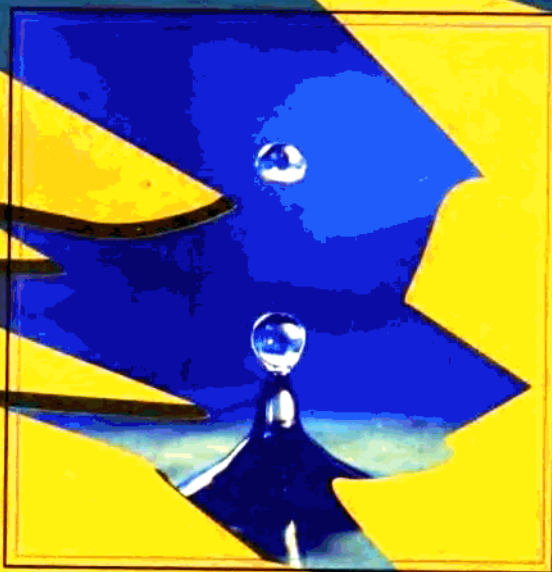


中国农业水危机 对策研究

沈振荣 苏人琼 主编



213

中国农业科技出版社

《中国农业水危机对策研究》

编辑委员会

主 编：沈振荣 苏人琼

委 员：叶志华 吴 伟 李原园 裴源生

内 容 提 要

本书是一部研究中国农业水危机及其对策的综合性论文集。全书共分三大部分：第一部分为中国农业水危机的形成与发展背景，主要论述中国水资源态势，中国农业发展与水，农业用水安全与灌溉面积发展所面临的重大问题等。第二部分为中国农业水危机战略对策研究，包括中国粮食问题及灌溉发展对策，农业高效用水发展战略与策略的研究，灌区水管理机制改革探讨，污水资源化，黄淮海流域缺水对策探讨等。第三部分为中国农业水危机的工程技术对策研究，主要论述水利、农业高效用水，土壤水高效利用以及人工增雨、集雨灌溉、水土保持等方面的工程与技术对策措施。

本书可供从事水利、农业、社会、经济、生态环境等方面有关人士及科技工作者和大专院校师生参考。

前 言

现在,世界上约有80个国家、40%的人口面临缺水问题。联合国专家预言,水将成为全世界最紧迫的自然资源问题,30亿人口的亚洲如果不立即采取行动保护水资源,水资源危机将难以控制,……。

中国是世界上最缺水的国家之一,人均水资源占有量为世界平均的1/4,是世界十三个贫水国家之一。在全国640座城市中,缺水城市达300多座,严重缺水的为114座。在5万多个乡镇中也大约有一半缺水。全国可发展灌溉的土地面积为9~10亿亩。由于水利条件限制,目前全国有效灌溉面积只达到7.6亿亩,其中实灌面积仅6亿多亩。近10多年来,由于缺水许多地区生态环境质量急剧下降,全国约有50多个城市地下水超采引起了地面沉降或地层塌陷,沉降面积小则一、二百平方公里,大则上万平方公里;各沉降中心的累计最大沉降量小则几十厘米、大则2~3米。同时并发的生态环境问题还有海水入侵,河流断流和海水倒灌,湖泊干枯或萎缩,干旱地区的地下水位下降导致自然植被死亡和土地沙化;河流、湖泊、水库水质恶化,……。

据初步预测,在充分考虑科技进步、节约用水和高效用水的前提下,中国2010年、2030年和2050年的总需水量仍将分别达到6190亿立方米(农业取水约占65%)、7210亿立方米(农业取水约占55%)和8130亿立方米(农业取水约占49%)。目前,已考虑的供水工程包括现有供水工程和规划的南水北调东线、中线、小西线工程,引额济乌、引松济长、引江济淮等一批新增引水、蓄水工程的供水能力,充其量只能达7000亿立方米左右。也就是说,从2020年~2050年期间,全国大约1000亿立方米的需水量尚无具体着落。同时,还应解决一定数量的生态环境用水。如果没有特别的措施,工业和城镇生活用水量的迅速增长必将进一步大量挤占农业用水。可见,中国农业潜在供水危机必将比现状更加严峻。

中国是一个世界灌溉大国,约70%以上的粮食、80%以上的棉花和90%以上的蔬菜都产自于灌溉土地上。灌溉供水对中国粮食、棉花和蔬菜等安全生产具有举足轻重的影响。所以,认真研究中国农业潜在水危机及其对策,对于中国农业可持续发展至关重要。

本书是由中国农业科学院科技管理局、中国水利水电科学研究院水资源研究所组织编写的,并得到了原国家科委农村司指导。出版这本书的动机是,试图让所有关心中国水问题和农业水危机的人士尤其是青年一代能对中国水资源态势、农业水危机严峻形势的发展及其对策有一个历史的、全面的、系统的了解,以增进理论联系实际、独立思考的兴趣,更深入地研究分析存在的问题,并参与为解决中国农业水危机问题贡献力量。如果本书能对同行尤其对青年朋友们在这种努力中多少有所裨益,就算编著者没有白费功夫,也就等于我们的辛勤劳动得到了报偿。

由于本书的内容和性质所决定,多数文章采取了理论联系实际,以实际为主,注重运用统计资料,让数据说话。也就是说,采取了历史分析、统计分析和实证分析相结合的写法,把研究分析对象置于所发生和存在的一定背景之下,加以考察和研究。

本书中各篇论文均由作者独立编写,每篇论文都是一个单独专题,相互之间可能存在一些内容上的关联和交叉在所难免。有些问题尚处于探讨的初步阶段,故文章中采用的同类指标数据或者某些观点可能不完全一致,有待百家争鸣和进一步深入研究。

由于编者水平有限,时间短促,加以消化不够充分,难免会有错误,敬请诸位批评指正。

编 著 者

1998年8月

本书由国家“九五”科技攻关计划“96-013-01-04 农业资源高效利用中新技术应用前景和技术对策研究”专题资助出版。

目 录

前 言

水资源态势·农业水危机

中国水资源态势分析与预测·····	王 浩 杨小柳 (3)
中国农业可持续发展对水资源的依赖性 ·····	苏人琼 (39)
中国农业用水安全与灌溉面积发展将面临的十大挑战 ·····	沈振荣 李原园 裴源生 (48)
中国水土资源利用与粮食生产前景分析·····	陈敏建 贺伟程 (78)

战略对策研究

21 世纪中国农业水危机对策的重大研究课题 ·····	陈远生 (89)
加强中国农业高效用水发展战略与策略的研究 ·····	沈振荣 杨小柳 裴源生 (97)
黄淮海流域农业缺水对策途径的研究 ·····	沈振荣 于福亮 汪 林 (118)
中国粮食问题及灌溉发展对策·····	李原园 裴源生 秦大庸 于福亮 (133)
推进城镇污水资源化·····	王德荣 罗远培 (142)
灌区可持续发展所存在的问题和对策 ·····	裴源生 (155)
大力推进灌区水管理机制改革·····	沈振荣 王 浩 (170)

工程技术对策研究

高效利用水资源的灌溉技术 ·····	李英能 (185)
高效利用水资源的综合农业技术 ·····	甘吉生 白占国 汪德水 (205)
农业集水工程与利用技术·····	王秀茹 王礼先 (222)
用好土壤水 ·····	沈振荣 汪 林 于福亮 (235)
积极开发人工增雨技术 ·····	张纪淮 (243)
加强水土保持与防护林体系建设 改善生态环境·····	张洪江 王礼先 (252)

RESEARCH ON COUNTERMEASURES TO WATER SHORTAGE
FOR AGRICULTURE IN CHINA

CONTENTS

Introduction

DYNAMIC TENDENCY OF WATER RESOURCES AND
WATER SHORTAGE IN AGRICULTURE

Analysis and Prospects of the Dynamic Tendency of Water Resources in China	Wang Hao and Yang Xiaoliu (3)
Dependence of Sustainable Development of Agriculture in China on Water	Su Renqiong (39)
Ten Crucial Challenges to Water Security for Agricultural Use and the Expansion of Irrigation Area in China	
..... Shen Zhenrong, Li Yuanyuan and Pei Yuansheng	(48)
Prospects for Land and Water Resource Use and Food Production in China	Chen Minjian and He Weicheng (78)

RESEARCHES ON STRATEGY AND POLICY

Important Issues to Deal with Water Shortage for Agriculture in China in the 21 st Century	Chen Yuansheng (89)
Enhancement of Research on Strategy and Tactics for Development of High Efficient Use of Water in China's Agriculture	
..... Shen Zhenrong, Yang Xiaoliu and Pei Yuansheng	(97)
Research on Approaches to Water shortage for Agriculture Use in Huang-Huai-Hai Plain	Shen Zhenrong, Yu Fuliang and Wang Lin (118)
Food Problems in China and the Countermeasures for Irrigation Development	
..... Li Yuanyuan, Pei Yuansheng, Qin Dayong and Yu Fuliang	(133)
Acceleration of Recycling Urban Residential Wastewater for Agricultural Use	Wang Derong and Luo Yuanpei (142)

Problems and Their Countermeasures for Sustainable Development of Irrigated Regions	Pei Yuansheng (155)
Accelerating the Reform on Water Management Mechanisms in Irrigation Areas	Shen Zhenrong and Wang Hao (170)

RESEARCH ON ENGINEERING AND TECHNOLOGICAL COUNTERMEASURES

Irrigation Techniques for High Efficient Use of Water Resources	Li Yingneng (185)
Comprehensive Agricultural Measures with High Efficient Water Use	Gan Jisheng, Bai Zhanguo and Wang Deshui (205)
Rain-Collecting Projects and Their Water Use Techniques	Wang Xiuru and Wang Lixian (222)
Efficient Use of Soil Water	Shen Zhenrong, Wang lin and Yu Fuliang (235)
Development for Artificial Techniques to Increase Rainfall	Zhang Jihuai (243)
Construction of Protective Forest Systems to Reserve Water and Soil for Improving Ecological Environment	Zhang Hongjiang and Wang Lixian (252)

水资源态势·农业水危机

中国水资源态势分析与预测

王 浩 杨小柳

(中国水利水电科学研究院水资源研究所)

1997年1月,联合国发布的《世界水资源综合评估报告》指出,水问题将严重制约21世纪全球的经济与社会发展,并可能导致国家间的冲突。制定和探讨21世纪的水问题战略,已是世纪之交有关各国政府和国际组织的重点议题之一。发达的经济和社会必须要有高效率和可持续的水资源支撑条件,这在当今世界已成为共识。由于水在一切生命过程中的不可替代性和水资源对人类社会极端重要的基础地位,决定了水资源状况及其发展态势是一个国家综合国力的重要组成部分,水资源开发、利用与保护的程度标志着一个国家经济和社会的发展水平,而水资源供需失衡将会导致一个国家社会经济的动荡。作为水资源并不丰富的最大发展中国家,我国的水资源问题就显得更为重要和紧迫^[1]。

有鉴于此,本文从论述水资源与国家可持续发展的关系入手,分析了我国水资源的基本特点和面向可持续发展的水资源合理配置诸要素;讨论了中国水资源供需现状及存在的主要问题;预测了从现状起到21世纪中叶的水资源供需态势;并针对今后发展过程中带有全局性和根本性的水问题提出了政策建议。

一、水资源与可持续发展

随着人类的进步与发展,对水的需求量不断增加,尤其是第二次世界大战以后,世界经济发展突飞猛进,用水量急剧增加。全世界用水量1900年为5 790亿立方米,1950年达到13 600亿立方米,50年中增加了2.3倍多;到1980年更增至33 200亿立方米,是1900年的5.7倍。在1900~1980年的80年中,农业用水增加了近3.4倍,而工业用水增加了19.6倍。农业和工业用水量分别占总用水量的69%和21%左右。同期城市生活用水也增加了12.4倍,占总用水量的6%。新中国成立以后,随着社会经济的高速发展,用水量也大幅度增加。1949年全国总用水仅1 031亿立方米,而1979年达到4 767亿立方米,增长了4.6倍。其中,农业用水量增加了4倍,占总用水量的88%,工业用水量增加了近22倍,占总用水量的11%,城市生活用水量增加了8.2倍,占总水量的1%。1993年全国河道外供水总量已达到5 224亿立方米。目前我国北方和沿海地区已出现不同程度的水源短缺和水质遭受污染的严重局面,可用水供应不足已成为社会经济持续发展的重要制约因素。

（一）中国水资源的基本特点^[2,3,4]

1. 水资源总量与人均水资源量

水资源总量由地表水资源和地下水资源组成，即为河流、冰川、湖泊等地表水体与地下水体中参加水循环的动态水资源量的总和。

根据水利部于1986年完成的全国水资源调查评价成果，我国平均年径流总量为27 115亿立方米，年均地下水资源量为8 288亿立方米，扣除重复计算量，我国的多年平均水资源总量为28 124亿立方米。河川径流是水资源的主要组成部分，占我国水资源总量的94.4%。全国平均年降水总量为61 889亿立方米，降水量的45%转化为地表水和地下水资源，55%消耗于蒸、散发。

我国幅员辽阔、人口众多，以占世界陆地面积的7%的土地养育着占世界22%的人口。水资源按耕地面积与人口数平均，每亩耕地占有径流量为28 320立方米，仅为世界平均值的80%。目前我国人口已超过12.4亿，平均每人占有的径流量仅为2 215立方米，比世界平均值的1/4还低，约相当美国每人平均占有量的1/6，原苏联的1/8，巴西的1/19，加拿大的1/58。年径流量仅及我国1/5的日本，每人平均占有的径流量却是我国的2倍。按人口和耕地平均拥有的水资源量还相当紧缺，因此水资源是我国十分珍贵的自然资源。

2. 水资源时空分布

水资源年际年内变化很大。最大与最小年径流的比值，长江以南的中等河流在5以下，北方河流多在10以上。径流量的逐年变化存在明显的丰平枯水年交替出现及连续数年为丰水段或枯水段的现象，径流年际变化大与连续丰枯水段的出现，使我国经常发生旱、涝及连旱、连涝现象，对生产及人民生活极为不利，加重了水资源调节利用的困难。

径流年内分配也很不均匀。连续最大4个月径流量占年径流的比例，长江以南及云贵高原以东的地区为60%左右，多出现于4~7月；长江以北为80%以上，海河平原高达90%，多出现于6~9月；西南地区为60%~70%，出现于6~9月或7~10月。一年内短期集中的径流往往造成洪水，华南及东北地区的河流春季会出现桃汛或春汛，大多数河流为夏汛或伏汛。受台风影响，东南沿海、岛屿及台湾东部河流会出现秋汛。我国北方大多数河流春季径流量少，与灌溉作物春季大量需水形成矛盾。

从我国水资源的地区分布看，北方水资源贫乏，南方水资源相对丰富，南北相差悬殊。长江及其以南地区的流域面积占全国总面积的36.5%，却拥有占全国80.9%的水资源总量，西北地区面积占全国的三分之一，拥有的水资源量仅占全国的4.6%。按面积平均，北方各大流域的水资源量均低于全国平均水平。如海滦河片仅为全国平均值的1/2；黄河片还不到全国平均值的1/3。据水利部水资源调查评价估算，我国各省、自治区和直辖市的水资源量，最多的是西藏、四川、云南和广西等省区，每年拥有的水资源量均在1 800亿立方米以上，宁夏、天津、上海、北京、山西、河北、甘肃等省市区，每年拥有的水资源量均在280亿立方米以下，其中宁夏最低，年当地水资源量仅为11.6亿立方米。

3. 水资源分布与生产力布局

从水资源与人口的组合情况看，长江流域以北的北方片人口占全国总人口的2/5强，但水资源占有量不足全国总量的1/5；南方片人口占全国的3/5，而水资源量为全国的4/5。北

方片人均水资源占有量为 1 127 立方米,仅为南方片人均量的 1/3。在全国人均水资源量不足 1 000 立方米的 10 个省区中,北方片占了 8 个,而且主要集中在华北地区;在全国人均水资源量超过 2 000 立方米的 13 个省区中,南方片占了 10 个,而北方片只有 3 个;人均水资源量在 1 000~2000 立方米的 6 个省区中,南、北两片各占 3 个。

在南、北两片,北方地区海滦河片、淮河及山东半岛片人口稠密,其人口占全国的 26% 强,但水资源量还不到全国的 6%,人均水量仅为 449 立方米,为目前全国缺水最严重的地区之一;南方地区的云、贵、川、藏、桂五省区人口不足全国的 20%,而水资源量却占全国的 46%,人均水资源占有量高达 5 722 立方米,是华北地区的 10 倍。各流域片和各省区的人口与水资源组合状况差异性很大。

从水资源与耕地的组合条件看,北方地区耕地面积占全国耕地总面积的 3/5,而水资源总量仅占全国的 1/5;相反,南方地区耕地面积占全国的 2/5,而水资源量却占全国的 4/5。南方地区耕地每公顷水资源占有量为 28 695 立方米,而北方地区只有 9 465 立方米,前者是后者的 3 倍。在全国耕地每公顷水资源占有量不足 15 000 立方米的 15 个省区中,北方地区占了 13 个。耕地每公顷水资源占有量超过 30 000 立方米的 11 个省区中,北方地区仅有 1 个,耕地每公顷水资源占有量为 15 000~30 000 立方米的有 3 个省区,北方地区占了 1 个。

此外,我国有 1 333 多万公顷可耕后备荒地,主要集中在北方片的东北和西北地区,其开垦条件主要受当地水资源的制约,取水难度大,投入高,必须注意水土资源合理配置的研究。从水资源与矿产资源的组合条件看,我国矿产资源现已查明的潜在价值约 5.73 万亿元,其中北方片约占 59%,每 100 亿元拥有水量为 16 立方米,而南方片约占 41%,每 100 亿元拥有水量 94 立方米,后者是前者的 5.8 倍。华北地区和西南地区每 100 亿元的矿产资源潜在价值拥有水量分别为 7 立方米与 70 立方米,前者只及后者的 1/10。在各省区中具有丰富煤炭资源的山西、宁夏,每 100 亿元的矿产资源潜在价值拥有的水量几乎是西藏的 1%。

从水资源与水能资源可开发利用量的关系看,其组合条件也很不平衡。受我国西高东低地形的总体条件限制,长江片占全国的 53%,西南诸河片占全国的 26%,黄河片与珠江片各约占全国的 6%。若按传统的行政大区划分,则西南地区的水能可开发量为全国的 68%,中南地区为 16%,西北地为 10%。

(二) 发展进程中的水资源基础地位

水资源在经济发展与社会进步中的重要基础地位主要体现在人口、粮食、生态环境、经济增长、水市场与水工业、国有资产控制力、国民经济价格体系等重要方面。

1. 人口增长与城市化进程

我国是人口大国,但人均水资源占有量在世界各国 1995 年排名中仅列第 121 位。据预测,2000 年时我国人口将接近 13 亿,2040 年时将达到 15.5 亿左右。一方面人均水资源占有量随人口增加在不断下降,另一方面人口的增加也直接导致了生活需水量的增加,以及扩大生产相应的需水增加。

由于我国的具体国情和特定的发展阶段,在人口增加的同时城镇化水平也将大幅度提

高,以适应就业、节约土地及能源、提高广大农村的教育与医疗卫生水平的需要。我国的城镇化率目前为 28% 左右,至 2010 年将达到 40% 左右,至 2050 年将达到 60% 左右。城镇化进程意味着人口的大量迁移与集中,从而加剧了局部地区高强度需水与水资源天然分布不相适应的矛盾。

2. 粮食生产与农业发展

作为人口众多的农业大国,农业生产的发展对于确保我国社会经济的长期持续发展具有决定性意义。由于我国天然降水时空变化大,耕地比较集中的东部与中部湿润半湿润地区的降水不能完全满足农作物生产的需要,要补充进行灌溉;而我国北方广大干旱半干旱地区则基本属于灌溉农业区。目前全国的农业灌溉水量占全国总供水量的 73.4% 左右,若计入农村生活用水 238 亿立方米,则农村用水比例高达 81.7%。

由于气候条件限制,我国平均生产每公斤粮食要补充 1.23 立方米的水,而加拿大、原苏联和美国生产同样多的粮食,仅需分别补充 0.07 立方米到 0.93 立方米的水,我国的灌溉补水量是上述国家灌溉补水量的 1.3~17.6 倍。据水利部门调查,我国灌溉农田的水稻亩产平均在 486 公斤左右,灌溉旱地作物的平均亩产在 300 公斤左右,而非灌溉农田的平均亩产仅为 140 公斤左右。灌溉事业的发展极大地改善了我国的农业生产条件,在不足耕地总面积 1/2 的灌溉面积上提供了全国 65% 的粮食,60% 的经济作物和 80% 的蔬菜。面临今后的人口与粮食问题的挑战,增加灌溉面积、提高灌溉用水效率及保证率是至关重要的。

3. 生态环境保护与治理

与水有关的生态环境问题主要有六大方面:河湖萎缩、森林草原退化、土地沙化、水土流失、灌区次生盐渍化、地表地下水体污染。由于人口密度大,水资源利用程度高,地下水位下降,造成了局部地区森林草地资源的劣变;大规模河道外用水导致了河流下游河长缩短、内陆河尾间湖泊水面面积缩小以致消失,华北地区很多河流已成为季节性河流;植被退化导致了水土流失,不当的灌溉方式加重了次生盐渍化,造成了大量的国民经济损失。而对生态环境的恢复与保护也需要考虑相当数量的生态环境用水,因此在经济发展和生态环境保护之间的用水竞争性加大。

随着今后用水量不断增加,污水水排放量也会相应增加。由于资金和运行机制等原因,污水处理能力的增加相对滞后,形成大范围的水体污染,进而导致有效水资源量的减少。加大污水处理与回用的力度,不仅能提高水质等级,同时也能增加水的有效供给量。水资源保护与水环境治理是区域可持续发展的有机组成部分。

4. 经济增长

我国是发展中国家,在今后相当长时期内经济总量的增长意味着需水总量的相应增加。据历史资料及分析,目前及今后相当长时期内国内生产总值增长对水资源增长的弹性系数为 0.12~0.20 左右,即 GDP 每增长 5~8 倍,需水总量的增长为 1 倍。经济增长导致需水增长,从而要求扩大供水能力;供水能力扩大要求投资增加;水投资总量和结构的变化要影响到其它经济部门的生产能力,进而又影响到长期的需水变化。

供水及水资源综合利用为国家重要基础产业,缺水会导致巨大的国民经济损失。据分析,目前农业缺水每立方米要损失粮食 0.85 公斤左右,工业缺水每立方米要损失产值 30~10 元左右,相应损失 GDP 10~15 元左右。因此,经济增长与水资源开发利用之间有十分密

切的关系。

5. 水市场与水工业

作为国民经济的基础产业,与水资源开发、利用、保护有关的各环节本身就构成了巨大的市场和产业部门。以城镇与工业供水为例,1993年向城镇生活供原水237亿立方米,向工业供原水906亿立方米;预计至2010年城镇生活及工业需水将新增674亿立方米左右,年均增加量为40亿立方米。与此相应的水制备设备、供水与排水管线、量水仪器仪表、水质分析与检测仪表、污水处理及回用成套设备等均会形成很大的制造部门。与此相应,生活节水设施、中水利用设施、工业节水设施和农业节水灌溉设备等也会形成世界上最大的需求市场。这一市场的发育不仅会强化经济发展的水资源保障体系,其相关产业本身的发展也会对GDP的持续增长作出很大贡献。

6. 国有资产控制力

根据我国宪法,水资源与其它自然资源一样,属于国家所有。至1993年,国有固定资产总值在46000亿元左右,水利固定资产在3000亿元左右,占国家固定资产的6.5%。然而,由于现行水价的严重不合理,导致了在宏观层次上的国有资产巨额流失,在部门层次上的经营管理困难,以及在用户层次上的损失浪费严重。目前,我国自来水供排水总成本(仅计及直接成本)平均在每立方米1元左右,而供水平均水价却在0.5元左右,据此计算自来水水价损失额每年在380亿元左右;农业供水的直接成本在平均每方0.20元左右,而平均水费仅为0.07元左右,灌溉供水水价的实际损失每年在440亿左右。加上其它项流失,每年水费减少收入近900亿元。

由于水资源的重要基础产业地位和资源国有性质,加之其建设周期长、市场需求稳定和投资非常集中的特点,这一部门今后国有资产应保持绝对控制力是明智的。如何在今后的市场经济形态中一方面加强国有资产的控制力,一方面拓宽投资建设渠道以加快发展步伐,是资源环境部门如何为增强综合国力作出更大贡献的重大课题。

7. 水价与国民经济价格体系

由于水在生活与生产过程中无所不在,故水价与国民经济价格体系有紧密的联系。水价提高有利于资源的开发、利用与保护,有利于节水,有利于基本国力的整体提高,但同时也有一个承受能力问题。因此,在研究水资源合理配置的经济机制和市场机制的同时,也应注意到水价调整对通货膨胀的影响、对居民家庭支出结构的影响和对工业制成品成本结构的影响。特别是,农业灌溉水价的调整影响更为广泛,是一个迫切需要着手研究的全局性问题。

(三) 面向可持续发展的水资源合理配置

水资源合理配置是指:依据可持续发展的需要,通过工程与非工程措施,调节水资源的天然时空分布;开源与节流并重,开发利用与保护治理并重,兼顾当前利益与长远利益,处理好经济发展、生态保护、环境治理和资源开发的相互关系;利用系统方法、决策理论和计算机技术,统一地调配地表水、地下水、处理后可回用的污水(回用水)、从区域外调入的水(外调水)及微咸水;注重兴利与除弊的结合,协调好各地区及各用水部门间的利益矛盾,尽可能地提高区域整体的用水效率,促进水资源的可持续利用和区域的可持续发展。

展。

1. 水资源合理配置的基础

水资源合理配置的客观基础,是“经济—环境—社会—资源—生态”复杂巨系统中宏观经济系统、水资源系统和环境生态系统在其运动发展过程中的相互依存与相互制约的定量关系。这一关系集中体现在用水竞争性和投资竞争性上。由于水资源量不足、水质达不到用水标准或工程供水能力不足等原因所导致的在用水目的上、时间上和地域上的冲突形成了用水竞争。由于用水竞争的存在,引起了水在国民经济发展与生态环境保护之间的合理分配问题,同时在国民经济各部门和各地区之间也要解决水资源的合理分配问题。用水竞争要通过工程和非工程措施来解决,各类工程与非工程措施均要求投资,由此又引起了投资竞争的问题。由于存在着多种解决用水竞争和投资竞争的途径,不同的解决方案对区域发展模式和水资源开发利用保护治理模式具有不同的影响,因此需要对水资源进行优化配置。

水资源优化配置要通过优化配置系统来实现。水资源优化配置系统由硬件和软件两方面的元件组成。硬件包括水源工程、供水网络、用水设施、排水网络和污水处理回用设施等五类工程;软件包括合理的开发规模与建设次序、优化调度策略、经济机制、行政机制和法律机制等五类措施。通过这些工程与非工程措施,将在不同地区、不同时段、具有不同来水规律与水质的各类水源统一调配与处理,形成在指定地区、指定时段内具有一定保证率 and 水质标准的有效供水,以最大程度地提高水资源的整体利用效率和综合利用效益。

2. 水资源合理配置的主要任务

水资源优化配置是针对水资源短缺和用水竞争性而提出的,其实施则通过水资源优化配置系统来实现。优化配置主要研究以下内容。

①经济部门间的投入产出关系和部门用水效率,促进节水型经济和节水型社会的建设。

②经济发展过程中速度和结构的变化,预测其水资源需求、电力需求和粮食需求,以便为合理安排城市生活与工业供水、水力发电、灌溉用水等提供依据。

③各经济部门在生产过程中各类污染物的排放率及排放总量,预测河流水体中各主要污染物的浓度及水质,为水环境保护和治理提供依据。

④水资源短缺地区由于缺水造成的国民经济损失和水的影子价格,为水利工程经济评价和水价价格的合理制定提供依据。

⑤地表水、地下水、回用水和外调水的统一调配,为确定区域水资源承载能力提供科学依据。

⑥水资源开发利用的不同方式对区域经济、环境、社会诸方面的不同影响,并在此基础上对区域水资源规划的总体目标进行识别。

⑦各类水工程的可能开发方案,包括各规划工程的合理规模及建设次序。

⑧在不同的水工程开发模式和区域经济发展模式下进行水资源供需平衡分析,确定各水工程的供水范围、可供水量和供水效益,以及各用水单位的供水量、供水保证率、供水水源构成、缺水量、缺水过程及缺水破坏深度分布等情况。

⑨在不同的水资源开发模式和区域经济发展模式下进行水电站群优化补偿调节和电力系统的容量电量平衡,确定合理的水电开发方式及装机容量参数,并对相应的水库水电站

运行方式及正常水位、死水位等重要工程参数提出合理范围。

⑩在不同的水资源开发模式和区域经济发展模式下进行灌溉面积、种植结构和灌溉制度,提出农业生产函数,并在此基础上分析灌溉供水效益。

⑪在不同的水资源保护治理模式和区域经济发展模式下进行污水排放率、处理率、处理级别和回用率、回用对象,提出污水回用量及污水处理回用费用的估计。

⑫利用多目标群决策方法产生符合区域可持续发展目标的水资源优化配置的备选综合方案,供各地区决策者进行挑选,在定量的基础上进行各地区协商对话,以选出能够共同接受的总体配置方案。

⑬利用多目标群决策方法及其各有关数学模型,分析水资源优化配置方案中的各类基本平衡关系,如水量的需求与供给、污水量的产生与处理回用、污染物质的产生与去除、水工程投资的来源与分配等等,以及在上述关系保持动态平衡的条件下不同发展模式在目标间的竞争关系。

⑭水工程的国民经济评价和财务评价,对供水价格体系、既定水价格体系下的工程投资及从宏观经济、业主单位和普通受益者角度考察其利益分配情况及总收益的大小。

⑮水资源优化配置方案的区域长期经济与社会发展、环境情况等作出预测及评价。

⑯在经济发展过程中的不确定性和水文风险等对优化配置方案实施的影响,并提出对策措施。

⑰按优化配置方案的最可能情况提出相应的资金流程及方案实施次序。

⑱建立相应的支持系统,以便用数据库和模型支持当地人员进行滚动规划及跟踪管理,不断修正数据以适应情况的发展,从根本上提高规划管理水平。

二、中国水资源现状^[5,6]

根据国家计委和水利部联合进行的全国水中长期供求计划调查数据汇总,1993年全国总人口11.73亿,其中市镇人口2.82亿,占总人口的24%,比1980年提高了8个百分点。全国耕地面积14.5亿亩,有效灌溉面积7.48亿亩,粮食总产量4.56亿吨,全国人均占有耕地1.24亩,人均占有有效灌溉面积0.64亩,人均粮食占有量389公斤。1993年全国工业总产值4.78万亿元(1990年不变价格,下同),农业总产值1.57万亿元,国内生产总值(GDP)为2.7万亿元。按可比价格与1980年相比,工业总产值年均增长率为14.98%,农业总产值年均增长率为4.51%,国内生产总值年增长率为9.53%。

(一) 供水情况

1. 供水总量

从供水工程口径统计,1993年实际供水总量为5224亿立方米,其中,地表水供水量为4211亿立方米,占总供水量的80.7%;较大江河间的跨流域调水量为100亿立方米,占1.9%;地下水供水量为864亿立方米,占16.5%;污水再生利用和其他供水量为49亿立方米,占0.9%。1993年全国实际供水总量比1980年增加792亿立方米,年均增长量为61亿立方米,年均增长率为1.27%。其中北方增加288亿立方米,占36.4%;南方增加504