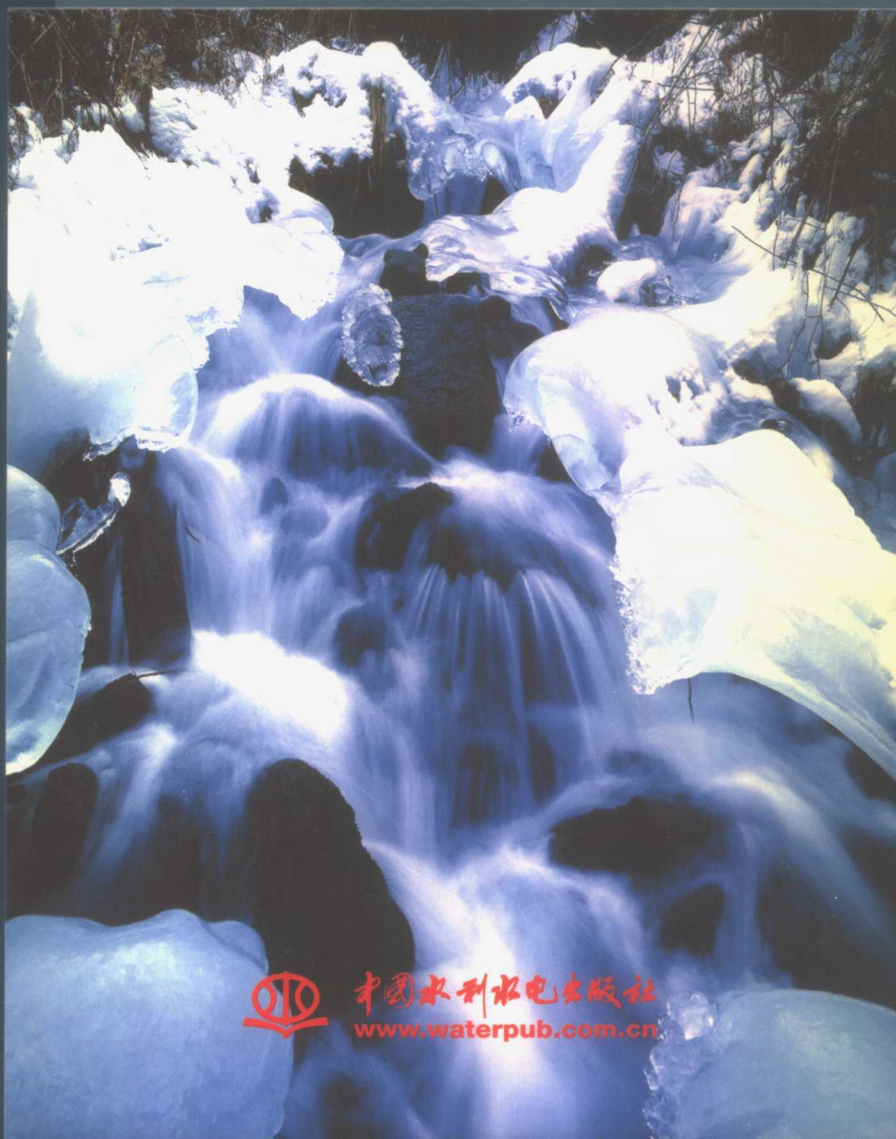


MianXiang KeChiXu FaZhan De
ShuiZiYuan GuiHua Yu GuanLi

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
www.waterpub.com.cn

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

www.waterpub.com.cn

图书在版编目 (CIP) 数据

面向可持续发展的水资源规划与管理/左其亭, 陈曦著. - 北京: 中国水利水电出版社, 2003

ISBN 7-5084-1369-5

I. 面… II. ①左…②陈… III. ①水资源管理-研究②水资源-可持续发展-研究 IV. TV213.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 108261 号

书 名	面向可持续发展的水资源规划与管理
作 者	左其亭 陈曦 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: sale@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (发行部)
经 售	全国各地新华书店
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	涿州市星河印刷厂
规 格	787×1092 毫米 16 开本 15 印张 356 千字
版 次	2003 年 3 月第一版 2003 年 3 月第一次印刷
印 数	0001—4100 册
定 价	35.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前言

水，是生命之源，是人类赖以生存和发展不可缺少的一种宝贵资源，又是自然环境的重要组成部分，是可持续发展的基础条件。然而，随着人口的不断增长和社会经济的迅速发展，用水量在不断增加，排放的废水、污水量也在不断增加，水资源与社会经济发展、生态环境保护之间的不协调关系在“水”上表现得十分突出。比如，出现的水资源短缺、水环境问题等。为了及时有效地解决这些水问题，必须加强水资源的规划与管理，必须统筹考虑水资源与社会、经济、环境之间的协调，走可持续发展道路。

面向可持续发展的水资源规划与管理，就是以可持续发展为基本指导思想，通过合理的规划与管理，为社会经济的发展和生态环境的保护提供源源不断的水资源，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，走可持续发展道路。它与传统的水资源规划与管理有较大区别，特别强调了水资源开发利用与社会经济发展和生态环境保护之间的协调。

目前，国际上关于可持续发展的概念及可持续发展对水利建设的指导思想和所处地位，都已基本被理解和接受。但是，如何对可持续发展进行量化研究？什么样的发展是可持续的发展？怎样做才算是走可持续发展的道路？水资源如何管理才能保证可持续利用？这些都是亟待解决的问题，也是水资源规划与管理面向可持续发展必须要解决的问题。

针对以上问题，作者在最近数年中，主持和参与了多个研究项目，在水文学基础研究、水文模型、水文—生态耦合系统模型研究、水资源可再生性研究，以及可持续水资源管理量化研究等方面，做过一些系统的研究工作。

本书试图在总结过去研究工作的基础上，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，为现代水资源规划与管理提供科学的研究思路和研究方法。

全书分为四篇十七章。第一、二、三、六、八、十、十一、十二、十四、十五章由左其亭撰写，第四、五、七、九、十三、十六、十七章由陈曦撰写。全书由左其亭统稿。

第一篇为绪论,含三章,是对全书的一个铺垫。第一章分别就世界水资源和我国水资源的现状进行描述,并列举出现的主要问题及其对社会发展的危害,以说明解决水资源问题的必要性;第二章简单概述了水资源规划与管理的概念与原则,并对经典水资源规划与管理面临的挑战进行了总结,以说明现行水资源规划面向可持续发展的必要性;第三章介绍了可持续发展的概念及其与水资源的关系,说明水资源规划与管理以可持续发展为基本指导思想的必要性,并在此基础上对可持续水资源管理的概念、特点及研究动态和面临的问题进行简单概述。

第二篇是对“面向可持续发展的水资源规划与管理”研究所需的理论基础进行介绍,含五章。第四章从水循环分析入手,介绍水资源量的估算(包括地表水、地下水以及水资源总量的估算),并对人类活动带来的水资源消耗量的计算以及生态用水量计算等问题进行介绍;第五章对社会经济系统变化预测、发展规划以及需水量预测等内容进行介绍,是可持续发展量化研究需要考虑的一个重要方面;第六章对水量—水质—生态耦合系统模拟研究提出一种有效的研究方法,并列举一应用实例;第七章对水资源系统优化技术与理论进行简单介绍;在第八章中,对可持续发展量化研究方法有关的内容进行论述,包括可持续发展的量化准则、量化指标体系以及量化方法及优化模型等内容,并对水资源承载能力的概念及计算方法进行论述。

第三篇是对“面向可持续发展的水资源规划”的主要内容进行介绍,含四章。第九章介绍了水资源规划的工作流程及内容;第十章介绍了水资源评价与水资源开发利用现状分析的方法及内容;第十一章介绍了基于可持续发展量化研究方法的水资源可持续利用优化配置模型,并列举一个应用实例;第十二章对水资源规划方案比选及规划内容进行介绍。

第四篇是对“面向可持续发展的水资源管理”的主要内容进行介绍,含七章。第十三章介绍了水资源管理的工作流程及内容;在第十四章中,基于可持续发展量化研究方法,介绍了可持续水资源管理的理论,并列举一个应用实例;第十五章对水资源管理措施进行介绍;第十六章对水资源管理信息系统建设的必要性、目标及原则、主要功能与结构进行介绍,并介绍一个应用实例;在第十七章,介绍“3S”技术及其在水资源规划与管理中的应用,这是新形势下水资源规划与管理对高新技术的需求。

《面向可持续发展的水资源规划与管理》是一部系统介绍现代水资源规划与管理的学术专著。本书的特点是:①面向可持续发展。以可持续发展为基本指导思想,解决水资源规划与管理问题;②定量化研究。提出可持续发展

的量化方法以及水资源规划与管理的优化模型方法，并应用于实际；③系统性。本书从概念、定性分析开始，先介绍面向可持续发展的水资源规划与管理研究的理论基础内容，在此基础上介绍水资源规划与管理的工作内容及相关问题；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、生态用水等）进行论述，并把水资源管理信息系统、“3S”技术等技术方法引入到水资源规划与管理中。

然而，由于可持续发展量化研究仍处于探讨阶段，以及水资源系统与社会经济系统、生态环境系统之间的协调问题、水资源系统本身的复杂性，使得本书的研究内容、研究方法及研究成果可能还存在这样或那样的不足，这也给编撰本书增添了难度。再加上时间仓促，特别是作者水平所限，虽几经易稿，书中错误和缺点仍在所难免，欢迎广大读者不吝赐教。

在本书完稿之际，要十分感谢教育作者多年的师长、帮助作者的学长和同仁。感谢作者所在单位郑州大学和中国科学院新疆生态与地理研究所领导和同仁的大力支持和帮助。感谢出版社同仁为本书出版付出的辛勤劳动。书中有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。在作者完稿之后，贺北方教授认真审阅了全书，并提出了许多宝贵修改意见；吴泽宁教授也为本书出版给予很大指导和帮助。在此一并致谢。

本书的研究工作得到了国家重点基础研究发展规划项目（G19990435 和 G19990436）、国家自然科学基金（79870088）、河南省科技攻关项目（0224660030）、河南省软科学基金项目（0213010900）、河南省 2000 年杰出青年基金、河南省 2003 年自然科学基金的资助，以及其他横向研究课题的支撑。特此向支持和关心作者研究工作的所有单位和个人表示衷心的感谢！

左其亭 陈曦

2003 年 1 月

内 容 提 要

水 资源规划与管理是水利部门的一项重要工作。以可持续发展为指导思想,是新形势下水资源规划与管理的基本要求。本书试图在总结过去研究工作的基础上阐述“面向可持续发展的水资源规划与管理”的理论、方法及应用,为现代水资源规划与管理提供科学的研究思路和研究方法。

本书是一部系统介绍“面向可持续发展的水资源规划与管理”的学术专著。全书共分四篇。第一篇,简单介绍了水资源现状与问题、水资源规划与管理的概念与研究内容、可持续发展与水资源等问题;第二篇,详细介绍了“面向可持续发展的水资源规划与管理”研究所需的理论基础知识,包括水资源量、水资源消耗量的估算、生态用水量计算、社会经济系统变化预测、水量—水质—生态耦合系统模型研究、水资源系统优化技术与理论、可持续发展量化研究方法以及水资源承载能力计算;第三篇,介绍了“面向可持续发展的水资源规划”的主要内容,包括水资源规划的工作流程及内容、水资源评价与水资源开发利用现状分析、水资源可持续利用优化配置模型、水资源规划方案比选及规划内容;第四篇,介绍了“面向可持续发展的水资源管理”的主要内容,包括水资源管理的工作流程及内容、可持续水资源管理量化研究、水资源管理措施、水资源管理信息系统以及“3S”技术在水资源规划与管理中的应用。

本书可作为水文水资源、水利水电工程、农田水利、环境工程、环境科学、地理科学、给水排水工程等专业的本科生和研究生教材,也可供从事水利、环保、地理、地质、管理及有关专业的科技工作者及管理人员参考。

目 录

前 言

第一篇 绪 论

第一章 水资源现状与问题	3
第一节 世界水资源与问题	3
第二节 我国水资源与问题	4
第三节 水资源问题危及社会发展	7
第二章 水资源规划与管理概述	9
第一节 水资源规划的概念与原则	9
第二节 水资源管理的概念与原则	11
第三节 现行水资源规划与管理面临的挑战	13
第三章 可持续发展与水资源	16
第一节 关于可持续发展	16
第二节 水资源与可持续发展	19
第三节 可持续水资源管理概述	22

第二篇 水资源规划与管理的基础

第四章 水循环与水资源量	29
第一节 自然界的水循环与水量平衡	29
第二节 水资源量组成	32
第三节 耗水机理研究	35
第四节 生态用水量计算	47
第五章 社会经济系统发展预测	56
第一节 社会经济发展与水资源的关系	56
第二节 社会经济系统变化主要指标	58
第三节 社会经济系统变化预测方法	60
第四节 社会发展规划	66
第五节 经济发展规划	68
第六节 社会经济发展用水量预测	69
第六章 水量—水质—生态耦合模拟	72
第一节 研究意义	72
第二节 MBM 建模原理与思路	73
第三节 MBM 建模步骤	73
第四节 应用举例	80

第七章 水资源系统优化技术与理论	84
第一节 水资源系统方法	84
第二节 水资源系统分析的特点与步骤	86
第三节 水资源系统分析的数学方法	88
第四节 优化技术在水资源优化配置中的应用	103
第八章 区域可持续发展的量化研究方法	104
第一节 社会—经济—资源—环境的协调问题	104
第二节 可持续发展的量化准则与量化指标	105
第三节 可持续发展的量化方法	108
第四节 水资源承载能力的概念及计算模型	114

第三篇 水资源规划

第九章 水资源规划工作流程及要求	123
第一节 工作流程与主要内容	123
第二节 面向可持续发展的水资源规划指导思想	124
第三节 规划成果要求	126
第十章 水资源评价与水资源开发利用现状分析	128
第一节 水资源评价	128
第二节 水资源开发利用现状分析	138
第十一章 水资源可持续利用优化配置模型及应用	141
第一节 水资源优化配置的概念及面向可持续发展的意义	141
第二节 水资源可持续利用优化配置模型	143
第三节 应用实例——乌鲁木齐区域水资源优化配置研究	147
第十二章 水资源规划对策制定	153
第一节 水资源规划方案比选	153
第二节 规划内容之一：社会发展规模	154
第三节 规划内容之二：经济结构调整与发展速度	155
第四节 规划内容之三：水资源配置方案	156
第五节 规划内容之四：生态环境规划与水资源保护	156

第四篇 水资源管理

第十三章 水资源管理工作流程及内容	161
第一节 工作流程	161
第二节 水资源管理目标	162
第三节 水资源管理内容	162
第十四章 可持续水资源管理理论及应用	165
第一节 可持续水资源管理量化研究的关键问题	165

第二节	可持续水资源管理量化准则及量化指标体系·····	166
第三节	可持续水资源管理量化研究的基础·····	174
第四节	可持续水资源管理量化研究方法·····	177
第五节	应用实例——博斯腾湖流域可持续水资源管理研究·····	179
第十五章	水资源管理措施 ·····	189
第一节	措施之一：管理体制与公众参与·····	189
第二节	措施之二：经济运行机制·····	191
第三节	措施之三：水资源管理方案及实时调度·····	194
第十六章	水资源管理信息系统 ·····	196
第一节	水资源管理信息系统建设的必要性·····	196
第二节	水资源管理信息系统建设的目标及原则·····	197
第三节	水资源管理信息系统的结构及主要功能·····	198
第四节	实例介绍·····	199
第十七章	“3S”技术在水资源规划与管理中的应用 ·····	204
第一节	“3S”技术概述·····	204
第二节	基于 DEM 的分布式水文模型·····	207
第三节	基于“3S”技术的生态环境调查及生态用水量计算·····	215
第四节	基于“3S”技术的跨流域调水选线系统分析·····	217
第五节	基于“3S”技术的水资源管理决策支持系统·····	220
附录：	我国现行与水资源规划管理有关的主要法规和条例·····	223
参考文献	·····	225

第一篇 绪 论

第一章 水资源现状与问题

第二章 水资源规划与管理概述

第三章 可持续发展与水资源

- 水，是生命之源，是人类赖以生存的不可缺少的一种宝贵资源，又是自然环境的重要组成部分，是可持续发展的基础条件。
- 联合国在 1997 年《对世界淡水资源的全面评价》报告中指出：“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。”
- 2002 年 8 月 28 日，在南非约翰内斯堡举行的可持续发展世界首脑会议上，全体与会代表一致通过将“水危机”列为未来 10 年人类面临的最严重的挑战之一。
- 面向可持续发展的水资源规划与管理是区域可持续发展与水资源合理配置的基本要求。

第一章

水资源现状与问题

水，是生命之源，是人类赖以生存和发展的不可缺少的一种宝贵资源，又是自然环境的重要组成部分，是可持续发展的基础条件。

随着人口与经济的增长，水资源的需求量不断增加，水环境又不断恶化，水资源短缺已经成为全球性问题。联合国在 1997 年《对世界淡水资源的全面评价》报告中指出：“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。”

21 世纪，世界将面临的三大水问题，即洪涝灾害、干旱缺水、水环境恶化，已经威胁到人类生活水平的提高、社会的稳定和经济的发展。

第一节 世界水资源与问题

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%。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）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%。就是在陆面这样有限的水体也并不是全是淡水，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，现有技术条件很难利用。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%。

从表面上看，地球上的水量是非常丰富的。但是，可被人类所利用的水量却极其有限，大约仅占地球总储存水量的 0.77%。按照“水资源”的定义，通常把可被人类所利用的淡水资源称为水资源。也就是说，世界上水量丰富但水资源总量极其有限。

水资源在时空分布上也有很大差异。巴西、俄罗斯、中国、加拿大、美国、印尼、印度、哥伦比亚和扎伊尔等 9 个国家就占去了水资源总量的 60%。在中东、南非等地区水资源贫乏。在时间分配上，降水主要集中于少数丰水月份，而长时间的枯水期是少雨或无降水。无论是空间上还是时间上，水资源分配不均都给水资源利用带来了不便。

干旱缺水，是当今和未来一个世纪主要水问题之一。一方面，由于自然的原因，如水资源本身的时空分布不均匀，导致的某些地区十分干旱，如南非、中东地区以及中国的西北干旱地区等。一方面，由于社会的发展对水的需求不断增加，导致“水资源需大于供”，造成供需矛盾；另一方面，由于水源被污染，出现“水质型缺水”，加剧了水资源短缺的矛盾。

洪涝灾害，是某些地区又一大水问题。在世界上许多地区或某一地区其他时期干旱缺

水的同时,在世界的另一些地区或其他时候,又出现因突发的降水过多而形成的洪涝灾害。由于全球气候变化加上人类活动的加剧,导致世界上洪涝灾害频繁发生,强度也在增加,洪水类型也多种多样。河流洪水是一种基本形式,每年都有造成洪涝灾害的报道。突发洪水也是一种常见洪涝灾害形式。另外,随着都市化的迅速发展,城市洪灾问题将成为某些地区社会经济发展的潜在威胁。

水环境恶化,是又一大水问题。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 的污水排入江河海湖,污染了 5500km^3 的淡水,约占全球径流总量的 14% 以上。并且随着社会的发展,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失去了利用的价值,造成“水质型缺水”,加剧了水资源短缺的矛盾。

针对世界存在的水问题,一方面,需要加强水资源科学问题的研究,为科学解决水问题提供理论依据;一方面,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;一方面,需要加强面向可持续发展的水资源规划与管理的力度,确保水资源规划全面、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。

第二节 我国水资源与问题

一、我国水资源在世界水资源中的地位

我国地域辽阔,国土面积 960万 km^2 ,地处欧亚大陆东南部,濒临太平洋,地形西高东低,境内山脉、丘陵、盆地、平原相互交错,构成众多江河湖泊。据统计,流域面积在 10000km^2 以上的河流就有 97 条;面积在 1km^2 以上的湖泊约有 2300 个,总面积约为 71787km^2 ,约占全国总面积的 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的影响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可获得充足的水汽补充,降水量丰沛,成为世界上水资源相对比较丰富的国家之一。

地表水资源量通常用地表水的动态水量,即河川径流量来表示。据统计,我国年平均河川径流量为 2720km^3 ,折合年径流深为 284mm 。地表水资源总量仅次于巴西、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 730km^3 。由于地表水与地下水的相互转化,扣除重复计算部分,我国水资源总量大约为 2812km^3 。

我国水资源总量较大,但人均占有量、平均降水深度却较小。据计算,我国多年平均降水量约为 6190km^3 ,折合降水深度为 648mm ,与全球陆地降水深 800mm 相比约低 20%。我国人均占有径流量约为 2350m^3 ,仅相当于世界人均占有量的 $1/4$,美国人均占有量的 $1/6$ 。这些统计数据均说明,从总量上看,我国水资源还相对比较丰富,属于丰水国。但我国的人口基数和面积基数大,人均和单位面积上的水资源量均较小。如果按照这

—参数比较,我国仍属于贫水国。

二、我国水资源的特点

我国广阔的地域和特殊的地形、地貌、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,但它需要养育的人口众多,面积辽阔,导致人均和单位面积上的水资源量均较小,人均水资源量居世界第85位,仍属于世界上的贫水国之一。这是我国水资源的基本情况。

从这一情况来看,我国水资源短缺问题严重,必须厉行节约用水,合理分配水资源,加大水资源管理力度,以保证水资源可持续利用。

2. 水资源地区分布不均匀

由于我国所处的地理位置和特殊的地形、地貌、气候条件,导致水资源丰枯地区差异比较大,总体状况是南多北少,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 4180 m^3 ,约为全国平均值的1.6倍;亩均占有水资源量为 4130 m^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。

在现阶段,我国政府已经建设或正在规划中的跨区域、跨流域调水工程,就是针对水土资源不相匹配这一矛盾采取的工程措施。

3. 水资源时间分布不均匀

我国水资源分布不均,不仅表现在地域分布上,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变化幅度都很大,这主要是受我国所处的区域气候的影响。

我国大部分地区受季风影响明显,降水量年内分配不均匀,年际变化大,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,而在用水量相对较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影响。

针对这一现状,我国也采取了一些必要措施,如兴建调节水库、地表水与地下水联合调度、区域水资源合理分配等。

三、我国水资源开发利用现状

新中国成立以来,为了大力开发利用水资源,我国已建成水库 8 万多座,其中大型水库 300 余座,供水水利设施的实际供水量近 500 km^3 , 约占全国平均水资源总量的 17%, 其中地表水占 86%, 地下水占 14%。

我国的年用水量与我国的水资源总量在世界上所占的位置基本类似,居世界前列。遗憾的是,人均水资源量和人均用水量均较低,目前我国人均每年利用水量约为 400 m^3 , 不足世界人均用水量的 $1/3$, 相当于美国的 20%, 日本的 57%。

在我国的用水结构中,农业用水占 88% 左右,工业占 10% 左右,城市生活占 2% 左右。与世界上先进国家相比,工业和城市生活用水所占的比例较低,农业用水占的比例过大,总的用水水平较低。随着工业化、城市化的发展,科学技术水平的提高以及用水结构的调整和水资源规划与管理的加强,我国的用水水平会有较大改善。

四、我国面临的水资源问题

我国地处中纬度,受气候条件、地理环境及人为因素的影响,成为一个洪涝灾害频繁、水资源短缺、生态环境脆弱的国家。新中国成立后,水利建设工作取得了很大进展。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 。但在很多地区,水的问题仍旧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。

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 年代以来,我国几大江河已发生了 5 次比较大的洪水,损失近 9000 亿元。特别是 1998 年发生的长江、嫩江和松花江流域的特大洪水,充分暴露了我国江河堤防薄弱、湖泊调蓄能力降低等问题。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。农业、工业以及城市都普遍存在缺水问题。20 世纪 70 年代全国农田年均受旱面积 1.7 亿亩,到 90 年代增加到 4 亿亩。农村还有 3000 多万人饮水困难,全国 600 多个城市中,有 400 多个供水不足。干旱缺水已成为我国经济社会尤其是农业稳定发展的主要制约因素之一。

三是水生态环境恶化。近几年,我国水体水质总体上呈恶化趋势。1980 年全国污水排放量为 310 多亿 t,1997 年为 584 亿 t。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不同程度的污染。目前,全国水蚀、风蚀等土壤侵蚀面积 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,黄河进入 20 世纪 90 年代,多年断流,年均达 107 天。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问题,严重影响了水环境。

随着人口增加和经济社会发展,我国水的问题将更加突出。仅从水资源的供需来看,在充分考虑节约用水的前提下,2010 年全国总需水量将达 6400 亿~6700 亿 km^2 ; 2030 年人口开始进入高峰期,将达到 16 亿人,需水量将达 8000 亿 km^2 左右,需要在现有供

水能力的基础上新增 2400 亿 km^2 。保护开发利用水资源的任务十分艰巨。

形成我国水问题严峻形势的根源,总体来看,主要有两个方面:

一是自然因素,与气候条件的变化和水资源的时空分布不均有关。在季风作用下,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 600mm,长江流域及以南地区,年降水量均在 1000mm 以上,最高超过 2000mm。气候变化对我国水资源年际变化产生很大影响,从长期气候变化来看,在近 500 年中,中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,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,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的迅猛增加。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,而且更加剧了水资源的供需矛盾。突出表现以下几方面:

(1) 流域缺乏统一管理,上下游用水配置不合理,造成水资源的消退。如西北内陆区塔里木河已经缩短了约 180km 的流程。黄河严重断流,经专家们最后会诊,主要原因还是人类活动的影响。

(2) 地表、地下水缺乏联合调度,过度开采地下水,造成地下水资源枯竭。

(3) 水价不合理,水资源浪费严重。以农业用水为例,目前农业用水占全国总用水量的 80% 以上,北方农业用水则高达 86.7%。但农业灌溉用水浪费现象最为严重,在一些地区仍采用漫灌、串灌等十分落后的灌溉方式,渠系水利用系数较低,只有 0.5~0.6 左右。灌溉定额高,亩均毛用水量在 600m^3 以上。工业上用水重复利用率平均只有 30%~40%,而日本、美国则在 75% 以上。

(4) 废水大量排放,使得生态环境恶化,水资源污染型短缺。如南方长江三角洲和珠江三角洲的一些缺水地区。

(5) 人类的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。一方面使河道冲沙用水量增加,另一方面使一部分本可以成为资源的水,却以洪水的形式宣泄入海。这样极大降低了可用水资源的数量。

第三节 水资源问题危及社会发展

中国乃至整个世界的水资源供需矛盾将随着人口与经济的增长进一步加剧,正如联合国在 1997 年《对世界淡水资源的全面评价》报告中指出的:“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。”水资源短缺、水质污染、洪涝灾害等水问题严重威胁了社会经济发展,主要表现在以下几个方面:

(1) 水资源危机导致生态环境的恶化。水不仅是社会经济发展不可替代的重要资源,同时也是生态环境系统不可缺少的要素。随着社会经济的发展,水资源的需求量越来越大,为了取得足够的水资源供给社会,人们过度开发水资源,争夺生态用水量,结果导致一系列的生态环境问题的出现。例如,我国西北干旱、半干旱地区水资源天然不足,为了