

# 水务知识读本

■ 主 编 吴季松  
副主编 石玉波 李砚阁



中国水利水电出版社  
[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)

水利部

# 水务知识读本

■ 主 编 吴季松

副主编 石玉波 李砚阁



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

## 内 容 提 要

水务管理是一种新型的水管理体制。为适应全国城乡水务一体化管理的新形势,加快有知识、懂技术、会管理、善经营的水务队伍建设,为水务系统职工培训提供通用教材,全面介绍水务管理相关知识,水利部水资源司组织编写了《水务知识读本》一书。

全书 50 余万字,包括水资源基础知识、城市水资源概论、城市水资源综合规划、水务发展规划、城市给水工程、城市排水工程、城市水污染防治与污水资源化、城市防洪、城市节水、城市水生态建设、水务管理、国外水务管理、水权与水市场概述共 13 章,以城市水务为重点,是国内第一部全面覆盖水务工作相关领域,系统深入介绍水务工作相关知识的读本。

本书可作为水务系统培训和自修教材,也可供水利、城建、环保等领域的高等学校、科研院所、规划设计、政府部门的相关科技人员使用参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

水务知识读本/吴季松主编. - 北京:中国水利水电出版社, 2003  
ISBN 7-5084-1611-2

I. 水... II. 吴... III. 水资源管理-基本知识-中国 IV. TV213.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 061868 号

|       |  |
|-------|--|
| 书 名   | 水务知识读本   |
| 作 者   | 主编 吴季松 副主编 石玉波 李砚阁   |
| 出版 发行 | 中国水利水电出版社(北京市三里河路 6 号 100044)<br>网址:www.waterpub.com.cn<br>E-mail:sales@waterpub.com.cn<br>电话:(010)63202266(总机) 68331835(营销中心) |
| 经 售   | 全国各地新华书店和相关出版物销售网点   |
| 排 版   | 中国水利水电出版社微机排版中心  |
| 印 刷   | 北京市兴怀印刷厂   |
| 规 格   | 787mm×1092mm 16 开本 22 印张 522 千字  |
| 版 次   | 2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月第 1 次印刷  |
| 印 数   | 0001—4100 册  |
| 定 价   | 58.00 元  |

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换  
版权所有·侵权必究

# 《水务知识读本》

---

## 编辑委员会

主 编 吴季松

副主编 石玉波 李砚阁

成 员 田 琦 黄 菊

徐澎波 唐克旺

钟华平 崔信民



# 前 言

城市化是现代化的基本进程和重要标志。改革开放以来，我国城市数量迅速发展，目前，城市人口已达 38%，到 2015 年，城市人口将超过 50%，城市规模在不断扩大。城市作为一定地域范围内的经济中心、物流中心、文化中心和信息中心，在社会经济生活中发挥着越来越重要的作用。在 21 世纪，城市将是经济全球化的中心，网络化的结点，高技术化的孵化器，信息化的主要信息源与受体。

到 2030 年，世界城市人口将超过 60%，我国城市人口也将达到 60%，超过 9 亿。城市的可持续发展将成为可持续发展的主要部分，直接关系到国家的繁荣昌盛。现代城市要建立现代化的道路网、电力热力网、绿网、水网和信息网五大网络，使物流、电流、能流、生物流、水流和信息流畅通，水网是其中至关重要的一环。水网的现代化是现代城市的重要标志，对水网的统一管理是水网现代化的基础和保证。水网现代化就是要保证城市防洪和供水安全、水供需平衡和水生态环境良好。

城市由于地域范围小，集雨面积小，自产水资源量也少，但其经济规模大，人口密集，点源污染高度集中，因此对防洪要求很高，供水保证难度很大，水污染防治任务十分繁重，这种现实情况，对城市可持续发展和现代化的水务工作提出了前所未有的高要求。

经过几十年的不懈努力，我国的城市水利工作取得了很大成绩，基本满足了工业和城市生活对水资源的需求，工业和城镇生活供水量已从新中国成立初的 30 亿  $m^3$  增加到 2000 年的 1423 亿  $m^3$ ，但是还存在着不少问题。这主要表现在：一是城市缺水问题依然存在，在 660 多个城市中，有 400 多个城市缺水。二是城市水环境日趋恶化，城市地表水体 2/3 以上受到不同程度的污染，上海等出现“水质型”缺水。三是多龙管水，分割管理体制打破了水资源利用的自然循环，水源地不管供水，供水不管治污，治污不管回用，政出多门，没有统一机构为城市水务问题负责。四是城市水浪费与短缺并存，用水效率和效益均较低，万元国内生产总值用水量为世界平均水平的 4 倍。五是供排水设施建设严重滞后，投资不足。六是城市污水处理设施总量不足，运行机制不良，中水回用率很低，不能实现经济自持运行。七是水价长期偏低，背离真实价值，水市场没有形成，既难以维持供排水企业的正常运行，也不利于鼓励节水工作。八是在城市规划与发展中没有按照水资源条件确定和调整城市的规模和产业结构，在缺水地区建设耗水型城市和工业，再投入巨资修建调水工程，造成不必要的浪费。

在党的十五届五中全会关于“改革水的管理体制”的精神指导下，各地根据自身经济社会发展的需要，积极探索，大胆实践，自发地以城乡水务统一管理体制改革为重点推动水资源管理体制的改革，取得了明显成效。截至 2002 年 12 月 31 日，全国已有 29 个省、自治区、直辖市的 1097 个单位，成立了水务局或由水利系统实施水务统一管理，占全国县级

以上行政区的 46%。上海、深圳、武汉、大连、哈尔滨、西安、合肥、太原、乌鲁木齐、呼和浩特、西宁、苏州、珠海等重要城市都成立了水务局。城乡水务统一管理体制在克服部门职能交叉，统筹调度、优化配置区域水资源，保证水资源供需平衡和改善水生态系统，建设统一的水务市场等方面已经取得了明显的成效。

水务管理就是在城乡水资源统一管理的前提下，以区域水资源可持续利用支持城乡经济社会可持续发展为目标，对辖区范围内防洪、水源、供水、用水、节水、排水、污水处理与回用，以及农田水利、水土保持乃至农村水电等所有涉水事务，实行一体化管理的一种管理体制。水务管理体制是一件新生事物，服务范围广，涉及领域多，要做好这项工作，必须在中央水利工作方针和在党的十五届五中全会与十六大精神指引下，通过观念创新、体制创新和机制创新推进和深化水管理体制改革的。

我们正处在知识经济的时代，循环经济是实现可持续发展，全面建设小康社会，迈向知识经济的第一步。而水产业是最易于实现循环经济的为数不多的产业之一，要使水产业走上循环经济的道路，关键在于水的管理体制改革，在于水的统一管理，而任何先进的体制和科学管理靠的都是人。正如胡锦涛总书记所说：“要转变经济增长方式，将循环经济的理念贯穿到区域经济发展，城乡建设和产品生产中，使资源得到最有效的利用。”循环经济理念的贯彻，在于建立一支有知识、懂技术、会管理、善经营的水务干部职工队伍。对现有干部职工的培训是队伍建设的当务之急。

为满足水务系统干部培训和学习相关知识的需要，我们编写了这部《水务知识读本》。全书共分 13 章，既有水资源基础知识、城市水资源概述、城市给水工程与排水工程、城市水污染防治与污水资源化等方面的基础知识，也有城市水资源规划、城市节水、城市防洪，水务发展规划、水务管理概论、国外水务管理经验，以及水权与水市场、城市水生态建设等方面的专业知识，全面覆盖了水务工作的相关领域，是国内第一部全面介绍水务工作相关知识的读本。本书既可作为水务系统管理干部和技术人员的培训教材，也可供水资源管理、供排水等有关领域的高校师生与科技工作者参考。

由于编写工作时间紧、任务重，加之水务工作是一个全新的领域，因此书中内容可能存在着不足，欢迎读者批评、指正，以便在修订再版时改正。

编者

2003 年 6 月

# 目 录

## 前 言

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 第一章 水资源基础知识.....         | 1   |
| 第一节 地球上的水与水文循环 .....     | 1   |
| 第二节 水资源的概念与特点 .....      | 3   |
| 第三节 全球水资源状况与存在问题 .....   | 4   |
| 第四节 中国水资源状况 .....        | 8   |
| 第五节 中国水资源开发利用 .....      | 19  |
| 第二章 城市水资源概论 .....        | 28  |
| 第一节 城市与水资源的关系 .....      | 28  |
| 第二节 城市水资源系统 .....        | 42  |
| 第三节 城市水资源问题 .....        | 49  |
| 第四节 解决城市水资源问题的对策措施 ..... | 53  |
| 第三章 城市水资源综合规划 .....      | 60  |
| 第一节 规划的目标和原则 .....       | 60  |
| 第二节 城市水资源评价 .....        | 62  |
| 第三节 城市水资源开发利用现状 .....    | 68  |
| 第四节 城市需水预测 .....         | 71  |
| 第五节 城市供水预测与供需平衡分析 .....  | 76  |
| 第六节 城市节水 .....           | 81  |
| 第七节 城市水资源保护 .....        | 84  |
| 第八节 城市水资源配置 .....        | 86  |
| 第四章 水务发展规划 .....         | 93  |
| 第一节 编制水务发展规划的必要性.....    | 93  |
| 第二节 水务发展规划概述 .....       | 94  |
| 第三节 水务基本情况调查与现状评价 .....  | 95  |
| 第四节 水务发展规划原则与目标 .....    | 98  |
| 第五节 城市发展对水务工程的需求预测 ..... | 100 |
| 第六节 水务发展布局与工程体系建设 .....  | 101 |
| 第七节 水务发展规划保障措施 .....     | 103 |
| 第八节 城市给水工程专项规划 .....     | 105 |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| 第九节 城市排水工程专项规划 .....           | 109        |
| <b>第五章 城市给水工程</b> .....        | <b>113</b> |
| 第一节 给水工程分类 .....               | 113        |
| 第二节 用户对供水的要求 .....             | 115        |
| 第三节 给水系统的组成 .....              | 122        |
| 第四节 取水工程 .....                 | 126        |
| 第五节 给水处理 .....                 | 135        |
| 第六节 供水管网工程 .....               | 140        |
| 第七节 供水工程的运营、管理和维护 .....        | 143        |
| 第八节 国内外给水新技术 .....             | 148        |
| <b>第六章 城市排水工程</b> .....        | <b>153</b> |
| 第一节 城市排水工程系统 .....             | 153        |
| 第二节 城市排水体制 .....               | 155        |
| 第三节 城市排水工程系统布置 .....           | 159        |
| 第四节 城市排水管道系统规划 .....           | 164        |
| <b>第七章 城市水污染防治与污水资源化</b> ..... | <b>171</b> |
| 第一节 城市水污染系统 .....              | 171        |
| 第二节 工业污染源系统分析 .....            | 173        |
| 第三节 水环境质量评价 .....              | 174        |
| 第四节 城市污水集中控制 .....             | 175        |
| 第五节 城市水污染控制指标体系 .....          | 182        |
| 第六节 城市水环境质量预测 .....            | 183        |
| 第七节 城市水污染集中控制规划 .....          | 185        |
| 第八节 污水处理方法 .....               | 189        |
| 第九节 城市污水处理厂的建设与污水资源化 .....     | 198        |
| <b>第八章 城市防洪</b> .....          | <b>204</b> |
| 第一节 城市防洪的特点与任务 .....           | 204        |
| 第二节 我国城市防洪概况 .....             | 210        |
| 第三节 城市防洪系统 .....               | 214        |
| 第四节 城市防洪工程 .....               | 216        |
| 第五节 城市防洪非工程措施 .....            | 226        |
| 第六节 城市防洪预警系统与指挥系统 .....        | 234        |
| <b>第九章 城市节水</b> .....          | <b>238</b> |
| 第一节 节水的基本概念 .....              | 238        |
| 第二节 工业节水考核及其指标体系 .....         | 240        |
| 第三节 城市生活节水考核及其指标体系 .....       | 251        |

|      |                         |     |
|------|-------------------------|-----|
| 第四节  | 工业企业水平衡测试与用水合理化分析 ..... | 254 |
| 第五节  | 用水定额及其应用 .....          | 260 |
| 第六节  | 工业和城市节水基本对策与技术途径 .....  | 266 |
| 第十章  | 城市水生态建设 .....           | 271 |
| 第一节  | 城市水生态建设概述 .....         | 271 |
| 第二节  | 城市水生态建设原则与目标 .....      | 272 |
| 第三节  | 城市水生态建设任务 .....         | 274 |
| 第四节  | 城市水生态建设主要内容 .....       | 275 |
| 第十一章 | 水务管理 .....              | 279 |
| 第一节  | 水务管理的内涵 .....           | 279 |
| 第二节  | 水务管理的主要内容 .....         | 281 |
| 第三节  | 全国水务管理现状与成效 .....       | 282 |
| 第四节  | 水务管理经验 .....            | 286 |
| 第五节  | 水务管理的发展方向 .....         | 297 |
| 第十二章 | 国外水务管理 .....            | 303 |
| 第一节  | 各国水管理机构设置 .....         | 303 |
| 第二节  | 各国水行政管理体制及职能配置 .....    | 304 |
| 第三节  | 各国水管理体制变革趋势 .....       | 313 |
| 第十三章 | 水权与水市场概述 .....          | 319 |
| 第一节  | 水权的起源和内涵 .....          | 319 |
| 第二节  | 水权分配、转让与水市场 .....       | 321 |
| 第三节  | 水的商品属性与水权定价 .....       | 324 |
| 第四节  | 国外水权制度与水市场 .....        | 330 |
| 参考文献 | .....                   | 339 |

# 第一章 水资源基础知识

水是万物生命之源，是自然环境和生态系统中不可替代的要素，是基础性的自然资源和战略性的经济资源。

在地球上，哪里有水，哪里就有生命。人体内发生的一切化学反应都是在介质水中进行的。人的身体 70% 由水组成，哺乳动物含水 60%~68%，植物含水 75%~90%。没有水，植物就要枯萎，动物就要死亡，人类就不能生存。

川流不息的江河，碧波荡漾的湖泊，飞流直下的瀑布，一望无际的海洋，他们赋予大自然多姿多彩的壮丽景观。水是自然环境和生态系统中最为重要和活跃的因子。

在没有正常能源甚至没有交通工具的情况下，一个城市还可以维持一定时间的正常运转，然而没有水，这个城市很快就会成为一座死城。工业也离不开水，水参与了工业生产的一系列重要环节，在制造、加工、冷却、净化、空调、洗涤等方面都发挥着重要的作用，被誉为工业的血液。因此，水是社会进步和经济发展不可替代的战略资源。

## 第一节 地球上的水与水文循环

### 一、水的储存与分布

地球表层的水体以气态、液态或固态的形式存在，它主要包括海洋、河流、湖泊、沼泽、土壤水、地下水、冰川、冻土、永久积雪、极地冰盖以及大气水等，这些水形成了包围地球的水圈。地球表面面积的 74%，被液态和固态水所覆盖。全球总水量约为 13.86 亿  $\text{km}^3$ ，其中淡水（含盐量小于 0.1%）有 0.35 亿  $\text{km}^3$ ，占全球总水量的 2.5%；咸水（含盐量超过 0.1%）有 13.51 亿  $\text{km}^3$ ，占全球总水量的 97.5%。

海洋的面积占地球表面积的 71%，是地球上最大的水体，总体积 13.38 亿  $\text{km}^3$ ，占全球总水量的 96.5%。冰盖、冰川和永久积雪是陆地上的最大水体，总水量 0.24 亿  $\text{km}^3$ 。人工形成的水体，体积大的有水库（又分为山谷水库、平原水库和地下水库，其体积在 1 万  $\text{m}^3$  至几百亿  $\text{m}^3$ ）和塘堰（又称山塘、塘坝，体积为几百至几千  $\text{m}^3$ ）；体积小的有池塘、水窖（在干旱地区挖在地下用以存蓄雨水径流，用于人畜用水及抗旱点种的设施）和涝池（在水土流失地区建于道路下段外侧用于拦截道路雨水径流，以防止强烈土壤冲刷的一种设施）等，其体积只有几十至几千  $\text{m}^3$ 。在大气、土壤、岩石和动植物体中的水分，其总量很大，但是其单位体积中的含水量一般很小，分布也极其分散。

地表水（surface water）是陆地表面上各种液态、固态水体的总称，包括静态水和动态水，主要有河流、湖泊（水库）、沼泽、冰川、永久积雪等。地表水的动态水指河川径

流量，静态水则用各种水体的储水量表示。全球陆地上地表水储量为 2430 万  $\text{km}^3$ ，只占全球总储水量的 1.75%，且分布极不均匀。被冰川和冰盖所覆盖的面积只占陆地面积的 12%，其储水量却为 2406 万  $\text{km}^3$ ，占地表水储量的 99.2%；河流、湖泊、沼泽分布的面积占陆地面积的 62%，其储水量只占地表水储量的 0.8%；其余 26% 的陆地面积为沙漠和半沙漠，基本上没有地表水体。地表水体不断得到大气降水的补给，经过产流与汇流，平均每年有 4.35 万  $\text{km}^3$  河川径流和 0.25 万  $\text{km}^3$  冰川径流汇入海洋，在全球水循环中起相当重要的作用。另外，内流区河流平均每年产生径流量 0.1 万  $\text{km}^3$ ，汇入内陆湖泊而消耗于蒸发。

河流是最活跃的地表水体，其水量更替快，水质良好，便于取用，历来就是人类开发利用的主要对象，在农业灌溉、城镇供水、水力发电和航运等方面为促进社会经济发展起到了巨大的作用。淡水湖和水库具有存储、调节径流的作用，能缓解来水与用水的矛盾，提高河川径流的利用程度。咸水湖供水意义不大，但蕴藏丰富的矿物资源。极地冰川和冰盖目前尚难以开发利用，但中低纬度的高山冰川则是巨大的“固体水库”，贮存固态降水，泻放冰雪融水，对河流有补给调节作用。沼泽是生长喜湿植物的湿地，也具有重要的生态作用。

地下水 (groundwater) 为贮存于地表以下岩土层中水的总称。广义地下水包括土壤、隔水层和含水层中的重力水和非重力水。狭义地下水指含水层中的重力水。地下水具有地域分布广、随时接受降水和地表水体补给、便于开采、水质良好、径流缓慢等特点。易于补给的浅层地下水具有重要的供水价值。

## 二、水循环

地球上的水始终在不断运动变化和相互交换。在太阳热力和重力的作用下，地壳浅表面的水不断循环 (见图 1-1)，海洋和陆地表面的水蒸发成为水汽进入大气圈；水汽随气流漂移，在适宜的条件下，重新凝结成液态或固态降落 (即雨雪等不同类型的降水)；降落在陆地的水分，一部分汇集于江河湖泊形成地表水；另一部分渗入土壤岩石中，成为地

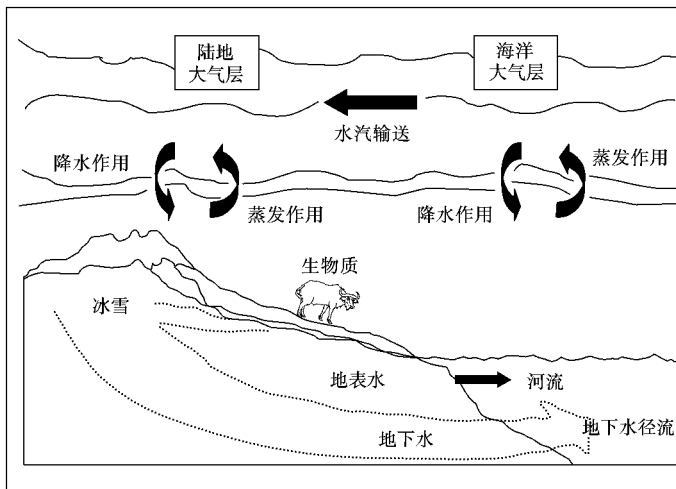


图 1-1 水循环示意图

下水。地表水有的重新蒸发成为水汽，返回大气圈；有的渗入地下，成为地下水；其余部分则流入海洋。地下水有的通过土壤蒸发直接返回大气圈，有的被植物吸收，通过植物叶面蒸发而返回大气圈；其余部分则形成地下径流。地下径流或直接流入海洋，或在径流过程中出露地表转化为地表水，然后再返回海洋。自然界中水的这种运动称为水循环。

水循环可分为小循环和大循环。小循环是指由海洋表面蒸发的水汽，又以降水形式落入海洋，或者由大陆表面（包括陆地水体表面、土面及植物叶面等）蒸发的水汽，仍以降水形式落回陆地表面。这种发生在局部范围内的水循环过程称为小循环。而大循环则是由海洋表面蒸发的水汽，随气流带到大陆上空，形成降水落回地面，再通过径流（地表的及地下的）返回海洋的过程。这种发生在海陆之间的循环过程称为大循环，也称全球水文循环。

在水文循环过程中，大气中水汽主要来源于海洋上的蒸发；约有 15% 来自海洋的水汽由大气环流带到陆地上空，这些水气形成陆面上降水的 89%。另外 11% 的陆面上降水来自陆地本身的蒸发所产生的水汽。陆面降水在陆面形成土壤水、地下水和地表水，除消耗于蒸发重返大气外，其余汇流入海。按多年平均说来，海洋中的水量保持平衡，陆地上各类水体中水量也收支相抵，水体中水不断更新补充，使淡水周而复始，不断净化。

鉴于自然界水的循环规律，水是一种可更新的资源，人类和万物处于水循环（主要是陆地水循环）的环境中，人类活动直接影响着水的循环过程。

## 第二节 水资源的概念与特点

### 一、水资源的概念

水资源（water resources）一词很久以前就已经出现，并随着时代的前进得到不断的丰富和发展。根据联合国教科文组织（UNESCO）和世界气象组织（WMO）共同制定的《水资源评价活动——国家评价手册》中的定义：水资源为“可以利用或有可能被利用的资源，具有足够数量和可用的质量，并能在某一地点为满足某种用途而可被利用”。因此，水资源可以理解为人类长期生存、生活和生产过程中所需要的各种水，既包括了它的数量和质量，又包括了它的使用价值和经济价值。

水资源的概念通常有广义和狭义之分。所谓广义是指人类能够直接或间接利用的地球上的各种水体，包括天上的雨雪、河湖中的地表水、浅层和深层的地下水（包括土壤水）、冰川、海水等。所谓狭义是指人类可以直接利用的水体——主要指淡水，以江河、湖泊为代表的地表水和地下水的淡水资源。

通常以淡水体的年补给量作为水资源的定量指标，如用河川年径流量表示地表水资源量，用含水层补给量表示地下水资源量。

陆地上各种水体都处于水循环过程中，不断得到大气降水的补给，通过径流、蒸发而排泄，并在长时期内保持水量的收支平衡。在多年均衡状态下，水体的贮存量称为静态水量，水体的补给量称为动态水量，前者与后者的比值即为更替周期。更替周期长的水体，如湖泊为 17 年，深层地下水为 1400 年，取用后难以恢复，一般不宜作为长期稳定的供水水源；更替周期短的水体，如河水为 16d，浅层地下水约为一年，取用后容易恢复，是人

类开发利用的主要对象。

我们所说的水资源，通常是指陆地上的淡水资源。在淡水资源中，冰川中贮存的水量最多，它们分布在地球上的南、北两极和高山、高原地区，目前能够利用的还很少，只有一些高山冰川的融水，流到山麓平原地区，可以饮用或灌溉田地。现在人们大量利用的淡水资源，主要是河水、湖泊水（淡水湖的水）和部分地下水。它们只占全球水的总储量的7/10万，淡水总储量的0.3%。

## 二、水资源的特点

水资源不同于土地资源和矿产资源，有其独特的性质，只有充分认识它的特性，才能合理、有效地利用。

### 1. 循环性和有限性

水圈的水由于相互之间不断循环，使得地表水和地下水不断得到大气降水的补给，开发利用后可以恢复和更新，这是地球上水资源具有的特征。但各种水体的补给量是不同的和有限的，为了可持续供水，多年平均的利用量不应超过补给量。循环过程的无限性和补给量的有限性，决定了水资源在一定数量限度内才是取之不尽、用之不竭的。

### 2. 时空分布不均匀性

水资源在地区分布上很不均匀，年际年内变化大，给开发利用带来许多困难。地球表面淡水资源分布的不均匀性，表现为降水多的地区，淡水资源比较充足；反之，淡水资源则很贫乏。为了满足各地区、各部门的用水要求，必须修建蓄水、引水、提水、水井和跨流域调水工程，对天然水资源进行时空再分配。因兴修各种水利工程要受自然、技术、经济、社会条件的限制，只能控制利用水资源的一部分或大部分。由于排盐、排沙和生态系统的需要，河流应保持一定的入海水量，对地下水要适度开采。

### 3. 用途广泛性

在国计民生中，水资源的用途十分广泛，各行各业都离不开水，水不仅用于农业灌溉、工业生产和城乡生活，而且还用于水力发电、航运、水产养殖、旅游娱乐等。这些用途又具有较强的竞争性。随着人们生活水平的提高、国民经济和社会的发展，用水量不断增加是必然趋势，不少地区出现了水源不足的紧张局面，水资源短缺问题已成为当今世界面临的重大难题之一。

### 4. 经济上的两重性

由于降水和径流时空分布不均，形成因水过多或过少而引起洪、涝、旱、碱等自然灾害；由于水资源开发利用不当，也会造成人为灾害，如垮坝事故、土壤次生盐渍化、水体污染、海水入侵和地面沉降等。水的可供利用及可能引起灾害，决定了水资源在经济上的两重性，既有正效益也有负效益。水资源的综合开发和合理利用，应达到兴利、除害的双重目的。

## 第三节 全球水资源状况与存在问题

### 一、全球水资源状况

地球的表面面积约为5.1亿 $\text{km}^2$ ，被水覆盖的面积约为3.6亿 $\text{km}^2$ ，占地球表面面积的

71%，地球上的陆地面积仅为地球表面积的29%。地球上的总水量估计约有13.86亿 $\text{km}^3$ ，以多种形式存在，有海洋水、地下水、湖泊水、河水、沼泽水、大气水、冰川与永久雪盖、土壤水等，其中海洋水的分布最大，约占97.5%，其他形式的水所占比例较小，且多少不一。地球上水资源的组成，如图1-2所示。

全球水储量共约13.86亿 $\text{km}^3$ ，其中包括海洋水在内的全部咸水储量占总储量的97.47%，约13.51亿 $\text{km}^3$ ，而淡水储量包括冰川与永久积雪、地下淡水、河流等水体，大气中的水分和生物体中的水分等在内，只占水总储量的2.5%，约0.35亿 $\text{km}^3$ ，其中人类难以利用的如冰川和永久积雪、永冻地层中的冰，就占淡水总储量的69.5%，地下淡水量约占淡水总储量的30.1%，人类能够开发利用的地下水只占其极少的一部分。

通过全球水文循环，每年在全球陆地上形成的可更新淡水量通常以河川年径流量为代表，为4.7万 $\text{km}^3/\text{a}$ ，其中外流区河流的入海径流为4.35万 $\text{km}^3/\text{a}$ ，冰川融化产生的径流量0.25万 $\text{km}^3/\text{a}$ ，内流区河流径流约0.1万 $\text{km}^3/\text{a}$ 。世界各大洲自然条件不同，降水和径流量差异较大，如表1-1所示。

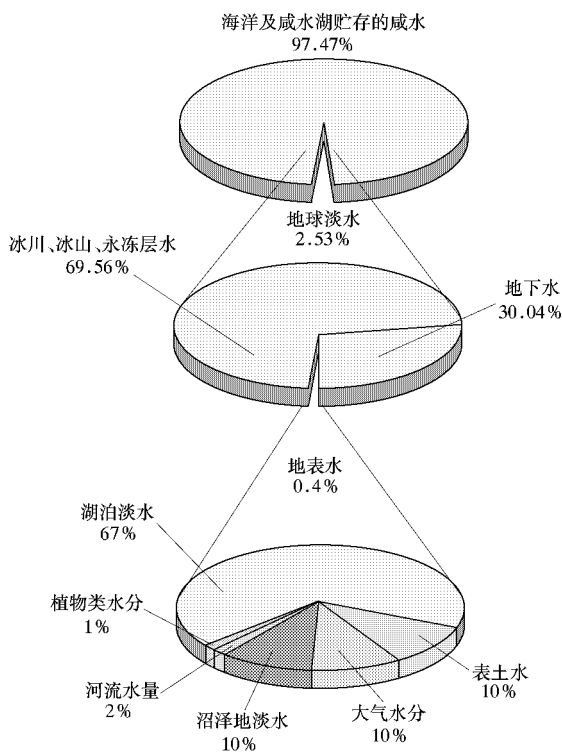


图 1-2 地球上水的组成  
(根据联合国环境规划署发布的数据)

表 1-1 世界各大洲年降水及年径流分布

| 大洲      | 面积<br>(万 $\text{km}^2$ ) | 年降水  |               | 年径流  |                   | 径流系数 |
|---------|--------------------------|------|---------------|------|-------------------|------|
|         |                          | mm   | $\text{km}^3$ | mm   | $10^3\text{km}^3$ |      |
| 亚洲      | 4347.5                   | 741  | 32.2          | 332  | 14.41             | 0.45 |
| 非洲      | 3012.0                   | 740  | 22.3          | 151  | 4.57              | 0.25 |
| 北美洲     | 2420.0                   | 756  | 18.3          | 339  | 8.20              | 0.45 |
| 南美洲     | 1780.0                   | 1596 | 28.4          | 661  | 11.76             | 0.41 |
| 南极洲     | 1398.0                   | 165  | 2.31          | 165  | 2.31              | 1.00 |
| 欧洲      | 1010.0                   | 790  | 8.29          | 306  | 3.21              | 0.39 |
| 澳洲      | 761.5                    | 456  | 3.47          | 39   | 0.30              | 0.09 |
| 大洋洲(诸岛) | 133.5                    | 2704 | 3.61          | 1566 | 2.09              | 0.58 |
| 全球陆地    | 14902.5                  | 798  | 118.88        | 314  | 46.85             | 0.39 |

世界淡水资源极其有限。我们休养生息的地球虽然有71%的面积为水所覆盖，但其

中 97.47% 的水是咸水，无法饮用。在余下的 2.5% 的淡水中，有 69.6% 是人类难以利用的两极冰盖、高山冰川和永冻地带的冰雪，地下水中埋藏较深的部分也不具有利用价值。人类真正能够利用的是江河湖泊以及地下水的一部分，约占地球总水量的 0.26%。有人比喻说，在地球这个大水缸里可以用的水只有一汤匙。

## 二、世界水资源问题及其发展趋势

水资源是基础性的自然资源，是生态系统的控制性因素之一；同时，又是战略性的经济资源，是一个国家综合国力的有机组成部分。水对人民的生命和健康以及生态系统是至关重要的，是国家发展的基本条件之一，但是全球人类缺乏安全的、足够的水资源以满足基本生活的需要。水资源以及提供和支持水资源的相关的生态系统面临着来自污染、非可持续性使用、土地使用变换、气候变化及其他诸多方面的威胁。展望未来，水资源将日益影响全球的环境与发展，甚至可能导致国家间的冲突。探讨 21 世纪水资源问题，是全球共同关注和各国政府的重点议题之一。人类拥有一个共同的目标：为 21 世纪提供用水安全。

世界水资源总量为 410220 亿  $\text{km}^3$ ，人均水资源拥有量为 7342  $\text{m}^3$ ，但由于世界水资源的分布在时间和空间上很不平衡，所以，很多国家和地区都缺水。世界上 65% 的水资源集中分布在 10 个国家里，而人口占世界人口 40% 的 80 个国家却严重缺水。据联合国统计，全球淡水消耗量自 20 世纪初以来增加了约 6~7 倍，比人口增长速度高 2 倍。目前世界上有 80 个国家约 15 亿人口面临淡水不足，其中 26 个国家的 3 亿多人口完全生活在缺水状态中，估计到 2010 年还将有 8 个国家加入缺水国行列。估计到 2025 年，全世界将有 30 亿人缺水，波及的国家和地区达 40 多个，主要为非洲和中东地区，印度、秘鲁、英国、波兰及中国部分地区亦会受到影响。

世界卫生组织指出，全球每年至少有 1500 万人死于水致性疾病，每天都有 5000 名儿童由于饮用不清洁的水而致病死亡。此外，世界一些主要河流的流量减少甚至断流，严重破坏了生态平衡，从三角洲的退化、物种濒临灭绝到内陆湖泊不断缩小和沼泽地的消失，把人类及其赖以生存的环境置于越来越大的危险之中。

1972 年，联合国第一次环境与发展大会指出：“石油危机之后，下一个危机便是水”。1977 年联合国大会进一步强调：“水，不久将成为一个深刻的社会危机”。1992 年，一些专家指出，到 21 世纪，水、粮食和能源这三种资源中，最重要的是水。1997 年联合国再次大声疾呼：“目前地区性的水危机可能预示着全球性危机的到来。”

在人类文明的早期，主要是干旱、洪水和河流改道等自然型的水安全问题。进入现代社会，人类大量干预水循环的自然过程，水安全问题就逐渐从自然型转为人为型。所以，水安全的内涵包括自然型水安全，如干旱、洪涝、河流改道等，以及人为型水安全，如水量短缺、水质污染、水环境破坏，其外延指的是由水安全引发的其他安全问题，如粮食安全、经济安全和国家安全等。

在过去四五十年里，几乎每一场中东战争中，双方都会将摧毁敌方的供水系统和水源作为首要的战略目标。非洲是目前世界上缺水最严重的地区，尼罗河流经 10 个国家，而从尼罗河取水的国家一直在忍受“干渴”的痛苦煎熬，卷入用水争执的首先是苏丹和埃

及。在亚洲，恒河对于印度近 10 亿人口来说是攸关生死的重要河流，而孟加拉国对恒河的依赖程度丝毫不亚于印度。多年来，两国为了恒河用水长期争执不休。世界水资源委员会主席伊斯梅尔·塞拉格尔丁直言不讳地预言：“21 世纪的战争将是为了水。”由此可见，水已经成为人类发展面临的最严重的问题。解决这个问题已经是摆在人类面前的一项刻不容缓的紧迫任务。

进入 21 世纪，我们已深深地感到水危机的存在。为实现用水安全，我们面临着如下的主要挑战。

(1) 满足基本需要。获得安全和充足的水以及卫生环境是人类的基本需要，对人类的健康和福祉关系重大，应使人类尤其是妇女，通过对水管理的参与而获得相应的权利。

(2) 保证食物供应。通过更加有效的开源和使用以及更平等的粮食生产，用水分配来确保食品供应，尤其是对贫穷和易受影响人群的供应。

(3) 保护生态系统。通过对水资源的可持续性管理，保证生态系统的完整性。

(4) 共享水资源。促进和平合作，发展各级不同的水用户之间的协调；对于同流域或跨流域的项目应通过可持续性流域管理或其他适当的方式开展国与国之间的合作。

(5) 控制灾害。提高抗洪、抗旱、治理污染和其他防治与水相关的灾害的安全性。

(6) 赋予水以价值。以能够反映其经济、社会、环境和文化价值的方法管理水资源，并转向为供水服务定价以反映这些服务的价值。这种方式应考虑到公平性，以及贫穷和易受影响人群的基本需要。

(7) 合理管理水资源。用良治保证水资源的管理有公众参与，并且投资者享有利益。

面对水危机，人类并非束手无策，我们可以采取如下措施，以达到目的。

1) 加强对水的立法和管理。为保证水资源的合理配置和有效利用，很多国家都十分重视水资源管理问题。许多国家制定了有关水资源管理的法律，成立了专门的水资源管理机构，对水资源的开发、利用、调配等进行全面的管理，以优化配置水资源，解决水资源的短缺问题。

2) 实施节约用水。节水是很多国家特别是水资源紧缺国家实现水资源平衡的一项战略性措施。农业、工业生产用水和城市生活用水、生态用水等各个领域，都推广了一大批先进、适用的节水技术，取得了显著成效。

近几十年来，一些国家节水农业和节水灌溉发展很快，在很大程度上得益于政府的一系列政策支持。这些政策包括：对节水农业提供财政支持，大力开发和采用节水灌溉技术与先进的灌溉设备，调整农业种植结构，提高农业生产的质量和效益。除了农业节水以外，工业生产和居民生活用水的节约也越来越受到各国的普遍重视。在美国，国民把节水当作一种有教养的表现融入整个社会文化中。在日本，人们节约并有效用水体现在各个方面，如普及节水器，兴建“节水型住宅”，以及工业用水的反复多次使用等。

3) 循环利用经处理的工业废水。由于采用这一措施，在过去的 20 年中尽管日本和德国的工业增加值不断提高，但工业用水并没有增加。美国钢铁业也采用循环水，在每吨钢所需的 280t 水中，只有 14t 是新注入的水，其余都是循环水。

4) 广开水源。海水淡化、储存雨水都是行之有效的方法。沙特阿拉伯把海水淡化作为保证饮用水源的战略工程，在上一个五年计划期间，沙特耗资 50 亿美元建设了 1280 个