

21

世纪高等学校教材

水资源规划与管理

© 左其亭 窦 明 吴泽宁 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

21

世纪高等学校教材

水资源规划与管理

© 左其亭 窦 明 吴泽宁 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

水资源规划与管理是水利部门的重点工作内容之一,是人类在长期水事活动的实践过程中形成和发展起来的一门学科。本书从水资源规划与管理一般概念叙述到基础理论知识介绍,从量化研究方法论述到水资源规划与管理方案 and 措施制定,试图在总结传统的水资源规划与水资源管理相关理论的基础上,以可持续发展为指导思想,系统阐述面向可持续发展的水资源规划与管理的理论、方法及应用实例,从而为现代水资源规划与管理工作提供科学的研究思路和研究方法。

本书是在《面向可持续发展的水资源规划与管理》专著的基础上,结合多年试用的《水资源规划与管理》讲义,为相关专业本科教学编写的教材,可作为水利工程、环境工程、地质工程、区域规划等专业本科生教材,也可供上述专业的研究生和教师以及相关专业的科技工作者使用和参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

水资源规划与管理/左其亨, 窦明, 吴泽宁编著. —北京: 中国水利水电出版社, 2005 (2007 重印)
21 世纪高等学校教材
ISBN 978-7-5084-2772-0

I. 水… II. ①左…②窦…③吴… III. 水资源管理—高等学校—教材 IV. TV213.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 023248 号

书 名	21 世纪高等学校教材 水资源规划与管理
作 者	左其亨 窦明 吴泽宁 编著
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 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	北京市地矿印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 11 印张 261 千字
版 次	2005 年 5 月第 1 版 2007 年 6 月第 2 次印刷
印 数	3001—5000 册
定 价	25.00 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

前 言

随着人口增长、社会经济发展,对水资源的需求量不断增加,水资源短缺和水环境污染问题日益突出,严重地困扰着人类的生存和发展。水问题已不再仅限于某一地区或某一时段,而成为全球性、跨世纪的关注焦点。

如何应对水问题,不仅要靠科学技术和经济基础来保障,更要靠水行政主管部门的合理规划和科学管理。水资源规划与管理正是在这一背景下形成的,它是水利工作的重要组成部分,对水资源的合理开发利用、优化调配和有效保护具有重要的理论指导意义。作者在总结多年相关教学经验和多个科研成果的基础上编写了此书,力图向读者展现一个现代的、科学的、完善的水资源规划与管理理论体系。

不同于传统的理论方法,本书讲解的水资源规划与管理理论方法,是以可持续发展为基本指导思想,通过科学的规划与管理,为社会经济的发展和生态环境的保护提供水资源保障,实现水资源在当代人之间、当代人与后代人之间以及人类社会与生态环境之间公平合理的分配。

本书内容分四部分,包括十二章,各章主要按照水资源规划与管理的工作流程来编排。第一、六、九、十、十一章由左其亭撰写,第二、三、五、七、十二章由窦明撰写,第四、八章由吴泽宁撰写。全书最后由左其亭、窦明统稿,吴泽宁校订。

第一部分内容包括第一章和第二章,是对水资源规划与管理基本概念及相关内容的简单介绍。

第一章为绪论,是对全书的铺垫。首先,综述了国内外水资源开发利用现状;接着,提出当前世界与中国所面临的水资源问题及其引起的社会影响;最后,说明了水资源规划与管理工作的必要性,并提出对当前水资源规划与管理工作的要求。

第二章是对水资源规划与管理内容的简单概述。首先,分别阐述了水资源规划与水资源管理的概念、内涵、原则等基础内容;接着,比较水资源规划与水资源管理之间的联系和区别,并给出水资源规划与管理的整体工作流

程；最后，介绍了可持续发展和可持续水资源管理的概念和由来，论述了可持续发展对水资源规划与管理的指导意义。

第二部分内容包括第三章~第九章，是对水资源规划与管理涉及的理论基础知识的介绍。详细介绍了水资源规划与管理工作流程中的某一具体方面及所用到的基础知识和理论方法。由于面向可持续发展的水资源规划与管理是架构在社会经济—水资源—生态环境复合大系统之下，因此在各章中分别涉及到其中某一方面的基础内容。

第三章为水循环过程与水资源量。首先，简要介绍了自然界的水循环过程及水量平衡原则；接着，介绍了天然状况下的水资源转化过程和人类活动对水资源转化过程的影响；最后，从水循环机理出发，介绍了水资源量的组成与估算方法。

第四章为社会经济系统发展预测。主要从社会经济—水资源—生态环境复合大系统中的社会经济系统入手。首先，讨论了社会经济发展与水资源的关系；接着，介绍了反映社会经济系统发展的指标体系和社会经济系统发展的预测方法；最后，给出社会经济发展规划的内容和步骤。

第五章为生态环境与水资源保护。从社会经济—水资源—生态环境复合大系统中的生态环境角度入手。首先，介绍了生态环境与水资源之间的关系；接着，针对水资源的水质和水量双重属性，分别介绍了水环境容量和生态环境需水量的计算方法；最后，在总结上述方法的基础上，介绍了水资源保护的工作内容和流程。

第六章为水资源评价。水资源评价是水资源规划与管理的基础工作之一，该章简要介绍了水资源评价的内容和要求，并重点论述了水资源数量评价和水资源质量评价的内容和方法。

第七章为水资源供需分析。水资源问题的核心是水的供需关系，因此在对水资源评价的基础上，必须着眼于如何解决水资源的供需矛盾。本章首先介绍了水资源开发利用现状分析的工作内容和步骤；接着，分别说明需水预测和供水预测的内容和方法；最后，介绍水资源供需平衡分析的基本思路和内容。

第八章为水资源系统分析方法。由于水资源规划与管理是一项涉及社会、经济、水资源、环境等多方面的系统工程，因此运用系统科学的理论方法来寻求解决水资源规划与管理工作中所出现的问题的最优方案是十分必要的。本章首先介绍了水资源系统的结构、功能与特征；其次，叙述了水资源系统分析的步骤、目标和约束；再次，介绍了水资源系统分析模型的建立步骤和

系统识别方法；最后，介绍了水资源系统分析中两种常用的优化技术——解析技术与计算机模拟技术。

第九章为可持续发展的量化研究方法。本章首先从社会—经济—资源—环境相互协调的角度，说明了可持续发展思想对水资源规划与管理的指导意义；接着，介绍了可持续发展的量化准则与量化指标；最后，阐述了基于“社会净福利函数”和基于“发展综合指标测度”的可持续发展量化方法。

第三部分内容包括第十章和第十一章，是对水资源规划与管理两方面工作的内容和方法的详细介绍。

第十章为水资源规划。首先，介绍了水资源规划的指导思想和工作流程；其次，建立了水资源可持续利用优化配置模型；再次，叙述了水资源规划方案的比选原则及规划内容；最后，简单介绍了乌鲁木齐区域水资源优化配置研究的应用实例。

第十一章为水资源管理。首先，介绍了水资源管理的工作流程；其次，建立了可持续水资源管理的量化准则、指标体系和量化研究方法，为可持续水资源管理提供了量化研究基础；再次，给出了水资源管理的具体措施；最后，介绍了博斯腾湖流域可持续水资源管理研究的应用实例。

第四部分内容包括第十二章，是对水资源规划与管理工作的展望。

第十二章为水资源规划与管理的新理念。首先介绍了当前与水资源规划和管理有关的一些比较新颖的概念、观点；接着又介绍了高新技术在水资源规划与管理中的应用；最后对水资源规划与管理进行展望，指出将来的研究方向和重点。

本书具有以下特点：①系统性。本书从概念、定性分析开始，先介绍水资源规划与管理的基础理论知识，在此基础上进一步介绍水资源规划与管理的工作内容及相关问题。②面向可持续发展。以可持续发展为基本指导思想，阐述水资源规划与管理问题。③定量化研究。提出了可持续发展的量化方法以及水资源规划与管理的优化模型，并应用于实际。④先进技术方法的采用。本书就目前广泛关注的水问题（如可持续水资源管理、水资源承载能力、生态环境需水等）进行论述，还对水资源管理信息系统、“3S”等技术方法在水资源规划与管理中的应用作了简单介绍。

本书是在《面向可持续发展的水资源规划与管理》（左其亭、陈曦著，中国水利水电出版社，2003）专著的基础上，结合多年试用的《水资源规划与管理》讲义，不断总结完善后撰写而成的，是专门面向相关专业本科生教学的教材，也可作为某些专业研究生教材。在本书的每章后面列出了思考题，

特别是便于与国际接轨,包括一些需要广泛查阅资料才能完成的试题,以帮助读者巩固所学内容。

本书的编写得到了水资源与水电工程科学国家重点实验室开放基金(2003B007)、河南省杰出青年科学基金(512002500)、中国科学院新疆生态与地理研究所“绿洲学者计划”、河南省青年骨干教师资助计划的资助。特此向支持和关心作者教学、科研工作的所有单位和个人表示衷心的感谢!感谢出版社同仁为本书出版付出的辛勤劳动。书中部分内容参考了有关单位或个人的研究成果,均已在参考文献中列出。另外,在撰写过程中,还参考或引用了《中华人民共和国水法》、《江河流域规划编制规范》、《水资源评价导则》、《地表水资源质量标准》、《全国水资源综合规划技术大纲》等多个法规、标准及其他技术文件,在文中未全部列出,在此一并致谢。

由于水资源规划与管理工作的复杂性和特殊性,编撰本书确实有一定难度。特别是作者水平所限,书中错误和缺点在所难免,欢迎广大读者不吝赐教。

作者

2005年元旦

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 水资源的概念及现状	1
第二节 水问题及其社会影响	5
第三节 实施水资源规划与管理的意义与要求	9
思考题	12
第二章 水资源规划与管理概述	13
第一节 水资源规划的基本内容	13
第二节 水资源管理的基本内容	16
第三节 水资源规划与管理的联系及工作流程	21
第四节 可持续发展的指导思想	23
思考题	29
第三章 水循环过程与水资源量	30
第一节 自然界的水循环与水量平衡	30
第二节 水资源转化过程	33
第三节 水资源量的组成与估算	35
思考题	38
第四章 社会经济系统发展预测	39
第一节 社会经济发展与水资源的关系	39
第二节 社会经济系统发展主要指标	40
第三节 社会经济系统发展预测方法	42
第四节 社会经济发展规划	44
思考题	47
第五章 生态环境与水资源保护	48
第一节 生态环境的概念及其与水资源的关系	48
第二节 污染源预测	50
第三节 水环境容量计算	52
第四节 生态环境需水计算	55
第五节 水资源保护的内容和步骤	59
思考题	60
第六章 水资源评价	61
第一节 水资源评价的内容和要求	61
第二节 水资源数量评价	62

第三节	水资源质量评价	67
思考题		70
第七章	水资源供需分析	71
第一节	水资源开发利用现状分析	71
第二节	需水预测	73
第三节	供水预测	77
第四节	供需平衡分析	79
思考题		81
第八章	水资源系统分析方法	82
第一节	水资源系统的内涵	82
第二节	水资源系统分析概述	84
第三节	水资源系统分析的目标与约束	87
第四节	水资源系统模型的建立与识别	89
第五节	水资源系统优化技术与模拟技术	92
思考题		97
第九章	可持续发展的量化研究方法	98
第一节	社会—经济—资源—环境的协调问题	98
第二节	可持续发展的量化准则与量化指标	99
第三节	可持续发展的量化方法	102
思考题		107
第十章	水资源规划	108
第一节	水资源规划的指导思想和工作流程	108
第二节	水资源可持续利用优化配置模型	111
第三节	水资源规划方案制定	114
第四节	应用实例——乌鲁木齐区域水资源优化配置	118
思考题		123
第十一章	水资源管理	124
第一节	水资源管理的工作流程	124
第二节	可持续水资源管理量化研究方法	125
第三节	水资源管理措施	135
第四节	应用实例——博斯腾湖流域可持续水资源管理	138
思考题		148
第十二章	水资源规划与管理的新理念	149
第一节	水资源规划与管理的新概念	149
第二节	新技术在水资源规划与管理中的应用	155
第三节	水资源规划与管理展望	160
思考题		162
参考文献		163

第一章 绪 论

水，是生命之源，是自然环境和生态系统不可替代的要素，是人类社会可持续发展的基础条件。然而，随着人口与经济的增长，对水资源的需求在不断增加，随之而来的水环境恶化等问题，也越来越严重地困扰着人们的生存和发展。历史发展到今天，水问题已不再仅限于某一地区或某一时段，而成为全球性、跨世纪的关注的焦点。正如联合国在 1997 年《对世界淡水资源的全面评价》报告中提到的那样，“缺水问题将严重地制约 21 世纪经济和社会发展，并可能导致国家间的冲突”，水资源危机已经成为继粮食危机、能源危机之后，人类社会所面临的又一大生存危机。

如何解决这些问题，不仅要靠科学技术的进步和经济基础的保障，更要靠水行政主管部门的合理规划和科学管理。水资源规划与管理正是在这一背景下产生的，它是我国水利工作的重要组成部分，对水资源的合理开发利用、优化调配和有效保护具有重要的指导作用。

第一节 水资源的概念及现状

一、水资源的概念

随着 1894 年美国地质调查局水资源处的成立，“水资源”一词正式出现并被广泛接纳。在经历了人类不同发展时期后，出现了对水资源的不同界定，其内涵也得到不断的充实和完善。在《英国大百科全书》中，水资源被定义为“全部自然界任何形态的水，包括气态水、液态水和固态水”。这个定义为水资源赋予了极其广泛的内涵，然而却忽略了资源的使用价值。在 1963 年英国的《水资源法》中，水资源又被定义为“具有足够数量的可利用水资源”，在这里则强调了水资源的可利用性特点。在 1988 年联合国教科文组织（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，水资源则更详细地被定义为“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，并在某一地点为满足某种用途而可被利用”。当然，这也不是对水资源的最终定义，许多学者对水资源有其个人的见解，如《水资源学概论》（陈家琦、王浩，1995）中介绍的几个观点：

- 降水是大陆上一切水分的来源，但降水只是一种潜在的水资源，只有降水量中可被利用的那一部分才是真正的水资源（张家诚）。

- 从自然资源的观点出发，水资源可定义为与人类生产与生活（有关）的天然水源（刘昌明）。

- 一切具有利用价值，包括各种不同来源或不同形式的水，均属水资源范畴（陈

梦熊)。

- 水资源主要指与人类社会用水密切相关而又能不断更新的淡水，包括地表水、地下水和土壤水，其补给来源为大气降水（贺伟程）。

- 作为维持人类社会存在并发展的重要自然资源之一的水资源应该具有下列特性：①可以按照社会的需要提供或有可能提供的水量；②这个水量有可靠的来源，且这个来源可以通过自然界循环不断得到更新或补充；③这个水量可由人工加以控制；④这个水量及其水质能够适应人类用水的要求（陈家琦）。

综上所述，可以认为水资源的概念存在着广义和狭义之分。广义的水资源，是指人类能够直接或间接利用的地球上的各种水体，包括天上的降水、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（吴季松，2003）。

狭义的水资源，是指与生态环境保护 and 人类生存与发展密切相关的、可以利用的、而又逐年能够得到恢复和更新的淡水，其补给来源为大气降水。该定义反映了水资源具有下列性质：①水资源是生态环境存在的基本要素，是人类生存与发展不可替代的自然资源；②水资源是在现有技术经济条件下通过工程措施可以利用的水，且水质应符合人类利用的要求；③水资源是大气降水补给的地表、地下产水量；④水资源是可以通过水循环得到恢复和更新的资源（左其亭等，2002）。

对于某一流域或局部地区而言，水资源的含义则更为具体。广义的水资源就是大气降水，主要由地表水资源、土壤水资源和地下水资源三大部分组成。在一个特定范围内，其水资源主要有两种转化途径：一是，降水形成地表径流、壤中流和地下径流并构成河川径流，通过水平方向排泄到区外；二是，以蒸发和散发的形式通过垂直方向回归到大气中。因为河川径流与人类的关系最为密切，故将它作为狭义水资源。这里所说的河川径流包括地表径流、壤中径流和地下径流。水资源的一般组成如图 1-1 所示。

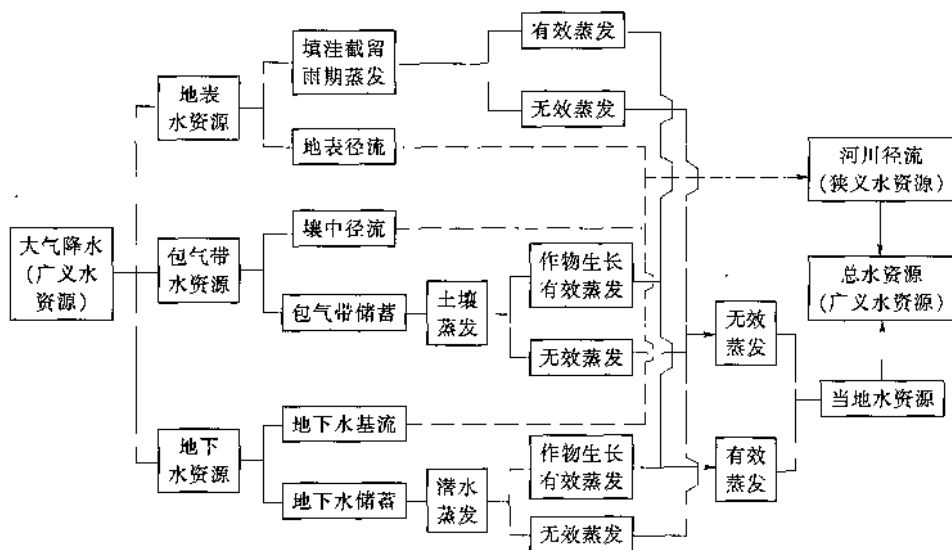


图 1-1 流域水资源组成示意图（左其亭等，2002）

从图 1-1 中可以看出,我们常说的水资源(或计算的水资源量)有两种不同的含义。一般在流域或区域水资源规划中,常常用到的是狭义水资源,即河川径流。另外,为了避免人类活动的影响,便于对比分析,人们又经常计算天然状态下的水资源量,并将其作为一个流域或区域水资源规划或配置的基础流量。本书在没有特别说明的情况下均把天然状态下的河川径流作为水资源量来计算。

二、全球水资源状况介绍

从表面上看,地球上的水量是非常丰富的。地球表面积约 5.1 亿 km^2 ,水圈内全部水体总储存量达到 13.86 亿 km^3 。海洋面积 3.61 亿 km^2 ,占地球表面积的 70.8% 。海洋水量为 13.38 亿 km^3 ,占地球总储存水量的 96.5% 。但这部分巨大的水体属于高盐量的咸水,除极少量水体被利用(作为冷却水、海水淡化等)外,绝大多数是不能被利用的。地球上陆地面积为 1.49 亿 km^2 ,占地球表面积的 29.2% ,水量仅有 0.48 亿 km^3 ,占地球总储存水量的 3.5% 。就是陆面上的有限水体也并不全是淡水,淡水量仅有 0.35 亿 km^3 ,占陆地水储存量的 73% ,其中的 0.24 亿 km^3 ,分布于冰川、多年积雪、两极和多年冻土中,在现有的技术条件下很难被利用。便于人类利用的水只有 0.1065 亿 km^3 ,占淡水总量的 30.4% ,仅占地球总储存水量的 0.77% 。也就是说,虽然地球上水量丰富,但水资源总量极其有限。地球上水的组成,如图 1-2 所示。

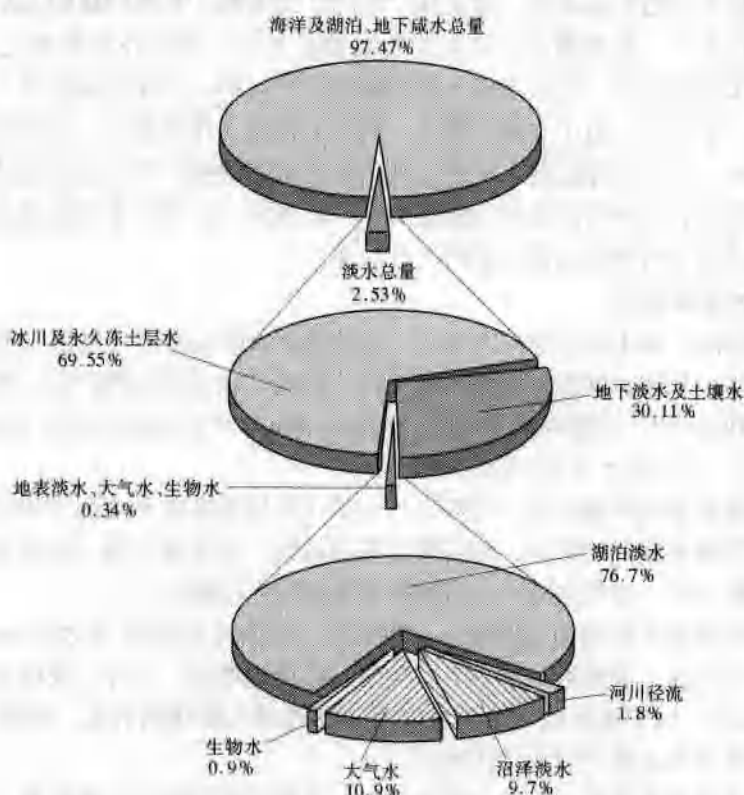


图 1-2 地球上水的组成

(根据联合国教科文组织 1978 年发布的数据)

同时,由于受地理位置和地形地貌的影响,水资源的空间分布是极不均衡的。表 1-1 给出了世界各大洲降水及年径流分布状况。

表 1-1 世界各大洲降水及年径流分布

洲 名	面 积 (万 km ²)	年 降 水		年 径 流		径流系数
		mm	10 ³ km ³	mm	10 ³ km ³	
亚 洲	4347.5	741	32.2	332	14.41	0.45
非 洲	3012.0	740	22.3	151	4.57	0.20
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	1050.0	790	8.29	306	3.21	0.39
澳大利亚	761.5	456	3.47	39	0.30	0.09
大洋洲(各岛)	133.5	2704	3.61	1566	2.09	0.58
全球内陆	14902.5	798	118.88	314	46.85	0.39

资料来源:《中国大百科全书》(水利卷,1992年)。

由表 1-1 可见,全球以大洋洲(澳大利亚除外)年降雨量最大,其水资源量也极为丰富,而澳大利亚由于降水稀少,荒漠和半荒漠面积达到 2/3,使得径流系数明显偏低;次之,降雨量较丰沛的是南美洲,而亚洲、非洲、北美洲、欧洲的降雨量都接近全球平均水平,非洲气候炎热,蒸发强烈,有大面积的沙漠存在,因此径流系数比其他洲明显偏小;南极洲降水虽然不多,但由于降水全部储存于冰川中,因此径流量等于降水量。

即使在同一个洲内,由于空间跨度大,再加上自然条件的差异,水资源的分布也是很不均匀的。因此,如何合理配置水资源,减少由于水资源分布不均而造成的社会经济发展不平衡,是当前水利工作所面临的主要任务之一。目前,许多国家已建或在建大型调水工程,反映了人类对于水资源均衡分配的一种渴望。

三、我国水资源状况

我国地域辽阔,国土面积 960 万 km²,地处欧亚大陆东南部,濒临太平洋,地势西高东低,境内山脉、丘陵、盆地、平原相互交错,构成了众多的江河湖泊。据统计,我国流域面积在 10000km² 以上的河流有 97 条;面积在 1km² 以上的湖泊约有 2300 个,总面积约为 71787km²,约占国土总面积的 0.8%。

由于我国处在季风气候区域,受热带、太平洋低纬度温暖而潮湿气团以及西南印度洋和东北鄂霍茨克海水蒸气的影响,使得我国东南地区、西南地区以及东北地区有充足的水汽补充,降水量丰沛,成为世界上水资源相对比较丰富的地区之一。

据统计,我国年平均河川径流量为 2720km³,折合年径流深为 284mm。在地表水资源总量上仅次于巴西、俄罗斯、加拿大、美国、印度尼西亚。另外,我国地下水资源总量年平均为 730km³。由于地表水与地下水之间存在着相互转化的关系,扣除其中的重复计算部分,我国水资源总量大约为 2812km³。

虽然我国水资源总量较大,但人均占有量、平均降水深较小。据计算,我国多年年平均降水量约为 6190km³,折合降水深为 648mm,与全球陆地平均降水深 800mm 相比约低 20%。我国人均占有河川径流量约为 2350m³,仅相当于世界人均占有量的 1/4,美国人

均占有量的 $1/6$ ，亩均水量约为世界亩均水量的 $2/3$ 。这些统计数据均说明：从总量上看，我国水资源相对比较丰富，属于丰水国，但由于我国的人口基数和面积基数大，人均和亩均水资源量都较小，如果按照这一参数比较，我国仍属于贫水国。

我国广阔的地域和特殊的地形、地貌和气候条件，决定了我国水资源的特点。主要表现为如下。

1. 水资源总量丰富但人均水资源占有量少

如前所述，我国水资源总量较大，居世界第 6 位，但由于国土面积辽阔，需要养育的人口众多，这就导致了亩均和人均水资源量均较小，人均水资源量居世界第 85 位，属于世界上的贫水国。这是我国水资源的基本情况。

2. 水资源空间分布不均匀

由于我国所处的地理位置和特殊的地形、地貌、气候条件，导致了水资源丰枯地区之间的差异比较大，总体状况是南多北少，水量与人口和耕地分布不相适应。长江流域及其以南的珠江流域、浙闽台、西南诸河等四片，面积占全国的 36.5%，耕地占全国的 36%，水资源量却占全国总量的 81%，人均占有水资源量为 4180m^3 ，约为全国平均值的 1.6 倍；亩均占有水资源量为 4130m^3 ，为全国平均值的 2.3 倍。辽河、海滦河、黄河、淮河四个流域片，总面积占全国的 18.7%，接近南方四片的一半，耕地占全国的 45.2%，人口占全国的 38.4%，但水资源总量仅相当于南方四片水资源总量的 10%。不相匹配的水土资源组合必将影响国民经济发展和水土资源的合理利用。

3. 水资源时间分布不均匀

我国水资源分布不均，不仅表现在空间分布上，还表现在时间分配上。无论是年内还是年际，我国降水量和径流量的变化幅度都很大，这主要是受我国所处的区域气候影响。

我国大部分地区受季风影响显著，降水量年内分配不均匀，年际变化较大，并有枯水年和丰水年连续出现的特点。这种变化一般是北方大于南方。

从全国来看，我国大部分地区冬春少雨，夏秋多雨。南方各省汛期一般为 5~8 月，降水量占全年的 60%~70%， $2/3$ 的水量以洪水和涝水形式排入海洋；而华北、西北和东北地区，年降水量集中在 6~9 月，占全年降水的 70%~80%。这种集中降水又往往集中在几次比较大的暴雨中，极易造成洪涝灾害。

水资源在时间上的分布不均，一方面给人们的正常用水带来困难，比如，正是用水的春季反而少雨，而在用水量相对少的季节有时又大量降水，导致降水与用水时间上的不协调，给水资源的充分利用带来不便；另一方面，由于过分的集中降水或过分的干旱，形成洪涝灾害和干旱灾害，都会对人民生命财产造成很大威胁。

第二节 水问题及其社会影响

一、当今世界所面临的三大水问题

当今世界所面临的水问题可概括为三个方面：干旱缺水（水少了）、洪涝灾害（水多了）和水环境恶化（水脏了）。这三个方面不是完全独立的，它们之间存在着一定的联系，往往在一个问题出现时，也伴随其他问题的产生。如我国西北地区石羊河流域，由于中上

游地区对水资源的大量开发,导致下游民勤盆地来水量锐减,这又引起了当地对地下水资源的过度开采和重复利用。地下水的多次使用、转化又引起水体矿化度增高、耕地盐碱化加重等水环境问题。下面对这三大水问题分别进行说明。

(1) 干旱缺水,是当今和未来主要面临的水问题之一。一方面,由于自然因素的制约,如降水时空分布不均和自然条件差异等,导致某些地区降雨稀少、水资源紧缺,如南非、中东地区以及我国的西北干旱地区等;另一方面,随着人口增长和经济发展,对水资源的需求也在不断增加,从而出现水资源需大于供的现象。

(2) 洪涝灾害,则是水问题的另一个对立面。由于水资源的时空分布不均,往往在某一时期,世界上许多地区干旱缺水的同时,在另一些地区又出现因突发性降水过多而形成洪涝灾害的现象。这也是地球整体水量平衡的一个反映。此外,由于全球气候变化和人类活动对水资源的影响,导致世界上洪涝灾害发生的因素在宏观上逐步加强,洪水造成的危害也随之增强。可以肯定,随着都市化的迅速发展,城市洪灾对社会经济发展带来的负面影响和潜在威胁将日益加重。

(3) 水环境恶化,是人类对水资源作用结果的最直接体现,也是三大水问题中影响面最广,后果最严重的问题。随着社会经济的发展、都市化进程的加快,排放到环境中的污水、废水量日益增多。据估计,目前世界每年有超过 420km^3 的污水排入江河湖海,污染了 5500 km^3 的淡水,约占全球径流总量的 14% 以上。并且随着今后的发展,这个数值还会增加。水环境恶化,一方面降低了水资源的质量,对人们身体健康和工农业用水带来不利影响;另一方面,由于水资源被污染,原本可以被利用的水资源现在失去了使用价值,造成水质型缺水,加剧了水资源短缺。

要解决当今世界所面临的三大水问题,首先,要加强水资源基础理论的研究,为科学解决水问题提供理论依据;其次,需要全人类的广泛参与,加大水资源的投资,尽量避免水问题的发生;第三,要加强水资源规划与管理的力度,确保所制定的水资源规划全面、详实、具有前瞻性,并考虑社会经济发展与生态环境保护相协调;确保水资源管理落到实处,使水资源得以合理开发、利用和保护,防止水害,充分发挥水资源的综合效益。

二、我国面临的水问题

我国地处中纬度,受气候条件、地理环境及人为因素的影响,曾经是一个洪涝灾害频繁、水资源短缺、生态环境脆弱的国家。1949 年新中国成立后,水利建设工作取得了很大的进展,初步控制了大江大河的常遇洪水,形成了 5600 多亿 m^3 的年供水能力,灌溉面积从 2.4 亿亩扩大到近 8 亿亩,累计治理水土流失面积 78 万 km^2 。但目前在很多地区,水的问题仍然是限制区域经济和社会可持续发展的瓶颈。从全国范围看,我国面临的水问题主要有以下三个方面。

一是防洪标准低,洪涝灾害频繁,对经济发展和社会稳定威胁较大。20 世纪 90 年代至 21 世纪初,我国几大江河发生了 6 次比较大的洪水,造成损失近 9000 亿元。特别是 1998 年发生在长江、嫩江和松花江流域的特大洪水,造成全国 29 个省(自治区、直辖市)农田受灾面积 2229 万 hm^2 ,死亡 4150 人,倒塌房屋 685 万间,直接经济损失达 2551 亿元。这充分暴露了我国江河堤防薄弱、湖泊调蓄能力较低等问题。近年来,国家加大了对防洪工程的投入,一些重要河流的防洪状况得到了改善。然而,从全国范围来看,防洪

建设始终是我国的一项长期而紧迫的任务。

二是干旱缺水日趋严重。按照目前正常用水需求同时又不超采地下水的前提下,全国年缺水总量约为 400 亿 m^3 。农业、工业以及城市都普遍存在着缺水问题,尤其以农业缺水最为严重。早在 20 世纪 70 年代,我国农田年均受旱面积为 1.7 亿亩,到 90 年代增加到 4 亿亩,农业年缺水量达到 300 亿 m^3 左右。城市和农村生活用水也受到水资源短缺的严重影响。目前农村有 3000 多万人饮水困难,1/4 人口饮用水达不到国家饮用水卫生标准;全国 663 个城市中,有 400 多个出现供水不足的现象,其中近 150 个城市严重缺水,日缺水量达 1600 万 m^3 。2000 年全国大旱,两季累计受旱面积 3300 万 hm^2 ,成灾面积 2700 万 hm^2 ,绝收面积 600 万 hm^2 。可见,干旱缺水严重制约了我国社会经济尤其是农业的稳定发展,影响到人类的生活质量和城市化发展。

三是水环境恶化。近些年,我国江河湖泊的水质状况总体上呈恶化趋势。1980 年全国污水排放量为 310 多亿 m^3 ,1997 年为 584 亿 m^3 。受污染的河长也逐年增加,在全国水资源质量评价的约 10 万 km 河长中,受污染的河长占 46.5%。全国 90% 以上的城市水域受到了不同程度的污染。目前,全国水蚀、风蚀等土壤侵蚀面积为 367 万 km^2 ,占国土面积的 38%;北方河流干枯断流情况愈来愈严重,黄河在 20 世纪 90 年代几乎年年断流。此外,河湖萎缩,森林、草原退化,土地沙化,部分地区地下水超量开采等诸多问题都严重影响了水环境。

随着未来人口增加和经济发展,我国的水问题将会更加突出。总体来看,造成我国水问题严峻形势的根源主要有两个方面:

一是自然因素。这与气候条件的变化和水资源的时空分布不均有关。在季风气候作用下,我国降水时空分布不平衡。在我国北方地区,年降水量最少只有 40mm,最多也仅为 600mm。而长江流域及其以南地区,年降水量均在 1000mm 以上,最高超过 2000mm。气候变化对我国水资源的年际变化产生很大影响,从长期气候变化来看,在近 500 年中,我国东部地区偏涝型气候多于偏旱型,而近百年来洪涝减少,干旱增多。在黄河中上游地区,数百年来一直以偏旱为主。

二是人为因素。这与社会经济活动和人们不合理地开发、利用和管理水资源有关。目前我国正处于经济快速增长时期,工业化、城市化的迅速发展以及人口的增加和农业灌溉面积的扩大,使得水资源的需求量不可避免地迅猛增加。长期以来,由于水资源的开发、利用、治理、配置、节约和保护不能统筹安排,不仅造成了水资源的巨大浪费,破坏了生态环境,而且还加剧了水资源的供需矛盾。突出表现在以下几个方面:

(1) 流域缺乏统一管理,上下游同步开发,造成用水紧张。同时,由于下游来水减少而导数河道萎缩、甚至干涸。如西北内陆区塔里木河下游约 300km 河道干涸;黄河于 1978 年出现断流,20 世纪 90 年代几乎年年断流(仅 1997 年就累计断流 226 天),这都是由于中游地区用水量加剧,无节制的引水所造成的。

(2) 过度开采地下水,造成地下水资源枯竭。地下水是我国北方地区的重要水源,然而,由于经济发展导致对地下水开采的迅猛增加,从而引发了一些负面影响的产生,如海水入侵、地下水水质恶化、城市地面沉降等。

(3) 水价不合理,水资源浪费严重。目前,我国一些地区的农业灌溉仍采用漫灌、串

灌等十分落后的灌溉方式,农业用水平均有效利用系数仅为 0.4 左右,而发达国家已实现了农田的喷灌、滴灌化和输水渠道的管道化,水资源利用系数达到 0.7~0.8。同时,由于水价偏低,城市居民节水意识较差,因此造成城市生活用水浪费十分严重,其中仅供水管道跑冒滴漏损失的水资源量就占总供水量的 20% 以上。

(4) 污水大量排放,造成水资源污染严重。随着社会经济的迅速发展,工业和城市的污水排放量增长很快,而相应的污水处理设备和措施往往跟不上,从而造成对水资源的严重污染,导致有水不能用,即出现水质型缺水。如淮河流域、海河流域、长江三角洲和珠江三角洲的一些缺水地区就属于这种类型的缺水。

(5) 人类活动破坏了大量的森林植被,造成区域生态环境退化,水土流失严重,洪水泛滥成灾。一方面,造成了河道冲沙用水量增加;另一方面,又使一部分本可以成为资源的水,却以洪水的形式宣泄入海,极大地降低了可用水资源的数量。

三、水问题带来的社会影响

水资源短缺、洪涝灾害、水环境污染等水问题严重威胁着我国乃至世界范围内的社会经济发展,其造成的社会影响主要表现在以下几个方面。

1. 水资源紧缺会给国民经济带来重大损失

目前,我国水资源短缺现象越来越严重,尤其是北方地区,水资源的开发利用量已接近或超过了当地的水资源可利用量。目前,全国每年因缺水造成的直接经济损失达 2000 亿元,仅胜利油田 1995 年因黄河断流造成的减产损失就达 30 亿元。同时,水资源短缺又引起农业用水紧张,北方地区由于缺水而不得不缩小灌溉面积和有效灌溉次数,致使粮食减产,干旱缺水成为影响农业发展和粮食生产的主要制约因素之一。

2. 水资源问题将威胁到社会安全稳定

自古以来,水灾就是我国的众灾之首,“治国先治水”是祖先留下的古训。每次大的洪水过后,不仅造成上千亿元的经济损失,还给灾区人民的生产和生活造成了极大的破坏,使他们不得不体会重建家园的艰辛。同样,水环境质量变差也会危及到人民的日常生活,在 20 世纪 90 年代汉江中下游曾发生了三次严重的水华事件,不仅给沿岸自来水厂造成上百万元的经济损失,还直接危及到中下游地区城市居民的供水安全。1991 年,国际水资源协会(IWRA)在摩洛哥召开的第七届世界水资源大会上,提出了“在干旱或半干旱地区,国际河流和其他水源地的使用权可能成为两国间战争的导火线”的警告。在几次中东战争中,军事双方都曾出现以摧毁对方供水系统为作战目标。可以说,水问题的每一方面都与社会的安全稳定息息相关。

3. 水资源危机会导致生态环境恶化

水不仅是社会经济发展不可替代的重要资源,同时也是生态系统不可缺少的要素。随着经济的发展,人类社会对水资源的需求量越来越大,为了获取足够的水资源以支撑自身发展,人类过度开发水资源,从而挤占了维系生态系统正常运转的水资源量,结果导致了一系列生态环境问题的出现。例如,我国西北干旱地区水资源天然不足,为了满足社会经济发展的需要,当地盲目开发利用水资源,不仅造成了水资源的消退,加重了水资源危机,同时使得原本十分脆弱的生态环境更进一步恶化,天然植被大量消亡、河湖萎缩、土地沙漠化等问题的相继出现,已经危机到人类的生存与发展。目前,水资源短缺与生态环