

· 高等院校环境类系列教材

水资源利用 与水环境保护工程

· 刘满平 主编

SHUI ZI YUAN

LI YONG YU

SHUI HUAN JING

BAO HU

GONG CHENG

中国建材工业出版社

高等院校环境类系列教材

水资源利用与水环境保护工程

主 编 刘满平

副主编 武彦生 金文 任友昌

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

水资源利用与水环境保护工程/刘满平主编. —北京:
中国建材工业出版社, 2005.8
(高等院校环境类系列教材)
ISBN 7-80159-589-0

I. 水... II. 刘... III. ①水资源-资源利用-高等学校-教材②水环境-环境保护-高等学校-教材IV. TV213.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 077775 号

内 容 简 介

本书系统地介绍了水资源利用与水环境保护的基本理论和方法。主要包括: 水资源特征, 水循环, 可持续发展与水资源开发利用现状, 水资源开发利用与节约用水的基本理论与指标及措施, 水资源管理的基本理论与我国水资源管理现状, 水资源保护方面的水域功能区划分、水环境检测与评价、污染源的控制、污水处理的工程技术、水体生态修复、水资源保护的基本知识和水资源保护法规等。

本书可作为高等院校环境专业、给排水专业等教学用书, 也可作为相关工程技术人员的参考书。

水资源利用与水环境保护工程

主编 刘满平

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市西城区车公庄大街6号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 12.5

字 数: 304千字

版 次: 2005年8月第1版

印 次: 2005年8月第1次

定 价: 19.00元

网上书店: www.ecool100.com

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。联系电话: (010) 88386906

《高等院校环境类系列教材》 编 委 会

编委会主任：王立新

编委会副主任：高艳玲 张继有

委 员：万秋山 耿世刚 赵庆建 赫俊国

许春生 陆洪宇 马 达 刘满平

魏 群 金 文 王卫红

顾 问：吕炳南

序 言

随着人类对环境问题认识的加深，越来越多的企事业单位需要有懂得环境保护的专业人员参与管理。这些人才的培养责无旁贷地落在了高等教育上。高等院校环境专业领域的学生应该学到最新的环境专业概念；受到最新的环境技术研究、设计、运行管理等方面的教育，并树立正确的环境保护和可持续发展的观点。

环境教育课程一般具有综合学科的性质，并需要十分关注真正的实际环境问题。学生应是活跃的思考者和知识的产生者，而不应是消极的旁观者或仅仅是他人知识和思想的接受者，学生的知识和技能应集中于对环境保护的决策和解决环境问题的实践上。环境问题的解决应采用多学科的综合方法，因此，要求学生具有综合分析问题和解决实际问题的能力。

编辑出版《高等院校环境类系列教材》的目的，就是要把现有的理论与实践经验汇集起来，传扬开去，交流出来，让更多的人看到这些成果，并通过这些成果增强学生解决相关实际环境问题的能力，为环境保护工作培养基础扎实、技术过硬的合格人才。

《高等院校环境类系列教材》的编者们，有的是环境领域的专家、学者，有的是在高等院校从事环境教育的教授，有的是科研院所和企业单位的科技骨干，他们既有扎实的理论基础，又有丰富的实践经验。从而保证了本系列教材的系统性、实用性、前沿性和权威性，是一套值得推广的教材，同时对于从事相关领域教学和科学研究的人员也具有较高的参考价值和实用价值。

中国工程院院士
哈尔滨工业大学博士生导师
北京工业大学博士生导师

張傑

2005年6月

前 言

水是人类赖以生存和发展的基础，是一种动态的可更新的资源。20 世纪，由于科学技术的进步和社会生产力的飞速发展，人类社会物质文明提高到前所未有的水平，与此同时，水资源、水环境也受到了较大的污染。全球水资源和水环境问题日趋严重。我国大部分地表水源水质呈恶化趋势，局部地区已经相当严重，许多城市所在地区的地下水都遭受到了不同程度的污染。由此导致本来就不足的水资源更加短缺，在许多地区和城市，水资源已成为制约人类生存和发展的重要因素，严重影响着社会经济可持续发展的进程。因此水资源的合理开发利用与水资源保护问题至关重要。

本书系统地介绍了水资源利用与保护的基本理论和方法。全书共分为八章，主要内容包括：水资源特征；水循环；可持续发展与水资源开发利用现状；水资源水质、水量评价的分类、评价指标体系及评价方法；水资源供需平衡分析的原则和方法；水资源开发利用与节约用水的基本理论与指标及措施；水资源管理的基本理论与我国水资源管理现状；水资源保护方面的水域功能区划分、水环境检测与评价、污染源的控制、污水处理的工程技术、水体生态修复、水资源保护的基本知识和水资源保护法规体系等。

本书由刘满平（第一章、第八章）、金文（第二章）、武彦生（第三章）、任友昌（第四章）、李冬（第五章）、任平（第六章）、王小庆（第七章）等同志编写。刘满平担任主编，武彦生、金文、任友昌担任副主编。

本书既可作为高等院校给排水专业、环境等专业的教学用书，又可作为从事给排水、环境等方面工作的管理干部、工程技术人员的自学参考用书。

在本书的编写过程中，尽管我们已经做了很大努力，但由于水平有限，不妥之处在所难免，恳请各界读者批评指正。

编者
2005 年 4 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 自然界的水	1
一 水的分布	1
二 水的组成及性质	2
三 水量平衡	3
第二节 水资源	4
一 水资源的含义	4
二 水资源的特征	4
三 我国水资源的特征	5
第二章 水循环与水资源水环境	8
第一节 水循环	8
一 水的自然循环	8
二 水的社会循环	9
三 水循环与地球环境的相互影响	9
第二节 水中污染物质	9
一 有机污染物	9
二 重金属污染	13
三 病原微生物	14
第三节 我国水环境现状	14
一 江河水环境现状	15
二 湖泊水环境现状	15
三 水库水环境现状	16
第三章 可持续发展与水资源开发利用现状	17
第一节 可持续发展与水资源的关系	17
一 可持续发展	17
二 水资源与人口的关系	18
三 水资源与生态环境的关系	19
四 水资源与社会、经济发展的关系	21
第二节 城市化对水资源的影响	22
一 城市发展对气候的影响	22

二	城市化对水资源的影响	24
三	城市化对水环境的影响	27
第三节	我国水资源开发利用现状	29
一	人口增长、经济增长, 水的供需矛盾突出	29
二	水环境污染严重, 水资源有效利用量减少	30
三	水资源浪费巨大, 加重供水紧缺	31
四	洪涝灾害影响可持续发展	31
第四章	水资源评价	33
第一节	水资源数量评价	33
一	水文测验	33
二	水文要素的监测	36
三	地表水资源估算	50
四	地下水资源估算	57
五	水资源总量的计算	60
第二节	水资源水质指标	63
一	化学指标	63
二	物理指标	66
三	生物学指标	66
第三节	水资源水质标准	67
一	用水水质标准	67
二	废水排放标准	68
第四节	水资源水质评价	69
一	水质评价概述	69
二	水质预测与水质模型	70
三	水质评价的方法	71
第五节	水资源综合评价	75
第五章	水资源供需平衡分析	77
第一节	可供水量的预测与分析	77
一	可供水量的含义	77
二	可供水量的预测	78
三	单项工程可供水量计算	79
四	地区或城市可供水量的计算	83
第二节	地区或城市需水量预测与分析	83
一	生活需水量分析与预测	83
二	工业需水量分析与预测	89
三	生态环境需水量分析与预测	92
第三节	水资源承载力	94

一	水资源承载力概述	94
二	水资源承载力的综合评价	97
第六章	水资源开发利用与节约用水	105
第一节	水资源开发利用	105
一	地表水资源开发利用	105
二	地下水资源开发利用	107
三	水资源综合开发	111
第二节	水资源开发	113
一	跨流域调水	113
二	海水利用	118
三	污水资源化	124
第三节	节约用水	128
一	节约用水理论	128
二	节约用水的必要性和必然性	129
三	节约用水的途径	130
第七章	水资源管理	133
第一节	水资源管理的含义	133
一	水资源管理概述	133
二	水资源管理的原则	134
三	水资源管理的目标	136
四	水资源管理的方法	136
第二节	水资源管理的基本内容	139
一	水资源水权管理	139
二	水资源合理配置管理	140
三	水资源政策管理	140
四	水资源水质控制与保护管理	141
第三节	我国水资源管理现状与水资源管理体制	142
一	水资源管理现状	142
二	水资源管理体制	144
第四节	未来水资源管理的重点	145
第八章	水资源保护	148
第一节	水域功能区划分	149
一	水域功能区划分的目的	149
二	水域功能区划分的基本原则	149
三	水域功能区划分的方法	151
四	水域功能区划分的要求	151

第二节 我国的水资源法规和环境保护法规	151
一 水资源法规	152
二 环境保护法规	153
第三节 水环境现状调查与评价	157
一 调查范围和时间	157
二 调查内容	158
三 水质调查与监测	159
四 地表水环境现状评价	163
第四节 水资源保护规划	164
一 水资源保护的目标和措施	164
二 保护水生生态系统中的生物多样性	164
三 水资源保护规划	165
四 地表水资源保护对策	165
五 地下水资源保护对策	166
第五节 水污染防治与控制	169
一 水污染综合防治方案制定的原则	169
二 污染源控制	169
三 水污染控制的工程措施	172
第六节 水体生态修复	175
一 水体自净作用	175
二 水体生态修复工程	177
三 滨岸带生态系统恢复	178
四 水源涵养林恢复技术	180
第七节 地表水源保护区	182
一 地表水源保护区的划分	182
二 地表水源保护区的防护	184
参考文献	186

第一章 绪 论

水是人类赖以生存和社会发展的宝贵自然资源。没有水，就没有生命，也就没有我们生活的世界。然而，当历史的进程发展到高度城市化的今天，水资源却面临着这样一种严峻的形势。江河污染，淡水紧缺，生态环境恶化，水土流失严重，全球 50% 的水资源遭到不同程度的污染。世界上有 80 个国家，占全世界总人口 40% 的人面临着用水短缺问题；有 10 亿人喝不到清洁的水；每年有 1000 万人死于因饮用不洁的水而引发的疾病。全球水资源已出现空前的危机。

水是生命的摇篮，地球的生命在水中诞生，生物的进化也是从水生向陆生发展。人类的发展无处不遗留着水的痕迹。埃及的尼罗河，中国的黄河，印度的恒河以及巴比伦河流域都是人类最早的文明发源地。古代文明发源地选择了河谷地带，在人类历史上，从依山傍水而建的古代城市，到蓬勃发展的现代化大都市，水都发挥了重大作用。

水是一种动态资源，是可以通过自身转换和不断循环实现更新的资源。水的用途很广，而且可以重复使用。在同一个流域，上游的水到达中游、下游或河口都可以使用。在一个工厂或地区，如果广泛采用工艺处理，厂内或区内的水可以重复循环利用。如果合理利用并在其正常范围内更新，则能保持其动态稳定，并可维持其生态平衡，使水资源成为可供人类永续利用的资源。但如果开发利用不当，破坏了水资源的生态平衡，不仅会产生水资源危机，还会产生一系列生态环境问题，以致影响人类的生存。

20 世纪以来，人口迅速增长，工业化和城市化正以前所未有的速度发展，对水资源无限制的开发利用，把江河湖泊当成天然的排水沟，水资源枯竭，水污染加剧已是世界性问题。由于城市化的发展，愈来愈多的工业废水排入江河，不仅数量大、成分复杂、种类繁多，而且含有剧毒以及大量难降解的物质，使水遭受到严重的污染。水体污染不仅影响水资源的合理利用，更加剧了水资源的供需矛盾，同时形成了水资源短缺的恶性循环。而这些主要是人类无序活动加剧的结果，其中城市化和工业化发展是一个重要因素。21 世纪，水将是最有争议的社会问题，全世界将有 10 亿人得不到清洁的饮用水，17 亿人缺乏起码的公共用水卫生设施，水资源问题将严重影响社会发展。探讨水资源和水环境对社会发展的制约影响，分析地区水资源和水环境变化规律，对我国社会经济的发展，水资源持续利用以及生态环境保护都具有重要意义。

第一节 自然界的水

一、水的分布

地球表面 70% 覆盖着水。水的总体面积为 $1.36 \times 10^9 \text{ km}^2$ ，其中海水占 97.3%，淡水（包括冰川、地下水、湖泊、河流等）占 2.7%，水的具体分布列于表 1-1。

表 1-1 自然界水分布

水 源	水量/ $\times 10^6\text{m}^3$	水 源	水量/ $\times 10^6\text{m}^3$
海 洋	1.3×10^{12}	浅层地下水	7.6×10^7
冰川与高山积雪	2.9×10^{10}	大 气	1.3×10^7
深层地下水	8.4×10^9	河 流	1.3×10^6
淡水湖泊	1.3×10^8	生 物 体	1.3×10^5
咸水湖与内海	1.0×10^8		

我国水资源并不丰富，平均每人 2700m^3 ，仅占世界人均的 $1/4$ ，且时空分布不均匀。

二、水的组成及性质

(一) 天然水的组成

在自然界中，完全纯净的水是不存在的。天然水在循环过程中不断地与环境中的各种物质相接触，并且或多或少地溶解它们，所以天然水实际上是一种溶液，而且是成分极其复杂的溶液。通过分析，发现天然水中含有的物质几乎包括元素周期表中所有的化学元素。现仅将天然水中的溶质成分概略地分成以下几类。

1. 主要离子组成

K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 HCO_3^- 、 NO_3^- 、 Cl^- 和 SO_4^{2-} 为天然水中常见的八大离子，占天然水中离子总量的 $95\% \sim 99\%$ 。水中这些主要离子的分类，常用来作为表征水体主要化学特征性指标，如表 1-2 所示。

表 1-2 天然水中的主要离子组成

项 目	代表离子	项 目	代表离子
硬 度	Ca^{2+} 、 Mg^{2+}	碱 度	HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 OH^-
酸	H^+	酸 根	NO_3^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-}
碱 金 属	K^+ 、 Na^+		

2. 溶解性气体

水中溶解的主要气体有 N_2 、 O_2 、 CO_2 、 H_2S 。微量气体有 CH_4 、 H_2 、 He 等。

3. 微量元素

I、Br、Fe、Cu、Ni、Ti、Pb、Zn、Mn 等。

4. 生物营养物质

NH_4^+ 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、 HPO_4^{2-} 、 PO_4^{3-} 。

5. 胶体

$\text{SO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Fe}(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 以及腐殖质。

6. 悬浮物质

铝硅酸盐颗粒、砂砾、黏土、细菌、藻类及原生动物等。

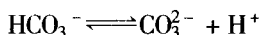
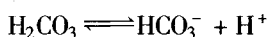
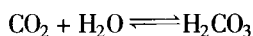
受到人类活动影响的水体，其水中所含的物质种类、数量、结构均与天然水有所不同。以天然水中所含的物质作为背景值，可以判断人类活动对水体的影响程度，以便及时采取措施，提高水体水质，使之朝着有益于人类的方向发展。

(二) 天然水的性质

1. 酸度平衡

CO₂ 在水中形成酸，可与岩石中的碱性物质发生反应，并可通过沉淀反应变为沉淀物而从水中除去。在水和生物体之间的生物化学交换中，CO₂ 占有独特的地位，溶解的碳酸盐化合态与岩石圈、大气圈进行均相、多相的酸碱反应和交换反应，对于调节天然水的 pH 和组成起着重要的作用。

在水体中存在着 CO₂、H₂CO₃、HCO₃⁻ 和 CO₃²⁻ 等四种化合态，常把 CO₂ 和 H₂CO₃ 合并为 H₂CO₃^{*}。因此，水中 H₂CO₃^{*} - HCO₃⁻ - CO₃²⁻ 体系可以用下面的反应表示：



2. 天然水的碱度和酸度

碱度是指水中能与强酸发生中和作用的全部物质，亦即能接受质子 H⁺ 的物质总量。组成水中碱度的物质可以归纳为三类：①强碱，如 NaOH、Ca(OH)₂ 等，在溶液中全部电离成 OH⁻；②弱碱，如 NH₃、C₆H₅NH₂ 等，在水中部分地发生反应生成 OH⁻；③强碱弱酸盐，如各类碳酸盐、重碳酸盐、硅酸盐、磷酸盐、硫化物和腐殖酸盐等，它们水解时生产 OH⁻ 或者直接接受质子 H⁺。弱碱及强碱弱酸盐在水的中和过程中继续不断生产 OH⁻，直到全部中和完毕。

酸度是指水中能与强碱发生中和作用的全部物质，亦即放出 H⁺ 或经过水解能产生 H⁺ 的物质的总量。组成水中酸度的物质也可以归纳为三类：①强酸，如 HCl、H₂SO₄、HNO₃ 等；②弱酸，如 CO₂、H₂CO₃、H₂S、蛋白质以及各种有机酸类；③强酸弱碱盐，如 FeCl₃、Al₂(SO₄)₃ 等。

3. 天然水体的缓冲能力

天然水的 pH 值一般在 6~9 之间，而且对某一水体，其 pH 值几乎不变，这表明天然水体具有一定的缓冲能力，是一个缓冲体系。一般认为，各种碳酸化合物是控制水体 pH 值的主要因素，并使水体具有缓冲作用。但是最近研究表明，水体与周围环境之间发生的多种物理、化学和生物化学反应，对水体的 pH 值也有着重要的作用。但无论如何，碳酸化合物仍是水体缓冲作用的重要因素。因而，人们时常根据它的存在情况来估算水体的缓冲能力。

三、水量平衡

(一) 水文系统中的水量平衡原理

一个水文系统是地表上具有稳定组合和互相联系的地理综合体中的一部分，它能够反映水的性状。地理综合体是指地球表面自然地理环境和生态环境。水文系统是由水的输入、循环和输出三部分构成，其输出方式取决于输入方式和系统特性。

根据物质不灭定律，遵循质量守恒，在水文系统中，从多年和长期的观点来看，区域的来水量和出水量相等。水量平衡可以认为是，任何一个区域在任何时段内来水量等于出水量与该区域内蓄水变量之和。也就是说，所谓的水量平衡是作为水文系统输入和输出平均状况时的动态平衡，人们把水循环的数量关系称为水量平衡。

水量平衡是一切水资源研究、水资源规划和景观生态学研究的核心环节。因为水循环是一个庞大的天然水资源系统，循环过程在自然界具有一定的时间和空间分布，所以资源规划人员常常利用工程措施来改变和控制水的分布，使它在时间和空间上能满足人类的需要。

(二) 全球水平衡

在研究全球水量平衡时，人们最关心的是全球总水量是否发生变化。近期研究成果表

明,自20世纪初以来,全球海平面发生了变化,其原因是多方面的,尤以气候的变迁影响最大,自1900年以来全球平均气温上升 1.2°C 。气候转暖,造成冰川后退,冰雪融解。据计算,全球冰川体积每年减少 250km^2 ,这部分冰雪融水汇入海洋,使海平面上升 0.7mm 。

由于气候的变暖使陆地蒸发加强,造成部分地区干旱加剧,内陆湖泊水位下降,据推算,湖泊水位下降造成陆地储水量减少约 80km^3 ,这些水若汇入海洋,将会使海平面上升 0.2mm 。

一些人类活动也可以改变海平面高度。人类修筑山塘水库使入海径流每年减少 50km^3 ,造成海平面下降 0.1mm 以上。

由此可以看出,气温升高使地下水位降低。据推算,地下水储量每年减少 300km^3 ,这部分水若汇入海洋可使海平面上升约 0.8mm 。

根据上述粗略推算,气候转暖造成陆地储水量减少 581km^3 ,而海洋每年却增加 581km^3 的水量,海平面每年上升约 1.6mm 。因此,在全球水循环过程中,水量收入与支出相等,全球水量处于平衡状态。然而,各水体的水量却处于动态变化状态。

第二节 水资源

一、水资源的含义

水资源一词很久以前已经出现,随着时代的进步,其内涵也在不断地丰富和发展。《大不列颠大百科全书》将水资源解释为“全部自然界任何形态的水,包括气态水、液态水和固态水的总量”,赋予“水资源”十分广泛的含义。实际上,资源的本质特性就是体现在“可利用性”上。毫无疑问,不能被人类所利用的不能称为资源。因此英国的《水资源法》把水资源定义为“(地球上)具有足够数量的可用水”。在水环境污染并不突出的特定条件下,这一概念赋予水资源更为明确的含义,强调了其在量上的可利用性。

联合国科教文组织和世界气象组织共同制定的《水资源评价活动—国家评价手册》中,定义水资源为:“可以利用或有可能被利用的水源,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。”这一定义的核心主要包括两个方面,其一应有足够的数量,其二是强调了水资源的质量。有“量”无“质”,或有“质”无“量”均不能称之为水资源。这一定义比英国《水资源法》中水资源的定义具有更为明确的含义,不仅考虑水的数量,同时其必须具备质量的可利用性。

因此,水资源可以理解为人类长期生存、生活和生产中所需要的各种水,既包括数量和质量含义,又包括其使用价值和经济价值。一般认为,水资源概念具有广义和狭义之分。

狭义上的水资源是指人类在一定的经济技术条件下能够直接使用的淡水。

广义的水资源是指能够直接或间接使用的各种水和水中物质,在社会生活中具有使用价值和经济价值的水都可称为水资源。

本书论述的水资源仅限于狭义的范围,即与人类生活、生产活动和社会进步息息相关的淡水资源。

二、水资源的特征

水是自然界的重要组成物质,是环境中最活跃的要素。它不停地运动着,积极参与自然

环境中一系列物理的、化学的和生物的过程。水作为一种资源被我们利用，具有如下的特征。

(一) 资源的循环性

水资源与其他固体资源的本质区别在于其所具有的流动性，它是在循环中形成的一种动态资源，具有循环性。水循环系统是一个庞大的天然水资源系统，水资源在开采利用后，能够得到大气降水的补给，处在不断的开采、补给和消耗、恢复的循环之中，可以不断地供给人类利用和满足生态平衡的需要。

(二) 储量的有限性

水资源处在不断的消耗和补给过程中，在某种意义上水资源具有“取之不尽”的特点，恢复性强。但实际上全球淡水资源的大部分资源储量是十分有限的。全球的淡水资源仅占全球总水量的 2.5%，且淡水资源的大部分储存在极地冰帽和冰川中，其真正能够被人类利用的淡水资源仅占全球水量的 0.796% 左右。从水量动态平衡的观点来看，某一期间的水量消耗量应接近该期间的水量补给量，否则将会破坏水平衡，造成一系列不良的环境问题。可见，水循环过程是无限的，水资源的储存是有限的，并非取之不尽，用之不竭。

(三) 分布的不均匀性

水资源在自然界具有一定的时间和空间分布。时空分布的不均匀性是水资源的又一特性。全球水资源的分布表现为大洋洲的径流模数为 $51.0\text{L}/(\text{s}\cdot\text{km}^2)$ ，澳大利亚仅为 $1.3\text{L}/(\text{s}\cdot\text{km}^2)$ 。最低的和最高的相差数倍或数十倍。

(四) 利用的多样性

水资源是被人类在生产和生活活动中广泛利用的资源，不仅广泛应用于农业、工业，还用于发电、水运、水产、旅游和环境改造等。在各种不同的用途中，有的是消耗性用水，有的则是非消耗性用水或者是消耗很小的用水，而且对水质的要求各不相同。这就是使水资源一水多用、充分发挥其综合效应的有利条件。

(五) 利害的两重性

水资源与其他固体矿产资源相比，另一个最大区别是：水资源具有既可以造福于人类、又可以危害人类生存的两重性。

水资源质量适宜，且时空分布均匀，将为区域经济发展、自然环境的良性循环和人类社会进步作出巨大贡献。水资源开发利用不当，又可制约国民经济发展，破坏人类的生存环境。如水利工程设计不当、管理不善，可造成垮坝事故，引起土壤次生盐碱化。水量过多或过少的季节和地区，往往又产生各种各样的自然灾害。水量过多容易造成洪水泛滥；水量过少容易形成干旱、盐渍化等自然灾害。适量开采地下水，可为国民经济各部门和居民生活提供水源，满足生产、生活的需要。无节制、不合理地抽取地下水，往往引起水位持续下降、水质恶化、水量减少、地面沉降，不仅影响生产发展，而且严重威胁人类生存。正是由于水资源的两重性，在水资源的开发利用过程中尤其强调合理利用、有序开发，以达到兴利除害的目的。

三、我国水资源的特征

我国江河众多，流域面积在 100km^2 以上的河流有 5 万多条， 1000km^2 以上的有 1500 多条。但受到气候和地形的影响，河流分布不均匀，绝大部分分布在我国东部湿润、多雨的季

风区，西北内陆气候干燥、少雨，河流很少。

我国有水面面积 1km^2 以上的湖泊 2300 多个，总面积 1787km^2 ，约占国土面积的 0.8%；湖水总储量约 $7.09 \times 10^{11}\text{m}^3$ ，其中淡水量占 32%。

我国还有丰富的冰川资源，共有冰川 43000 余条，集中分布在西部地区，总面积为 $5.87 \times 10^4\text{km}^2$ ，占亚洲冰川总量一半以上，总储量约 $5.2 \times 10^{12}\text{m}^3$ 。

我国平均年降水量为 $6.19 \times 10^{12}\text{m}^3$ ，平均降水 648.4mm，年均河川径流 $2.71 \times 10^{12}\text{m}^3$ ，合径流深 284.1mm，河川径流主要靠降水补给，由冰川补给的只有 $5.00 \times 10^{10}\text{m}^3$ 左右。我国年平均地下水资源为 $8.29 \times 10^{11}\text{m}^3$ 。

根据分析计算，我国地表水和地下水的量分别是 $2.71 \times 10^{12}\text{m}^3$ 和 $8.29 \times 10^{11}\text{m}^3$ ，扣除二者间的重复量 $7.28 \times 10^{11}\text{m}^3$ 后，则我国多年平均水资源量为 $2.81 \times 10^{12}\text{m}^3$ 。这些水资源在区域上分布不均匀。总的说来，东南多，西北少；沿海多，内陆少；山区多，平原少。在同一地区中，不同时间分布差异性很大，一般夏多冬少。其特征主要表现为以下几个方面。

(一) 空间分布不均

我国水资源空间分布的特征主要表现为：降水和河川径流的地区分布不均，水土资源组合很不合理。一个地区水资源的丰富程度主要取决于降水量的多寡。根据降水量空间的丰度和径流深度将全国地域分为五个不同水量级的径流地带，如表 1-3 所示。径流地带的分布受降水、地形、植被、土壤和地质等多种因素的影响，其中降水影响是主要的。由此可见，我国东南部属丰水带和多水带，西北部属少水带和缺水带，中间部分及东北地区则属过渡带。

我国又是多河流分布的国家，在数万条河流中，年径流量大于 7.0km^3 的大河流有 26 条。我国河流的主要径流量分布在东南和中南地区，与降水量的分布具有高度一致性。河流径流量与降水量之间的关系密切。

(二) 时间分布不均匀

我国的水资源不仅在地域上分布很不均匀，而且在时间分配上也很不均匀，无论年际或年内分配都是如此。造成时间分布不均匀的主要原因是受我国区域气候的影响。

表 1-3 我国径流带、径流深区域分布

径流带	年降雨量/mm	径流深度/mm	地 区
丰水带	1600	> 900	福建省和广东省的大部分地区、台湾省的大部分地区、江苏和湖南省山区、广西壮族自治区南部、云南西南部、西藏自治区的东南部
多水带	800 ~ 1600	200 ~ 900	广西壮族自治区、四川省、贵州省、云南省、秦岭—淮河以南的长江中下游地区
过渡带	400 ~ 800	50 ~ 200	黄淮平原、山西省和陕西省的大部分、四川省西北部和西藏自治区东部
少水带	200 ~ 400	10 ~ 50	东北西部、内蒙古自治区、宁夏回族自治区、甘肃省、新疆维吾尔自治区西部和北部、西藏自治区西部
缺水带	< 200	< 10	内蒙古自治区西部和准噶尔、塔里木、柴达木三大盆地以及甘肃省北部的沙漠区

我国大部分地区受季风影响明显，降水年内分配不均匀，年际变化大，枯水年和丰水年连续发生。许多河流发生过 3~5 年的连丰、连枯期，如黄河在 1922~1932 年连续 11 年枯水，1943~1951 年连续 9 年丰水。

我国最大年降水量与最小年降水量之间相差悬殊。我国南部地区最大年降水量一般是最

小年降水量的2~4倍，北部地区则达3~6倍。如北京的降水量1959年为1405mm，而1921年仅为256mm，1891年为168mm，1959年是1891年8.4倍，为1921年的5.5倍。

降水量的年内分配也很不均匀，由于季风气候，我国长江以南地区由南往北雨季为3~6月或4~7月，降水量占全年的50%~60%，长江以北地区雨季为6~9月，降水量占全年的70%~80%。

正是由于水资源在地域上和时间上的分配不均匀，造成有些地方某一时间内水资源富余，而另一些地方或时间内水资源贫乏。因此，在水资源开发利用、管理规划中，水资源的时空再分配将成为克服我国水资源分布不均匀、灾害频繁、实现水资源最大限度有效利用的关键内容之一。

(三) 河流天然水质差异明显

由于地质条件不同，河流的水化学性质差异明显。我国河川径流矿化程度分布与降水分布相反，由东南向西北递增。西北大部分河流矿化度在300mg/L左右，东南湿润带最小，在50mg/L以下。我国水流的总硬度分布与矿化度分布相同，淮河、秦岭以南硬度普遍小于3，以北大部分地区总硬度为3~6，高原、盆地硬度超过9。我国河流年总离子径流量为 4.19×10^8 t，相当于每平方千米的面积上流失盐类43.6t。

(四) 河流含沙量大

河流泥沙是反映一个流域或地区的植被和水土状况的重要环境指标。我国每年被河流输送的泥沙约34亿t，其中外流直接入海的泥沙约18.3亿t，外流出境泥沙约2.5亿t，内陆诸河输沙量为1.8亿t。全国外流区平均每年有1/3左右的泥沙淤积在下游河道、湖泊、水库、灌区和分洪区。黄河（陕县）平均每年输沙量为16.0亿t，年平均含沙量为 $36.9\text{kg}/\text{m}^3$ 。海河、淮河、珠江多年平均输沙量分别是1.7亿t、0.27亿t、0.86亿t。总的来说，我国诸河含沙量大，尤其以北方河流最为突出。水中含沙量大，淤积量大，且泥沙易吸收其他污染物，加重水的污染，增大了水资源开发利用和水环境防治的难度。