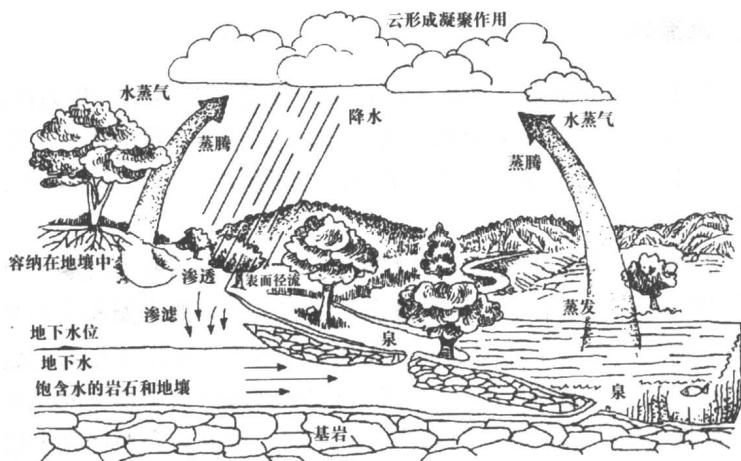


图 2-1 水循环示意图

二、水循环的原因及意义

1. 水循环的原因

水循环是自然界中水的广泛运动形式。既然是运动，就需要有能量。在自然界中，不消耗能量的运动是没有的。那么作为地球上重要的循环之一的水循环所需要的巨大能量来自何方呢？简单地说，这巨大的能量主要是来自太阳。我们知道，太

阳距离地球是比较遥远的（平均距离约为 1.5 亿 km）。但是，主要是由炽热气体氢和氦构成的太阳，其内部在高温高压下一直发生着氢原子核聚变为氦原子核的核聚变反应，从而使太阳损失不大的质量，就能够在亿万年的漫长岁月里源源不断地释放出巨大的能量。太阳中心的温度高达 1 500 万度，即使太阳的外部——表面和大气层也有很高的温度。太阳这巨大的能量是以电磁波的形式向宇宙空间瞬息不停地放射着，这称之为太阳辐射。由于太阳表面的温度很高，使太阳的辐射能主要集中在波长较短的可见光部分，为此，我们又把太阳辐射称为短波辐射。太阳辐射中，仅有极微小部分（约为 20 亿分之一）到达地球，但这已经是很大的能量了，它相当于太阳每分钟向地球输送燃烧 4 亿吨烟煤所产生的热量。实际上，太阳放射到地球上的能量，并未全部到达地球表面，在穿过地球“外衣”——厚厚的大气层时，被大气吸收了约 1/5。就是到达地球表面的太阳辐射，也没有被地面全部吸收，有相当部分又被地面和大气反射到茫茫浩空之中。真正被地球表面所吸收的太阳辐射能还不到太阳向地球输送能量的一半。然而，就是这些能量，对地球来说就足够了，并且甚至可以说恰到好处。太阳为地球的繁荣昌盛，为自然界中包括水循环在内的大小小的循环运动，提供了毫无代价的能源。

前已言及，水循环运动是在自然界的四大圈层中永不停息地进行着，并且鉴于发生循环的区域不同，又有大循环和小循环之分。下面谈谈发生在海洋与陆地之间的水文大循环是怎样进行的。

由于受太阳的辐射，茫无际涯的海洋表面的水（或冰、雪），获得热能后，产生足够的动能，由液相的水（或固相的冰、雪），变为气相的水汽。这水汽随大气流运行，被输送到大陆上空。在一定条件下，水汽凝结，形成降水。降落到地面的水，部分蒸发，返回大气；部分在重力作用下，按“水往低处流”的规律，或沿地面流动，形成地表径流；或渗入地下，形成地下径

