

ZHONG GUO SHUI ZI YUAN
DE WEI JI YU DUI CE

中国

水资源的
危机与对策

翁文斌 赵建世

河北人民出版社

TV213.4

8

中国水资源的危机与对策

翁文斌 赵建世

河北人民出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国水资源的危机与对策/翁文斌, 赵建世著. —石家庄: 河北人民出版社, 2002.6

ISBN 7-202-03004-7

I. 中… II. ①翁…②赵… III. 水资源-可持续发展-研究-中国 IV. TV213.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第037077号

书 名 中国水资源的危机与对策

作 者 翁文斌 赵建世

责任编辑 王云弟

美术编辑 吴书平

责任校对 丁 青

出版发行 河北人民出版社

(石家庄市友谊北大街 330 号)

印 刷 河北新华印刷一厂

开 本 850×1168 1/32

印 张 14.125

字 数 332 000

版 次 2002 年 6 月第 1 版

2002 年 6 月第 1 次印刷

印 数 1—2000

书 号 ISBN 7-202-03004-7/T·10

定 价 23.00 元

版权所有 翻印必究

前 言

水是人类生活和生产活动不可缺少、不可替代的重要资源。由于我国地理位置和气候条件的特殊性，几千年来水多、水少问题一直困扰着中国人，我们的祖先为了自身和子孙后代的生存和发展，不屈不挠地为此奋斗了数千年。近代以来，人口增长过快、经济规模突飞猛进、人类物质文化水平不断提高，加剧了我国水资源在数量和质量上存在的各种矛盾关系，使一直困扰我国的水多、水少问题中，又增加了水脏的问题，真是雪上加霜。按目前的发展趋势，这三方面的问题在 21 世纪还会延续下去，将会加剧中国的水资源危机，约束我国未来国民经济的可持续发展和生态环境的改善。因此，研究对策，采取强有力的措施，克服我国水资源危机，摆脱困境，确保我国 21 世纪的可持续发展顺利实现，已是刻不容缓的重要任务。

为了普及水资源知识，提高我国公民对水资源危机的认识，从而能够为推动在全社会范围内建立水资源节约和保护的意识贡献微薄之力，应河北人民出版社的盛情邀请，我们编写了这本以宣传和科学普及为主要目的的书籍。由于本书涉及到社会生产、人民生活、环境保护、管理制度以及历史变迁等多个领域的内容，并且和整个国家的可持续发展战略密切相关，因此我们在书中的部分章节引用了相关领域内一些专家学者的观点与资料，特别是刘昌明院士、陈志恺院士、牛文元教授、张丘岳教授、刘国纬教授等人的资料，在此深表谢意。

本书针对我国水资源危机及解决途径方面的主要问题,深入解剖了我国水资源危机的发生与发展,探讨了解决我国水资源危机的途径与方略。本书共分 11 章:第一章简述了我国水资源基本特点和水资源开发利用取得的成绩与存在的主要问题;第二章讨论了我国水资源危机的形成与发展,以及 21 世纪我国水资源危机的主要矛盾;第三章从历史进程角度分析了我国人、地、水关系的历史发展与现状;第四章从可持续发展观点论述了水资源可持续利用与保护问题,并且介绍了我国制订的水资源可持续发展总战略;第五章对 21 世纪我国水资源的供求关系及趋势进行了分析和展望;第六章从人、地、水关系调整的角度对我国 21 世纪的水资源优化配置进行了讨论;第七章论述了关于 21 世纪我国水资源与生态环境保护以及水环境治理等方面的对策;第八章探讨了我国洪水资源利用与水旱灾害防治问题;第九章探讨我国水资源宏观调控与管理以及水市场机制的引入;第十章介绍了现代水资源战略规划的新思路、新理论、新方法;第十一章讨论了实现我国节水型社会奋斗目标的途径和对策。

本书的主要特点:①从宏观历史尺度系统地探讨了我国水资源危机的产生与发展,以及我国水资源现状中存在的主要问题;②从可持续发展观点出发,对我国的人、地、水关系的调整与平衡进行了系统分析与讨论;③从现代观点和技术发展角度探讨了我国水资源宏观战略规划的新思路、新理论、新方法;④本书最后还对水资源管理方法、节水型社会的实现、需水量的零增长等有关方面的问题进行了分析、讨论,力图从现代的观点和全新的思路来探讨解决我国水资源危机的途径。

本书系统性、综合性强,可供我国计划、管理决策部门和科研、教学单位有关人员参考。

目 录

〔 1 〕	第一章 中国水资源问题
〔 1 〕	第一节 概述
〔 1 〕	一、水资源定义
〔 3 〕	二、世界水资源概况
〔 8 〕	三、中国水资源概况
〔 14 〕	四、影响气候的主要因素
〔 18 〕	五、我国的气候特征
〔 25 〕	六、气候对我国降水分布的影响
〔 30 〕	七、我国自然条件与水资源特点
〔 33 〕	第二节 中国水资源开发利用现状与问题
〔 33 〕	一、建国以来水利工作取得的成就
〔 41 〕	二、水资源开发中存在的问题
〔 45 〕	第二章 水资源特性与水资源危机
〔 45 〕	第一节 水资源的特性与功能
〔 45 〕	一、水资源的自然属性
〔 46 〕	二、水资源的经济属性
〔 49 〕	三、水资源的社会属性

- [52] 四、水的功能
- [54] 第二节 中国水资源危机的形成
 - [54] 一、水危机
 - [56] 二、人口增长与水危机的关系
 - [58] 三、经济增长与水危机的关系
 - [61] 四、气候变化与水危机
- [62] 第三节 21 世纪我国面临的水问题
 - [62] 一、人口增长带来的压力
 - [63] 二、经济增长与产业结构调整带来的压力
 - [64] 三、城市化进程加快带来的压力
 - [64] 四、水资源开发利用难度增大带来的压力
 - [65] 五、水土流失和荒漠化带来的压力
 - [66] 六、管理体制改革带来的压力
 - [68] 七、水利现代化带来的压力
 - [69] 八、全球气候变化带来的压力
 - [70] 九、粮食需求压力与水土资源不匹配的矛盾
 - [70] 十、西部大开发与区域经济协调发展的矛盾
- [72] 第三章 中国人地水关系的历史与现状
 - [72] 第一节 中国人地水关系的历史发展
 - [72] 一、中国人口发展与变迁
 - [74] 二、中国人地水关系的历史演变
 - [93] 三、中国人地水关系历史演变的影响因素
 - [96] 第二节 中国人地水关系的现状与问题
 - [96] 一、人口与土地资源现状

[98]	二、发展问题
[102]	三、由工程水利到资源水利的转变
[104]	第三节 石羊河流域历史环境演变对人地水关系的启示
[104]	一、石羊河流域的历史演变过程
[114]	二、流域历史环境演变分析
[119]	三、石羊河的变迁与“三河调水”的启示
[124]	第四章 可持续发展与水资源可持续利用
[124]	第一节 可持续发展概论
[125]	一、可持续发展的基本概念
[128]	二、可持续发展战略的目标与结构
[131]	三、可持续发展能力评价
[139]	四、可持续发展分析理论研究现状与趋势
[143]	第二节 21 世纪的中国可持续发展
[143]	一、中国可持续发展的背景
[148]	二、中国可持续发展的总体目标与战略任务
[150]	第三节 水资源可持续利用的主要内容
[151]	一、水资源综合开发利用与管理
[151]	二、水资源评价与规划
[152]	三、水资源的监测与保护
[153]	四、城市供水与管理
[153]	五、粮食生产与农业供水
[154]	六、水资源利用保护的科学研究
[155]	七、国际与区域合作行动
[156]	第四节 水资源可持续利用总战略

- [156] 一、水资源合理配置战略
- [171] 二、水环境保护战略
- [173] 三、防洪减灾战略
- [177] 四、水资源管理战略
- [180] **第五章 21 世纪水资源供求分析**
- [180] 第一节 城市用水的供求分析
- [180] 一、水资源与城市发展
- [181] 二、城市用水现状与问题
- [186] 三、我国 21 世纪城市供水对策与措施
- [192] 四、我国城市供水企业的发展趋势
- [196] 第二节 农业用水的供求分析
- [196] 一、水资源与农业发展
- [198] 二、农业用水历史与现状
- [199] 三、农业用水存在的问题
- [202] 四、未来农业发展的宏观战略
- [204] 第三节 全国水资源远景供求分析
- [204] 一、全国远景需求水量估测
- [208] 二、我国的可供水量远景分析
- [210] 三、水资源远景供需平衡分析
- [212] **第六章 21 世纪中国水资源的优化配置**
- [212] 第一节 西北地区的开发与水资源利用
- [212] 一、西北地区的水资源状况
- [217] 二、水资源在西北地区开发中的作用
- [220] 三、西北地区开发的水资源“瓶颈”问题
- [222] 四、西北地区水资源利用战略

[226]	第二节 黄河流域发展与水资源利用
[226]	一、黄河流域概况
[234]	二、黄河水问题现状及趋势
[240]	三、黄河流域水资源对策
[246]	第三节 南水北调与黄淮海平原的持续发展
[247]	一、南水北调工程建设的必要性
[250]	二、南水北调工程
[251]	三、东线工程
[258]	四、中线工程
[264]	五、西线工程
[270]	六、美国调水工程的经验与启示
[276]	第四节 东北地区水资源平衡与可持续利用
[276]	一、东北水资源概况
[277]	二、水资源供需平衡现状与问题
[278]	三、“北水南调”工程与东北水资源平衡
[281]	第七章 洪水资源利用与水旱灾害防治
[281]	第一节 洪水资源特征及其利用
[282]	一、洪水的类型与特征
[283]	二、洪水资源的利用
[294]	第二节 水旱灾害及其防治
[294]	一、水旱灾害的概念与内涵
[297]	二、水旱灾害造成的经济和社会影响
[301]	三、水旱灾害引起的严重环境问题
[303]	四、水旱灾害防治对策
[316]	第八章 21 世纪水资源环境与保护

- [316] 第一节 水资源与生态环境
- [316] 一、生态环境保护的内涵
- [317] 二、水资源与生态环境的关系
- [320] 三、水资源利用与生态环境保护中的几个重要问题
- [329] 四、我国生态环境用水的估计
- [331] 第二节 我国的水环境治理
- [331] 一、我国水环境治理的历史
- [337] 二、我国水环境治理现状
- [340] 三、我国 21 世纪水环境治理对策
- [342] 第九章 水资源宏观调控与管理
- [342] 第一节 可持续发展与水资源管理
- [343] 一、水资源管理的目的
- [343] 二、完成从以需定供到以供定需的转变
- [345] 三、水资源的经济价值与环境价值
- [345] 四、水资源的资产化管理
- [346] 第二节 市场机制导入与水资源宏观调控
- [347] 一、水权的概念与内涵
- [348] 二、水权转让与水市场
- [352] 三、国内水权转让的实践
- [353] 四、国外水市场与水转让经验
- [355] 五、南水北调与水权市场
- [357] 第三节 健全水资源统一管理体制
- [361] 第十章 水资源战略规划的新思路、新方法
- [361] 第一节 现代水资源规划特点

[363]	第二节 社会经济发展与宏观调控
[366]	第三节 区域水资源承载能力分析
[367]	一、土地资源人口承载能力
[369]	二、水资源承载能力
[370]	三、水资源承载能力特性及影响因素
[379]	第四节 区域水资源系统分析方法
[379]	一、系统、系统工程和系统分析
[385]	二、水资源系统分析及方法
[389]	三、水资源系统分析的应用
[392]	第五节 科学决策与决策支持系统
[392]	一、决策支持系统的产生与发展
[394]	二、决策支持系统的功能结构与应用
[396]	第六节 信息技术在水资源开发利用中的应用
[397]	一、数字地球
[400]	二、发展数字水利
[404]	第十一章 实现节水型社会的奋斗目标
[404]	第一节 中国人口“零”增长的实现
[409]	第二节 水资源需求变化趋势与“零”增长
[414]	第三节 节水型社会的实现与对策
[414]	一、农业节水潜力分析
[416]	二、城市节水潜力分析
[419]	三、中国节水型社会的建立
[433]	参考文献

第一章

中国水资源问题

第一节 概 述

一、水资源定义

淡水资源是地球水圈的基本构成部分，是所有陆地生态系统不可缺少的自然资源，是人类社会发展的重要物质基础。淡水资源的特点在于循环，是一种可更新的自然资源。

水资源一词由来已久，但如何正确理解其内在涵义，却是仁者见仁智者见智，尚无公认的定义。究其原因，主要是：第一，水的表现形式多种多样，如地表水、地下水、降水、土壤水等，且相互之间可以转化；第二，水具有流动性、侵蚀性和许多化学特性，因此我们在谈到水资源时应包括水量和水质两方面；第三，水对社会发展形成许多基本的约束，如对土壤生产力、工业生产因子、能源资源以及人类健康的改善；第四，水与大多数社会部门有关，或是部门必需的物质基础，或对部门形成破坏，水资源的开发利用受自然因素、社会因素、经济因素、环境因素等多种因素的影响；第五，水作为研究对象，常涉及到数学、物理学、化学、生物学、地学、气象学、水文学、地质学、环境学、

经济学、社会学等众多的学科。以下是对水资源几种较为权威的说法：

①100 年以前，即 1894 年在美国地质调查局（USGS）内设立了水资源处，其主要业务范围是地表河川径流和地下水的观测。这里所指的水资源主要是陆面地表水和地下水的总称。

②K.P. Kalinin 为《大英百科全书》撰写的条目中，“水资源”被解释为“水资源是自然界一切形态的水，包括气态水、液态水和固态水”。

③1977 年联合国教科文组织（UNESCO）建议，“水资源应指可资利用或有可能被利用的水源”。

④《中国大百科全书》在不同卷册中对水资源给予了不同的解释。在“大气科学、海洋科学、水文科学卷”里由叶永毅撰写的条目中，水资源被定义为“地球表层可供人类利用的水，包括水量（水质）、水域和水能资源，一般指每年可更新的水量资源”；而“水利卷”里由陈志恺撰写的条目中，水资源则被定义为“自然界各种形态（气态、固态或液态）的天然水，并将可供人类利用的水资源作为供评价的水资源”。

从上述几种定义中我们可以看出，水资源定义是随着社会经济的发展而发生变化的，具有一定的时代特征。从可持续发展的观点来看，淡水是维持陆地社会、经济、生态、环境发展的必不可少的物质基础，是人类生存的重要自然资源之一。因此，我们认为，一切具有利用价值包括各种不同来源或不同形式的淡水，均属水资源的范畴。这里所说的“一切具有利用价值”，不仅指可被人们开发利用的部分，而且还指供生态环境使用的部分，以及暂时无法利用但具有潜在使用价值的部分。由于时代不同、出发点不同，人们对水资源含义的认识也有所不同，但各种定义都有其合理的因素。

水资源成为近二三十年来人们谈论的活跃话题的原因主要在于：世界不少地区相继出现的水资源危机使人们感到不安，许多人对这一关系到国计民生的重要资源的紧缺十分关心，对其前景感到担忧。人们在热衷谈论、研究水资源时，并非着重于它的定义的探讨，而是力图探索一条使人类必须自律和理性发展的途径，以保护人们赖以生存的宝贵资源，使人类的生存环境、社会经济得到可持续发展。

上个世纪 70 年代以来，国内外一些高等院校开始设立水资源专业，一些研究和管理机构也以水资源作为机构的定语。它表明，随着水资源问题的日益突出，人们对水资源的认识已从一种对单纯的自然资源的认识扩展为对一种行业或一种学科的认识。其主要任务是围绕水资源的评价、规划、开发、利用、管理和保护等开展相关的业务活动和人才培养。

二、世界水资源概况

1992 年联合国环境和发展大会通过的《21 世纪议程》指出：“淡水是一种有限资源，不仅为维持地球一切陆上生命所必需，并且对一切社会经济部门都具有生死攸关的重要意义。”虽然地球上的大海看起来一望无际，深不可测，但能供给人类生存所需的淡水量却是有限的。

我们的家园——地球是由岩石圈、水圈、大气圈和生物圈组成的，而水圈又是这 4 个圈层中最活跃的一个圈层。水圈是由地球地壳表层、表面和围绕地球的大气层中液态、气态和固态的水组成的圈层。在地球水圈中现有约 13.86 亿 km^3 水，它以液态、固态和气态形式分布于海洋、陆地、大气和生物机体中，其中海洋总储水量约为 13.38 亿 km^3 ，占全球总水量的 96.54%；南极、北极和高山区的冰川积雪约 0.24 亿 km^3 ，占 1.74%；全球

地下水约 0.23 亿 km^3 , 占 1.69%; 存于陆地河流、湖泊、沼泽等地表水体中的水约 50.6 万 km^3 , 占 0.037%。表 1—1 是地球水圈水储量的分布情况^①。值得注意的是,在地球水圈中淡水仅占总水量的 2.53%,且主要分布在冰川与永久积雪和地下。如果考虑到现有的经济、技术能力,扣除目前暂时无法取用的冰川积雪及深层地下水,理论上可以开发利用的淡水不到地球总水量的 1%。实际上,人类可以利用的淡水量远低于这一理论值,因为还有许多淡水人们还无法利用。由此可见,尽管地球水圈中水的储量是可观的,但可被人们利用的淡水水源却是十分有限的。

表 1—1 地球水圈水储量分布

水 体	水 储 量		咸 水		淡 水	
	10 ³ 立方公里	%	10 ³ 立方公里	%	10 ³ 立方公里	%
海洋	1338000.0	96.54	1338000	99.04		
冰川与永久积雪	24064.1	1.74			24064.1	68.7697
地下水	23400.0	1.69	12870	0.95	10530.0	30.0606
水冻层 中冰	300.0	0.022			300	0.8564
湖泊水	176.4	0.013	85.4	0.006	91	0.2598
土壤水	16.5	0.0012			16.5	0.0171
大气水	12.9	0.0009			12.9	0.0378
沼泽水	11.5	0.0008			11.47	0.0337
河流水	2.12	0.0002			2.12	0.0061
生物水	1.12	0.0001			1.12	0.0032
总计	1385984.6	100			35029.21	100

^① 贺伟程,《世界水资源》,见《中国水利大百科全书·水利》,1992年中国大百科全书出版社。

水圈中的水并不是静止不变的，而是处于不断的运动之中，这给地球的生命系统带来了无限的生机。水圈中的各种水体通过蒸发、水汽输送、降水、下渗和地表与地下径流等水文循环过程，不断进行交换、转移，使水圈的各种水体处于永无停息的运动状态（图 1—1）。水文循环可分为大循环和小循环两种基本形式。大循环是水在陆地、海洋、大气中的相互转化，即海洋中的水经过蒸发转化为大气水，大气水在一定条件下凝结，以降水的形式回到陆地和海洋，降落在陆地上的降水又以不同的形式回到海洋，完成一个循环过程。据测算，全球海洋每年有 43 万 km^3 的水被蒸发进入大气中，其中有 91.7% 在海洋上空形成降水，直接降落在海洋上，占全球总降水量的 79%，剩余的 8.3% 随气流携带进入各洲陆地上空形成降水。在陆地的降水中，约 66% 通过水面蒸发、陆面蒸发、植物蒸腾重返大气，34% 以地面径流和地下径流的形式汇入海洋。因此，在全球尺度的水文循环过程中，约有 82% 的水量是完全在海洋——大气系统中完成，18%

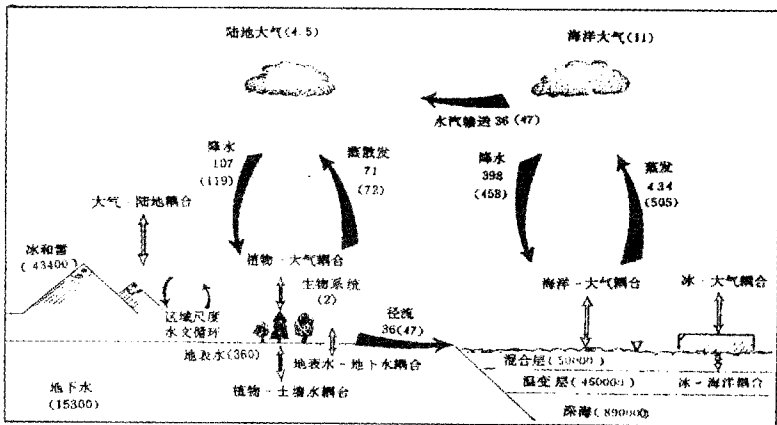


图 1—1 水文循环系统（水量： 103km^3 ；通量： $103\text{km}^3/\text{a}$ ）