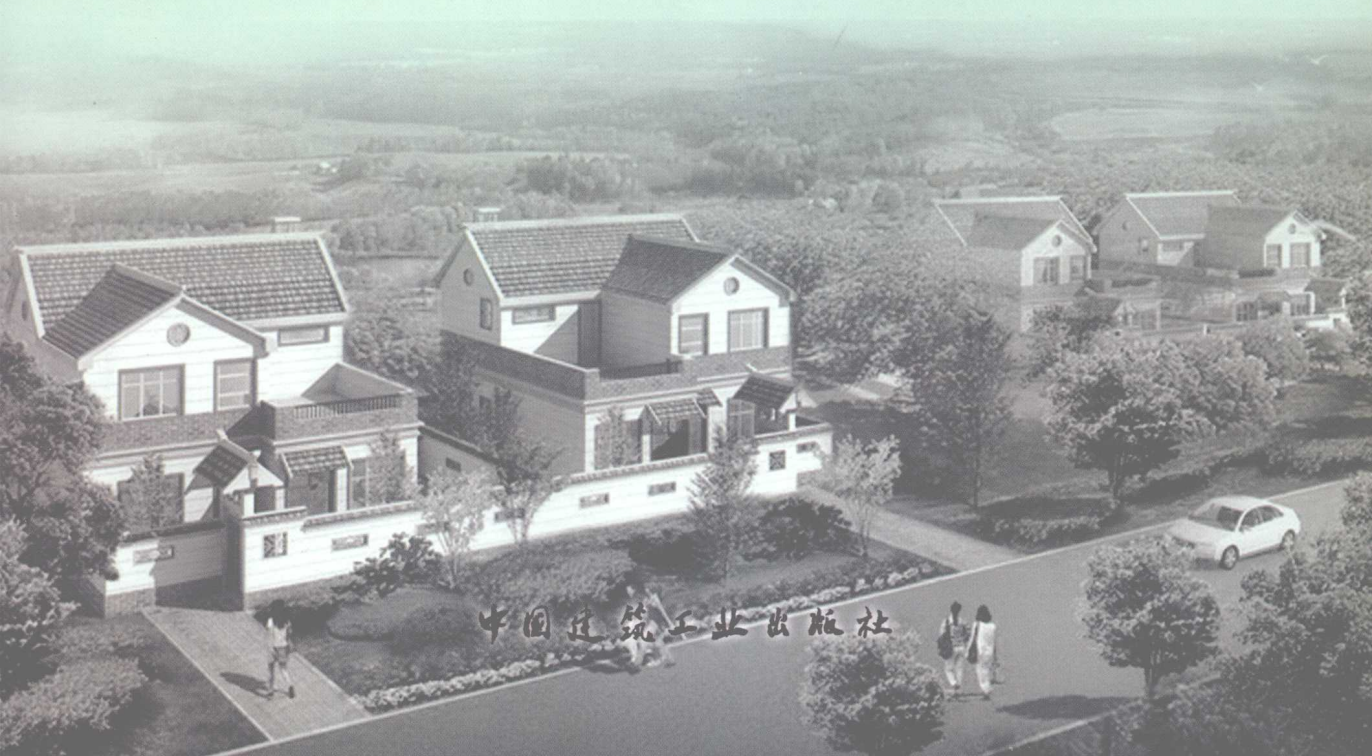


中国小城镇市政与环境工程技术丛书

小城镇水资源利用与保护

■ 张朝升 石明岩 编著

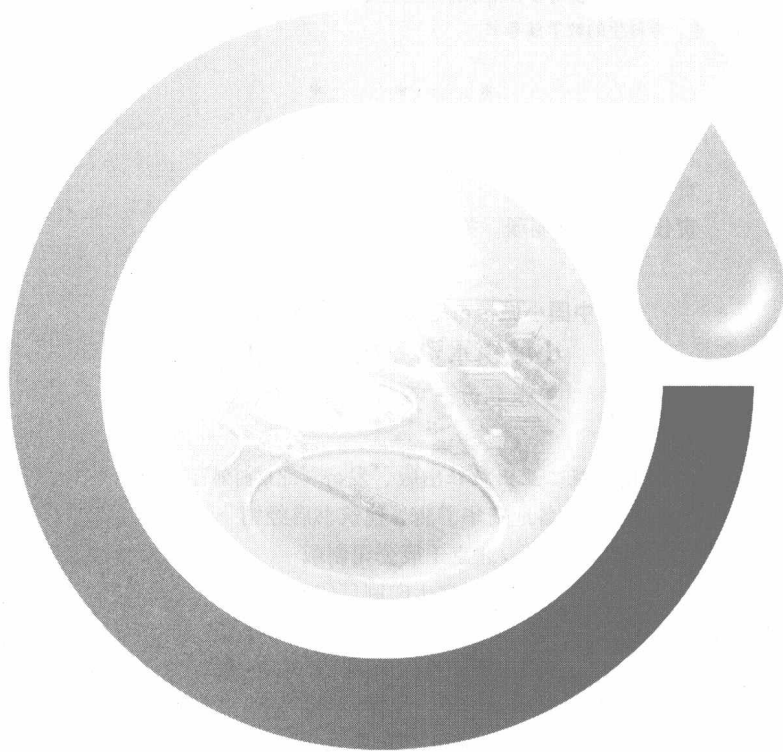


中国建筑工业出版社

中国小城镇市政与环境工程技术丛书

小城镇水资源 利用与保护

张朝升 石明岩 编著



中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

小城镇水资源利用与保护/张朝升,石明岩编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2008

(中国小城镇市政与环境工程技术丛书)

ISBN 978-7-112-10318-8

I. 小… II. ①张…②石… III. ①城镇—水资源—资源利用—研究—中国②城镇—水资源—资源保护—研究—中国 IV. TV213

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 162731 号

本书系统介绍了小城镇水资源利用与保护的理论和方法。主要包括: 水资源的概念、分布、循环以及开发和利用等; 地表水资源的形成、地表水资源的特点、地表水水质及取水、地下水资源的循环与特点、地下水取水; 节水技术与管理; 污水的再生与资源化利用; 海水淡化与利用; 水资源保护和可持续发展。

本书的特点是理论联系实际, 内容丰富、涉及面广, 系统性和逻辑性较强。可作为从事给排水工程专业及环境工程专业的科研及工程技术人员参考书, 也可以作为高等学校给排水工程专业、环境工程专业教师及研究生、本科生、专科生的教学参考书。

* * *

责任编辑: 于莉 王磊 田启铭

责任设计: 赵明霞

责任校对: 梁珊珊 关健

中国小城镇市政与环境工程技术丛书

小城镇水资源利用与保护

张朝升 石明岩 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京千辰公司制版

北京富生印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 15½ 字数: 388 千字

2008 年 12 月第一版 2008 年 12 月第一次印刷

定价: 38.00 元

ISBN 978-7-112-10318-8

(17121)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

中国小城镇市政与环境工程技术丛书

编 委 会

主 任：张朝升

副主任：张可方 胡晓东

编 委：张朝升 张可方 胡晓东 方 茜 荣宏伟

石明岩 周 鸿 张立秋 李淑更

总 序

中国小城镇市政与环境工程技术丛书主要针对我国城市化进程的总体思路，结合我国经济建设的总目标，并对我国中小城镇近年来的建设及发展前景进行了充分的市场调查和了解，在此基础上确定了丛书的选题和分类选题，其主要分类选题为：《小城镇饮用水处理技术》、《小城镇污水处理技术》、《小城镇给水厂设计与运行管理》、《小城镇污水厂设计与运行管理》、《小城镇给水排水管网设计与计算》、《小城镇水资源利用与保护》、《小城镇给水排水工程规划》。丛书基本包含了我国中小城镇市政与环境工程方面迫切需要的技术内容，本着理论联系实际、深入浅出、适用性强并充分考虑新技术应用的原则制定了编写大纲及编写内容，本丛书的出版将会对我国中小城镇市政与环境工程建设与发展起到推动和指导作用。

本丛书可作为有关中小城镇市政与环境工程技术人员、建设者专业技术提高用书及工具书，同时可作为从事给水排水工程专业及环境工程专业的科研及工程技术人员的参考书，也可以作为高等学校给水排水工程专业、环境工程专业及相关专业教师及研究生、本科生的教学参考书。

中国小城镇市政与环境工程技术丛书编委会

前 言

《小城镇水资源利用与保护》结合目前国内外小城镇的水资源利用与保护技术现状,较系统地介绍了适合小城镇水资源利用与保护的工艺和技术。系统地介绍了小城镇水资源利用与保护的理论和方法等。全书共分7章,第1章 水与水资源,主要包括:地球上的水、小城镇水资源概况、水资源开发和利用概况;第2章 小城镇地表水资源与取水,主要包括:地表水资源概述、地表水取水构筑物;第3章 小城镇地下水资源与取水,主要包括:地下水资源概述、地下水取水;第4章 小城镇节水技术与管理,主要包括:概述、工业节水、生活节水、农业节水、节水管理;第5章 小城镇污水的再生与资源化利用,主要包括:小城镇污水的特性、小城镇污水的再生处理技术、小城镇再生水的资源化利用、再生水的卫生安全性评价、小城镇污水资源化发展的经济分析、小城镇建筑中水回用;第6章 海水淡化与利用,主要包括:海水的水质特征、海水淡化理论与技术、海水的利用;第7章 小城镇水资源保护和可持续发展,主要包括:水资源保护的涵义、水资源保护的目标、水资源保护的内容、水源的污染及其防护、水资源保护的规划与管理等内容。

在编写过程中,根据我国小城镇水资源利用与保护技术的现状与实际,总结了近年来适合于小城镇水资源利用与保护技术的实际经验,并结合实际应用情况,介绍了适合于小城镇特点的水资源利用与保护的先进技术。所以,书中内容范围较广,体现了目前小城镇水资源利用与保护技术的最新发展动态。

本书可作为小城镇水资源利用与保护工程的建设、设计、管理等技术人员,以及城市规划、环境保护、管理人员的参考用书,也可作为高等学校给水排水工程专业、环境工程专业及相关专业教师和研究生、本科生、专科生的教学参考书。

本书由广州大学张朝升教授、石明岩副教授编著,各章作者为:第1章:张朝升、石明岩;第2章、第3章、第4章、第5章:石明岩;第6章:张朝升、石明岩;第7章:张朝升、石明岩。全书由张朝升教授统编定稿。

在编写过程中参考引用了许多参考书及参考文献。在此对这些作者一并表示衷心感谢。

本书在编写过程中得到了中国建筑工业出版社及有关人员的热忱帮助和鼎力支持,在此致以诚挚的谢意。

由于小城镇的特点不同,小城镇水资源利用与保护技术涉及的有关内容与大城市水资源利用与保护技术实用性不完全相同,有些内容还要不断地总结和探讨,另外由于编写人员水平所限,书中缺点和不妥之处在所难免,恳请读者提出宝贵意见,以使本书在使用中不断更新和完善。

编 者



目 录

第 1 章 水与水资源	1
1.1 地球上的水	1
1.1.1 水的形成	1
1.1.2 水的特性	1
1.1.3 水的储量与分布	4
1.1.4 水的循环	5
1.1.5 水在社会、经济上的战略位置	9
1.2 小城镇水资源概况	10
1.2.1 小城镇的概念	10
1.2.2 水资源的内涵	12
1.2.3 水资源的量与分布	17
1.2.4 水资源面临的主要问题	22
1.3 水资源开发和利用概况	25
1.3.1 全球水资源的开发利用现状及发展趋势	25
1.3.2 我国水资源开发和利用概况	26
第 2 章 小城镇地表水资源与取水	29
2.1 地表水资源概述	29
2.1.1 地表水资源及其形成	29
2.1.2 地表水资源的特点	31
2.1.3 地表水水质	35
2.2 地表水取水构筑物	39
2.2.1 概述	39
2.2.2 高水位差取水构筑物	43
2.2.3 湖泊、水库取水构筑物	50
2.2.4 山区浅水河流取水构筑物	51
2.2.5 海水取水构筑物	54
2.2.6 斗槽式取水构筑物	54
2.2.7 寒冷地区取水构筑物	55
第 3 章 小城镇地下水资源与取水	57
3.1 地下水资源概述	57



3.1.1	地下水资源的循环及其在我国的分布	57
3.1.2	地下水资源类型及特点	59
3.1.3	地下水资源的化学特性	60
3.2	地下水取水	61
3.2.1	地下水水源的选择	61
3.2.2	地下水取水构筑物概述	62
3.2.3	管井	63
3.2.4	大口井	68
3.2.5	辐射井	72
3.2.6	复合井	74
3.2.7	渗渠	74
第4章	小城镇节水技术与管理	77
4.1	概述	77
4.1.1	节约用水的概念与作用	77
4.1.2	节水型社会	79
4.1.3	用水定额的制定与管理	95
4.1.4	节约用水法规	107
4.1.5	节约用水指标体系	107
4.1.6	节约用水的技术、经济分析与评价	111
4.2	工业节水	112
4.2.1	工业用水的特征	112
4.2.2	工业节水潜力分析	113
4.2.3	工业节水途径	113
4.2.4	工业节水技术	114
4.3	生活节水	118
4.3.1	生活节水途径	118
4.3.2	生活节水技术	120
4.3.3	生活节水水平评判	122
4.4	农业节水	123
4.4.1	农业用水特点	123
4.4.2	农业节水途径	123
4.4.3	农业节水技术	126
4.5	节水管理	131
4.5.1	节水计划管理与定额目标管理	131
4.5.2	循环经济与小城镇节水管理	134
4.5.3	节水经济管理	137
4.5.4	发展节水技术的保障措施	140



第5章 小城镇污水的再生与资源化利用	143
5.1 小城镇污水的特性	143
5.1.1 小城镇污水的来源	143
5.1.2 小城镇污水中的主要污染物	144
5.2 小城镇污水的再生处理技术	148
5.2.1 再生处理的单元技术	148
5.2.2 污水再生处理工艺及水质标准	160
5.3 小城镇再生水的资源化利用	171
5.3.1 再生水回用的发展历程及存在的问题	171
5.3.2 再生水资源化利用的策略与方式	172
5.4 再生水的卫生安全性评价	176
5.4.1 污水和再生水中的病原微生物	176
5.4.2 再生水卫生学控制指标及其标准	178
5.4.3 再生水卫生安全评价方法	178
5.5 小城镇污水资源化发展的经济分析	180
5.5.1 污水资源化的外部经济性分析	180
5.5.2 再生水的市场配置分析	181
5.5.3 城镇污水资源化外部性的消除	182
5.6 小城镇建筑中水回用	185
5.6.1 中水水源、用途及水质标准	185
5.6.2 建筑中水系统	187
5.6.3 中水处理	188
5.6.4 中水的回用方式	188
5.6.5 中水供水方式	188
5.6.6 中水道的效益	189
第6章 海水淡化与利用	190
6.1 海水的水质特征	190
6.2 海水淡化理论与技术	191
6.2.1 引言	191
6.2.2 海水淡化技术	195
6.2.3 海水淡化技术的比较	201
6.3 海水的利用	202
6.3.1 海水的直接利用	202
6.3.2 海水利用中的一些问题	208
6.3.3 我国海水利用产业发展的战略与规划	210



第7章 小城镇水资源保护和可持续发展	213
7.1 水资源保护的含义	213
7.2 水资源保护的目标	214
7.3 水资源保护的内容	215
7.3.1 水质调查与分析	215
7.3.2 水质监测	217
7.3.3 水环境质量评价	220
7.4 水源的污染及其防护	223
7.4.1 水体污染的特征	223
7.4.2 水体污染三要素	223
7.4.3 水源污染的防护	225
7.5 水资源保护的规划与管理	229
7.5.1 水资源保护的规划	229
7.5.2 水资源的管理	231
参考文献	235

第1章 水与水资源

1.1 地球上的水

1.1.1 水的形成

水是生命之源；是地球上一切生命赖以生存的物质。人类的生产和生活都离不开水。

关于水的形成，说法存在很大的分歧，目前约有 32 种。这其中主要有：在地球形成之前的初始物质中存在一种 H_2O 分子的原始星云，类似于现在平均含水 0.5% 的陨石，地球形成后降到地球上，从而使地球上有了水；在地球形成后才有形成水的原始元素（氢和氧），氢与氧在适宜的条件下化合。生成羟基，羟基再经过复杂的变化，形成水。荷兰的天文学家奥特认为，岩石圈的物质一半是由硅组成，包括硅酸盐和水分。这些岩石在一定的温度和适宜的条件下（如火山爆发）脱水，从而形成了地球上的水。美国学者肯尼迪等认为岩石在熔化中完全混合时，含有硅酸盐 75%、水 25%。在地球形成初期，火山爆发频繁，从而加速了地球上水的形成。

1.1.2 水的特性

1. 水的物理化学特性

水的众多用途与其特殊的物理化学特性密切相关。

(1) 沸点高

因氢键作用水具有较高的沸点，常温下呈液态，因而地球上才会出现江、河、湖、海和生物水。

(2) 蒸发热大

水是蒸发热最大的液体。这意味着蒸发一点点水就需要大量的热能。水的这种特性可以使太阳照射到地球上的热能在整个地球得以分散，调节地球上各地的气温，大量的太阳能以热的形式贮存在被蒸发海水的水汽中，然后转移到较冷的陆地上空，凝结成降水而释放热量。水的蒸发热高，还有利于生物维持体温，使其仅需蒸发少量的水分即可满足散热的要求。

(3) 热容量高

水是热容量较高的物质之一，除氢和铝之外，水约高出其他物质热容量 5 ~ 30 倍。这种特性，使水温的升降过程比其他物质慢得多，从而影响并减缓周边气温变化的幅度，保护了生命机体免受气温突变的伤害，也有利于热电站和工业生产中的散热。

(4) 反常膨胀

4℃ 时，水的密度最大；低于 4℃ 时因体积膨胀，其密度变小，成为冰而浮于水面、冬天湖面、河面结冰时，大多数生物仍可在底部的水中生活。如果没有这种特性，地球将永

远处于冰河时期。

(5) 良好的溶剂

水是良好的溶剂，能溶解化学周期表中的绝大部分元素。基于这种特性，营养物质能够随水在动植物体内输送；水作为清洗剂而被人类广泛使用。同时也正因为这种性质，水极易被污染，并使污染在一定区域内扩大。

(6) 存在状态特殊

水在不同的外部条件下，呈现出三种不同的存在状态：固态的冰、液态的水和气态的水蒸气。这三种形态可以互相转化，称为相变。其中液态是固态和气态之间的过渡态。

(7) 分子吸引力特殊

由于电子分布不均，水分子间存在着很大的吸引力。由此使得水分子能够沿着土壤毛管上升到达植物根部，再沿着植物体内的导管系统到达叶片，最后散发到大气中。

2. 水的资源特性

(1) 循环再生与流动性

全球大气层大体上拥有 500 万亿 m^3 的水供蒸发与降雨循环运转，年均蒸发量和降雨量，在海洋分别为 430 万亿 m^3 和 390 万亿 m^3 ，在陆地分别为 70 万亿 m^3 和 110 万亿 m^3 。由于分布不均匀，海洋每年将蒸发与降雨的差值送往大陆，造成大陆降雨大于蒸发，形成 40 万亿 m^3 的径流量，从而构成大陆周而复始、年复一年的淡水来源。这一水量虽然围绕其多年平均值上下浮动，但总体上基本稳定。

水资源是动态资源，虽然在年均总量上比较固定，但随气候与季节的变化而变化。同时水资源又是流动着的，流水的量和质因时因地而异。

(2) 多功能与多层次连续性

水具有多功能特性，各功能之间相互联系，相互渗透，互为依托。水的重要功能一般可概括为水量、水质、水域、水能四类。

1) 水量

水量是最为重要的水功能，也是核心功能，没有水量则无所谓水质、水域与水能。水量的主要功能是服务于工农业生产和城乡居民生活供水。

地表径流在各类水量来源中占有重要地位。降水虽是各类水量总来源，但因难以就地利用，其功能有一定局限性；地下水在数量上与地表水相互补给，在作用是地表水的补充。21 世纪，随着水的供需矛盾日趋紧张，如何合理利用和充分发挥水量功能已成为亟待解决的重要问题。

2) 水质

水量中的不同物质组分所共同表现的物理、化学和生物学的综合特性，组成不同的水质。良好的水质在人们生活饮用和医疗保健中具有重要意义，且与水量的供水功能有相互依存的关系：没有水量的依托，水质无法发挥其作用；不能满足各类用水的水质要求，水量也就失去了应有的功能。据统计，2006 年全球已有一半以上的河流受到污染，10 亿多人无法接近安全的饮用水源，21 亿多人没有安全的排污设施，水质问题将影响人类健康并间接影响到一个国家的国民经济发展，其宏观效应不容忽视。



3) 水域和水能

水体占有地表空间形成地面水域，水域既可为洪枯不均的水流进行调蓄，增加可以利用的稳定水量，又可为人们提供各类服务，如航运与水产养殖。

水域历来是人类集中居住和城市建设的依托，对社会经济发展起着极为重要的影响。水域具有运价低廉的特点，是内陆交通运输网络的重要组成部分。水域同时也是淡水养殖的场所，在国家水产养殖中占有重要地位，有些国家和地区人均获得的蛋白质总量中有40%来自鱼类。

水量因其所在高程不同，水温不同，或者所具有的外部条件不一样，而产生位能、热能或风浪能，并转化为水能，成为人们生产生活中的重要能源。

能源是人类社会的生命线，人类的生产生活都离不开能源，水电是能源的重要组成部分，而且因为费用低廉，往往成为国家或地区发展的龙头产业，既可以带动内部资源开发，又可以吸收外部资金。在当前环境问题愈来愈受到人们重视的同时，水能不但不污染空气，而且在一定程度上还能美化环境，其利用价值大为提高，加速发展势在必行。

流动着的水体，只要水量没有消耗掉，水能在甲地利用后又可在乙地重复利用。河流的水能开发，从河源到河口，如果没有其他条件制约，可以形成梯级，充分发挥其应有功能。在给水处理系统中，上游灌区的回归水可以是下游灌区的重要水源；工业废水经过一定程度的处理后，又可复用于低质用水的部门。这样重复利用，既可提高水的利用效率，又可缓解缺水地区的供水紧张形势。

(3) 不均匀、随机和两重性

水资源随着蒸发与降雨的随机变化及其不同组合，显示出其随机特性。水资源的总体可利用量，一般取其多年平均值，但具体到某个流域或某个工程的规划设计，其可利用量随不同的保证率而异，保证率高，可利用量愈少；要增加利用量必然降低其保证率，这其中涉及到一系列技术经济问题，既增加了开发利用的复杂性，又影响了工程的经济效益。

“水能载舟，也能覆舟”，水作为资源既可为人类创造幸福，也能为人类带来灾害。世界银行曾测算，中国每年洪涝灾害损失100多亿美元，每年干旱缺水造成的损失约为350亿美元。要发挥水功能的作用，必须除害与兴利相结合，兴利之前避其害，兴利之后防其害。或者富除害于兴利之中，一举两得，在发挥其积极因素的同时克服其消极因素。

资源的空间分布不均，尤其是与人口密度和经济发展不相一致，在利用上常常远距离输水，增加供水困难。资源在时间上分布不均，有些地区水热同期，有利于农业生产；有些地区天然降雨与农作物需水很不协调，需要工程进行调节，增加了水利用的难度。

(4) 资源的内部转化与外部联系

水的气体、液体与固体三种物理形态可以相互转化，天空中的水气在一定温度与成雨条件下，可以转化为雨水，人们利用这一特点可以“催云化雨”。固体的冰雪在气温影响下可以融化为地表径流，作为某些地区河川径流的主要来源。

雨水、地表水和地下水三种不同水源之间的转化极为频繁，雨水既可转化为地表水，也可渗入地下转化为地下水；地表水与地下水之间关系更为密切，彼此之间可以互相补给，因此在天然水量平衡和水资源的利用上，要作为整体统筹考虑。

与其他资源相比，水既有明显的以自然区域为整体的特性，又离不开经济区划与行政

区域的影响与约束，其开发利用与运行管理必须全面考虑与之有关的方方面面。

水既是自然资源也是环境要素，水、土、环境是一个不可分割的整体，无论开发与治理都必须考虑其间的天然联系。

1.1.3 水的储量与分布

地球上的水按其存在位置分为大气水、地表水及地球内部水。其中，地表水分海洋水、湖泊水、河流水、冰川水等；地球内部水包括地壳岩石圈中的地下水和地幔中储藏的水。

地球总面积约 $5.1 \times 10^8 \text{ km}^2$ ，其中海洋面积约为 $3.61 \times 10^8 \text{ 万 km}^2$ ，占全球面积 70.8%，陆地面积约 $1.49 \times 10^8 \text{ km}^2$ ，仅占全球面积 29.2%。地球水圈（地壳表层、表面和围绕地球的大气层中气态、液态和固态的水组成的圈层）全部水体的总储量约为 $13.9 \times 10^8 \text{ km}^3$ ，其中，绝大部分为高含盐量（35g/L）的海洋水，水量为 $13.4 \times 10^8 \text{ km}^3$ ，占 96.5%，淡水水量占 2.5%，仅为 $0.35 \times 10^8 \text{ km}^3$ 。陆地表面的水量与海洋相比是微不足道的，如图 1-1 所示。

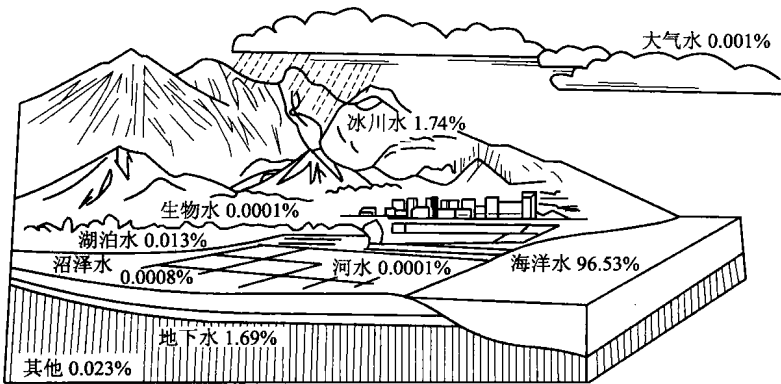


图 1-1 地球水储量

淡水中有 69.6%（ $0.24 \times 10^8 \text{ km}^3$ ）为固体状态，大部分储存在冰川、多年积雪、两极和多年冻土内，在现有的技术经济条件下很难被人类所利用。人类能够利用的淡水水量仅为 $0.1 \times 10^8 \text{ km}^3$ ，占淡水总量的 30.4%，也就是说，在水的总储量中，仅有 0.76% 可以为人类所利用，这类水主要分布在 600m 深度以内的含水层、湖泊、河流和土壤中。地球上各类水的储量如表 1-1 所示。

地球水储量 表 1-1

水 体 类 型		水量（ $\times 10^4 \text{ km}^3$ ）	水储量占总量比（%）	占淡水总量比（%）
海洋水		133800	96.5	
湖泊水	总量	17.64	0.013	
	咸水	8.54		
	淡水	9.10		0.26
河流		0.21	0.0002	0.006
沼泽		1.15	0.0008	0.03

水 体 类 型		水量 ($\times 10^4 \text{ km}^3$)	水储量占总量比 (%)	占淡水总量比 (%)
地下水	总量	2340	1.69	
	咸水	1287	0.93	
	淡水	1053	0.76	30.06
土壤水		1.65	0.001	0.05
冰川及冰盖		2406.41	1.74	68.70
地下冰		30	0.022	0.86
大气水		1.29	0.001	0.04
生物水		0.112	0.0001	0.003
总计		138598.46	100.0	
淡水总计		3502.92	2.53	100.0

(据联合国水会议文件 1977)

1.1.4 水的循环

1. 水循环的概念

水的循环是地球上最重要的物质循环之一。通过循环过程中水的形态变化完成了水的输送和通过水对物质和热能的输送，从而产生调节气候和淡水再生的作用，这对于地球环境的形成、演化和人类生存都有着重大的作用和影响。

按水的循环途径，地球上的水循环可以分为自然循环和社会循环。

(1) 水的自然循环

在太阳辐射和地心吸力的作用下，地球上各种状态的水从海洋表面、江河表面、湖沼表面、陆地表面和植被表面蒸发、散发变成水汽，上升于空中，或停留在空中，或被气流带到其他地区，在适当条件下凝结，然后以降水形式落到海洋面或陆地表面。到达地面的水，在重力作用下，部分下渗入地下形成地下径流，部分形成地表径流流入江河，汇归海洋，还有一部分重新蒸发回空中。水分这样往返循环不断转移交替的现象称为水的自然循环（图 1-2），也称自然界的水文循环。

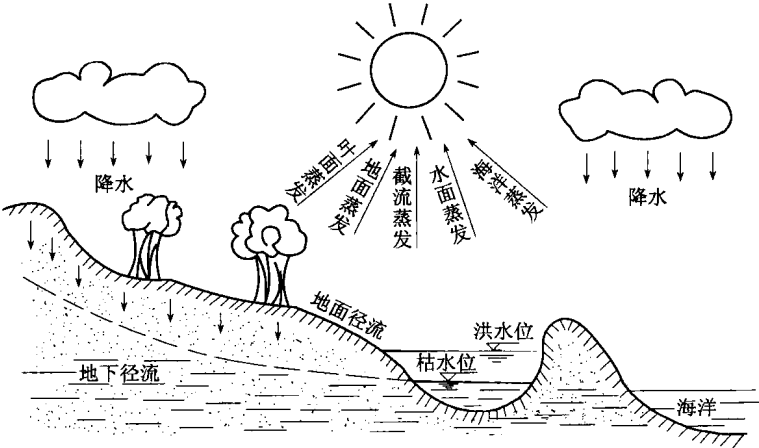


图 1-2 水的自然循环

水的自然循环分为小循环和大循环。

小循环是指海洋本身或者陆地的水单独进行循环的过程。海洋本身的水循环是指海水通过蒸发形成水蒸气，然后再以降水的方式降落到海洋中。陆地上的水，通过蒸发作用（包括江、河、湖、水库等水面蒸发、潜水蒸发、陆面蒸发及植物蒸腾等）上升到大气中形成积云，之后通过降水的形式降落到陆地表面形成径流。

大循环是指水在水圈、大气圈和岩石圈之间的循环过程。具体表现为：海洋中的水蒸发后，一部分飘移到大陆上空形成积云，然后以降水的形式降落到地面。其中一部分形成地表径流，通过江河汇入海洋；另一部分则渗入地下形成地下水，再以地下径流或泉流的形式缓慢地注入江河或海洋。

据联合国的统计资料，参与全球动态平衡的循环水量为 $57.7 \times 10^4 \text{ km}^3$ ，仅占全球水储量的 0.05%，其中，海洋部分的比例大于陆地部分，且海洋部分的蒸发量大于降雨量，见表 1-2。

世界水循环状况				表 1-2
分 区	面积（ $\times 10^8 \text{ km}^2$ ）	水量（ $\times 10^4 \text{ km}^3$ ）		
		降 水	径 流	蒸 发
海洋	3.6	45.8	4.7	50.5
陆地	1.5	11.9	4.7	7.2
总计	5.1	57.7		57.7

（2）水的社会循环

除了水的自然循环外，水还因人类的活动而不断地迁移转化，形成了水的社会循环。水的社会循环是指人类为了满足生活和生产的需求，不断取用天然水体中的水，经过使用，一部分天然水被消耗，但绝大部分却变成生活污水和工业废水排放，重新进入天然水体，如图 1-3（a）。

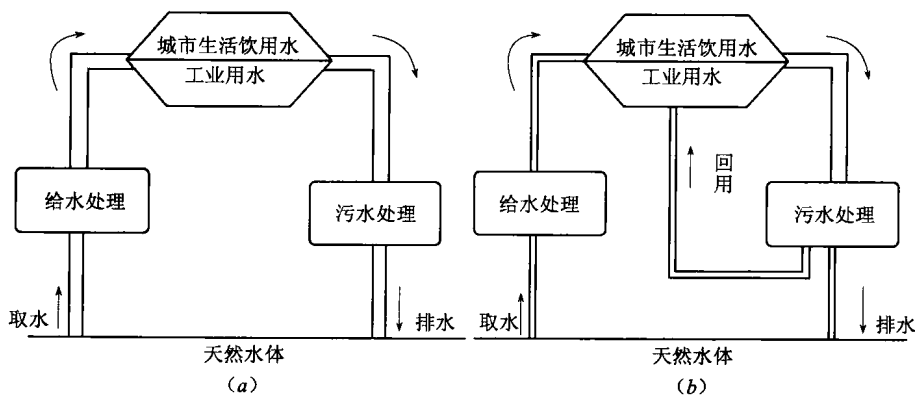


图 1-3 水的社会循环

社会循环的水量不断增大，造成排入水体的废弃物不断增多，一旦超出了水体的自净能力，水质就会恶化，从而使水体遭到污染。受污染的水体，将丧失和部分丧失使用功能，从而影响水资源的可持续利用，并加剧水资源短缺的危机。

对城市污水进行处理，使其排入水体不会造成污染，从而实现水资源的可持续利用，称为水的良性社会循环。从未受污染的天然水体取水，一般是比较经济的，原因是满足用水对水质的要求（特别是生活饮用水）而进行的水处理比较易行。当出现水资源短缺危机时，为节约水资源，可以采取污水回用的方法，如图 1-3（b）所示。

在水的社会循环中，一部分水被人类从自然循环的径流中取出，经过生活和生产过程中的使用后，成为生活污水和工业废水，或者经农田灌溉渗流地下，最终仍然回归径流。这部分社会循环的水，会局部改变自然水循环的途径和强度，使径流条件发生局部的重大改变，还会对水循环的水质发生重大影响，这部分水称为回归水，如图 1-4 所示。社会循环对水量的影响尤为突出，河流、湖泊来水量大幅减少、甚至干涸，地下水水位大面积下降，径流条件发生重大改变。不可复原水所占比例愈大，对自然水文循环的扰动愈剧烈、天然径流量的降低将十分显著，引起一系列的环境与生态灾害。显然，在研究与阐述自然界水文循环方面，在系统自然水循环外关注社会水循环对自然径流产生的干扰与改造作用对于实现水的良性循环是至关重要的。

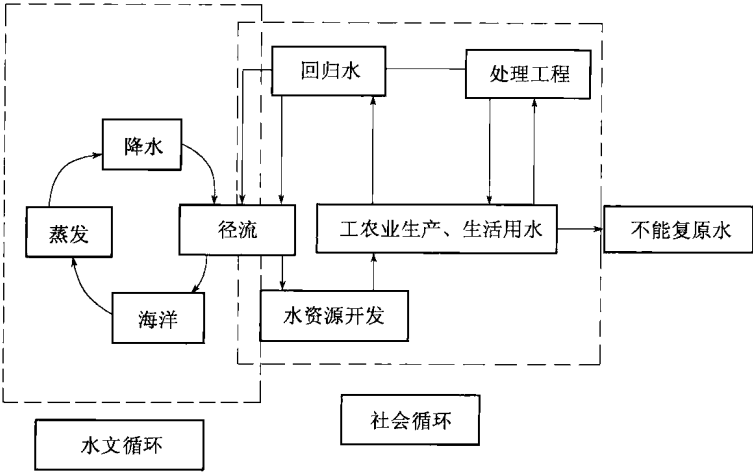


图 1-4 自然—社会复合水循环

2. 水循环的特点

(1) 总水量保持平衡

在全球水循环中，地球表面蒸发量同返回的降水量相等，处于相对平衡状态。海洋的蒸发量大于降水量，但来自大陆的径流使这部分缺水得到补偿，海水量不会减少。大陆的降水量大于实际蒸发量，多余水量形成径流汇入海洋，大陆的水量没有增加。据计算，海面输送到陆地上空的水汽只占海洋总蒸发量的 9.3%，其余水汽以降水的形式返回海洋。参加海陆之间大循环的有效水量仅占全球水循环总量的 8.1%。

(2) 时空分布不均匀

水循环中水量的年际变化很明显，一些地区河川径流的丰水、枯水年往往交替出现。一般来说，在低纬湿润地区，降雨量较多，雨季降雨集中，气温高，蒸发量大，水循环强烈；高纬度地区，冰雪覆盖期长，气温低，水循环弱；而干旱地区降水稀少，蒸发能力大，但实际蒸发量小，水循环微弱。水循环这种年内、年际和地区变化的不均匀现象造成