

中国水利教育协会 组织



全国水利行业“十三五”规划教材（职工培训）

# 区域水资源开发 利用与保护

主编 刘华平  
主审 黄泽钧 董必胜



中国水利水电出版社  
[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)

中国水利教育协会 组织



全国水利行业“十三五”规划教材（职工培训）

# 区域水资源开发 利用与保护

主编 刘华平

主审 黄泽钧 董必胜

常州大学图书馆  
藏书章



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

·北京·

## 内 容 提 要

本书针对区域水资源开发利用与保护的要求,结合近年来水资源利用与保护的科研成果和新的技术标准规范要求,全面介绍了水资源开发利用与保护的理论与方法。全书主要内容包括区域水资源调查与开发利用调查评价、区域水资源估算、水环境管理与评价、区域水资源供需分析、区域水资源承载能力、区域水资源优化配置和区域水资源管理规划与保护等。

本书可作为高等职业院校水利工程专业、水文水资源专业教材,也可作为水利行业培训教材,还可供相关专业人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

区域水资源开发利用与保护 / 刘华平主编. — 北京:  
中国水利水电出版社, 2017.6  
全国水利行业“十三五”规划教材. 职工培训  
ISBN 978-7-5170-5495-5

I. ①区… II. ①刘… III. ①区域资源—水资源开发—职工培训—教材②区域资源—水资源利用—职工培训—教材③区域资源—水资源保护—职工培训—教材 IV.  
①TV213

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第135414号

书 名	全国水利行业“十三五”规划教材(职工培训) <b>区域水资源开发利用与保护</b> QUYU SHUIZIYUAN KAIFA LIYONG YU BAOHU
作 者	主编 刘华平 主审 黄泽钧 董必胜
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 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	北京市密东印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 15印张 356千字
版 次	2017年6月第1版 2017年6月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	<b>38.00元</b>

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

水是基础性的自然资源，也是战略性的经济资源。随着社会经济快速发展和城市化进程的加快，各类用水不断增加，水资源的供需矛盾日益突出。如何合理开发和有效保护水资源、加强水资源的统一管理，促进水资源的优化配置、节约、保护和管理，为社会经济可持续发展提供支撑，是当前和今后一段时期内亟待解决的问题。

“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”是习近平总书记提出的新时期治水思路。要落实好习总书记的治水新思路，必须要对水资源进行合理开发、高效利用、综合治理、优化配置、全面节约、有效保护。基于此，本书在对区域水资源调查与评价的基础上，针对水资源开发利用现状，考虑区域社会经济发展需求，根据区域水资源承载能力，提出区域水资源优化配置方案，为社会经济可持续发展提供支撑。

本书编写分工如下：第一章由湖南水利水电职业技术学院刘华平、王勇泽编写，第二章、第四章由北京水利水电学校张喆编写，第三章由辽宁水利水电职业技术学院崔岫编写，第五章由湖北水利水电职业技术学院黄泽钧编写，第六章由辽宁水利职业技术学院张贺编写，第七章、第八章由山东水利职业技术学院杜守建、刘汝泉编写。

全书由刘华平、王勇泽、顾春慧统稿，刘华平任主编，杜守建、崔岫任副主编，由湖北水利水电职业技术学院黄泽钧、湖南省水利水电勘测设计研究院董必胜教授级高级工程师任主审，湖南省水利水电科学研究院盛东博士、湖南省水利厅水资源处彭鹏飞副处长、湖南水利水电勘测设计研究院李建坤教授级高级工程师、卓志宇高级工程师对本书的编写给予了大力支持和指导，在此表示衷心的感谢。

区域水资源开发利用与保护具有广泛的社会实践性，并随着社会经济的变化而发展，也正是这一特点增加了教材编写的难度，加之编者水平有限，书中错误在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

2017年1月

# 目 录

前言	
第一章 绪论	1
第一节 区域水资源开发利用的相关概念	1
第二节 水资源的特性	2
第三节 我国水资源开发与利用的发展过程	4
第四节 水资源开发利用过程中的问题和对策	6
第五节 水资源的节约与保护	9
复习思考题	10
第二章 区域水资源调查与开发利用调查评价	11
第一节 水资源调查评价	11
第二节 区域水资源开发利用现状调查与分析	18
第三节 水资源评价	23
第四节 温岭市水资源调查评价案例	27
复习思考题	37
第三章 区域水资源估算	38
第一节 区域水循环和水平衡	38
第二节 区域水资源量计算工作内容	40
第三节 河川径流量计算	41
第四节 地下水资源量计算	46
第五节 区域水资源量的估算	56
第六节 入境与出境水量的计算	60
第七节 水资源量估算实例	61
复习思考题	64
第四章 水环境管理与评价	65
第一节 水功能区与纳污能力	65
第二节 水污染物入河量调查与估算	76
第三节 规划水平年污染物控制量与削减量	77
第四节 水质模型计算纳污能力的方法	78
第五节 水源的水质特点	82
第六节 水环境标准体系	83

# 目 录

复习思考题 .....	100
<b>第五章 区域水资源供需分析</b> .....	101
第一节 需水预测 .....	101
第二节 供水预测 .....	114
第三节 水资源供需分析 .....	120
第四节 水资源供需分析实例 .....	124
复习思考题 .....	133
<b>第六章 区域水资源承载能力</b> .....	134
第一节 水资源承载能力的概念、内涵和目标 .....	134
第二节 区域水资源承载能力计算模型 .....	139
第三节 区域水资源可持续发展能力测评 .....	148
复习思考题 .....	154
<b>第七章 区域水资源优化配置</b> .....	155
第一节 水资源配置概述 .....	155
第二节 水资源优化配置指导思想 .....	162
第三节 水资源优化配置理论 .....	166
第四节 水资源优化配置的原则与方法 .....	173
第五节 区域水资源优化配置模型 .....	178
第六节 区域水资源优化配置实例 .....	185
复习思考题 .....	191
<b>第八章 区域水资源管理规划与保护</b> .....	192
第一节 水资源管理概述 .....	192
第二节 最严格水资源管理制度 .....	201
第三节 水资源规划 .....	209
第四节 水资源保护 .....	217
第五节 节约用水 .....	221
复习思考题 .....	230
<b>参考文献</b> .....	231

# 第一章 绪 论

## 第一节 区域水资源开发利用的相关概念

### 一、水资源的基本含义

水资源 (water resources) 的概念随着时代的进步, 其内涵也在不断地丰富和发展。水资源可以理解为人类长期生存、生活和生产活动中所需要的各种水, 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。

广义上的水资源是指在一定的经济技术条件下能够直接或间接使用的各种水和水中物质, 在社会生活和生产中具有使用价值和经济价值的水都可称为水资源。

广义上的水资源强调了水资源的经济、社会和技术属性, 突出了社会、经济、技术发展水平对于水资源开发利用的制约与促进。在当今的经济技术发展水平下, 进一步扩大了水资源的范畴, 原本造成环境污染的量大面广的工业和生活污水构成水资源的重要组成部分, 弥补水资源的短缺, 从根本上解决长期困扰国民经济发展的水资源短缺问题; 在突出水资源实用价值的同时, 强调水资源的经济价值, 利用市场理论与经济杠杆调配水资源的开发与利用, 实现经济、社会与环境效益的统一。

鉴于水资源的固有属性, 本书所论述的“水资源”主要限于狭义水资源的范围, 即与人类生活和生产活动、社会进步息息相关的淡水资源。

### 二、水资源开发利用率

水资源开发利用率是指流域或区域用水量占水资源总量的比率, 体现的是水资源开发利用的程度。国际上一般认为, 对一条河流的开发利用不能超过其水资源量的 40%, 目前, 黄河、海河、淮河水资源开发利用率都超过 50%, 其中海河更是高达 95%, 均超过国际公认的 40% 的合理限度。

从水资源规划利用的角度来看, 水资源开发利用率是指供水能力 (或保证率) 为 75% 时可供水量与多年平均水资源总量的比值, 是表征水资源开发利用程度的一项指标。水利部、水利水电规划设计总院关于“水资源综合规划名词解释”中与此相近的有: ①地表水资源开发率是指地表水源供水量占地表水资源量的百分比; ②水资源利用消耗率是指用水消耗量占水资源总量的百分比。

从水资源利用统计分析计算的角度来看, 水资源利用率 的计算更多是采用实际耗水量与总的水资源量之比, 体现的是水资源量被耗用即消耗利用的程度, 与上述水资源开发利用率的差异在于, 前者是水量被利用程度, 后者是水量被消耗程度。水资源开发利用程度



是指一定区域内水资源被人类开发和利用的状况，一般用被开发量与水资源量的比值表示。

### 三、可利用水资源

可利用水资源是指在技术上可行、经济上合理的情况下，通过工程措施能进行调节利用且有一定保证率的那部分水资源量，它比天然水资源数量要少，其地表水资源部分仅包括蓄水工程控制的水量和引水工程引用的水量；地下水资源中仅是技术上可行，而又不造成地下水位持续下降的可开采水量；二者之和即为可利用的水资源量。估算远景可利用水资源则必须与流域规划的工程措施结合起来考虑。随着不同生产部门不同的供水要求和保证率的提高，可利用水资源量将迅速减少。可用水资源量排除了人类无法控制或不应利用的那部分水量（如洪水和保护河流环境所必需的人海水量等），因而更符合实际，从而对水资源开发利用的实践价值更大，应重点加以研究。

### 四、可供水资源

可供水资源是指在某一水平年指定供水保证率下，现有和拟建水利工程可能为用户提供的水资源。

### 五、地下水资源动储量

地下水资源动储量是指潜水资源含水层多年平均最高水位与最低水位之间的地下水储量。

### 六、地下水资源静储量

地下水资源静储量是指潜水资源含水层多年平均最低潜水位以下的地下水储量。

## 第二节 水资源的特性

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、化学的和生物的作用过程，在改造自然的同时也不断地改造自身的物理化学与生物学特性，由此表现出水作为自然资源所独有的性质特征，即自然属性和社会属性。

### 一、利、害两重性

水的可供开发利用和可能引起灾害的特性，决定了水资源在经济上的两重性，经济上的两重性是由于降水和径流的地区分布和时程分配不均匀所造成的。自然界的水在环境中的作用对于人类的生存条件而言，一方面造成有利于人类生存的环境，例如为人类提供休养生息的条件，是人类生存和发展所不可缺的；而另一方面水有时又会带给人类自然灾害的困扰，如洪、涝、旱灾害，水致疾病传播等。当人类科学技术发展到一定水平后，人类逐渐学会通过工程和其他措施来改造水环境，使之向有利于人类生活和生产的方向转化，





但也在一些问题上由于认识上的不够全面，违背了自然规律，出现事与愿违的结果，例如水资源开发利用不当也会引起人为灾害，如垮坝事故、次生盐碱化、水质污染、环境恶化等。水资源的综合开发和合理利用，应达到兴利除害的双重目的。

## 二、不可替代性

水对人类，对生命，是生存和发展不可或缺的物质，也是不可替代的。其他资源，如石油、矿产等，可以有别的替代产品，但水是不可替代的。若地球上没有水，地球就会像太阳系中的其他行星一样，成为没有生命的星球，人类也就失去了生存和发展的基础。此外，水是环境的重要因素，是维持一切生命活动不可替代的物质，不仅为人类生活所必需、为生物圈所必需，也为人类的生产活动和维持人类赖以生存的环境所不可或缺。水的用途具有广泛性和不可代替性，主要表现在水资源既是生活资料又是生产资料，在国计民生中的用途相当广泛，各行各业都离不开水。用水户分为两大类：一类是耗损性用水，如农业、工业、生活用水等，需要消耗或污染大量的水；另一类是非耗损性用水，如水电、水运、水产用水等，要求保持一定的水位和流量，但消耗水量很小。水是一切生物的命脉，它在维持生命和组成环境所需方面是不可代替的。人可三日无食，不可一日无水；有水才有人，有人必需水。随着人口的增长，人民生活水平的提高，以及工农业生产的发展，用水量不断增加是必然趋势，水资源问题已成为当今世界普遍重视的社会性问题。

## 三、可再生性

水资源可再生，主要通过全球水文循环而来。大气中的水分来自海洋蒸发，经过大气输送、冷凝，随降水至地面，经汇流，从河流汇入海洋，如此周而复始，年复一年地演变，其动力是太阳能。正因为如此，水资源不像在地质历史时期形成的矿产资源，总量一定，而且越开采越少，水资源可以经过水循环再生、恢复，能得到永续利用。但尽管水资源是可再生的，人类的开发利用活动常影响天然的水文循环过程和规律，致使水资源在局部地区和部分时段出现衰退现象。由于水的循环性，水成为可更新的资源，地表水和地下水被开发利用后，可以得到大气降水的补给；但是每年的补给水量是有限的，为了保护自然环境和维持生态平衡，一般不宜动用地表、地下储存的静态水量，故多年平均利用量不能超过多年平均补给量。循环过程的无限性和补给水量的有限性，决定了水资源在一定数量限度内开发利用才是安全的。

## 四、稀缺性

水是稀缺的，尽管水资源是可再生的，而且地球上 $2/3$ 的面积覆盖着水，但淡水资源量十分有限，只占全球总水量的 $2.53\%$ ，人类便于利用的淡水只占全球总水量的 $0.007\%$ 。因此，相对于人类无限的需求来讲，水资源是稀缺的。水资源的稀缺性主要表现在水资源的供需矛盾上：随着工农业生产的发展，人类对水资源的需求量越来越大，导致了天然水资源在时空供给上和人类利用的不匹配，出现供需矛盾，人类进而进一步开发利用水资源，如此周而复始，形成一个螺旋式上升的过程，但某一区域的可利用水资源量最终是有限的，因此水资源的稀缺是必然存在的，我国的年水资源总量为 $28124$ 亿 $m^3$ ，



居世界第 6 位,但人均和单位耕地面积平均占有量分别为全世界平均值的 25%和 76%,相当低。特别是我国的西北和华北地区,水资源稀少,工农业生产集中,水资源紧缺已成为区域社会经济发展的主要制约因素之一。据水利部门统计,在 20 世纪末,我国 600 多座城市中,缺水城市为 400 多座,其中严重缺水的 100 多座,年均缺水量 58 亿  $\text{m}^3$  以上。可见,水资源对我国是一种相对较稀缺的资源。

## 五、水文的随机性和流动性

水资源的演变受水文随机规律的影响,年、月之间的水量均发生变化,有丰水年、枯水年、平水年之分,有连丰、连枯情况,有丰水期和枯水期之分,而且这种变化是随机的,它只符合统计规律。水资源的流动性是指在重力作用下,水总是自高而低、自上而下流动,而且最终汇入海洋。人类开发利用水资源的目的是使水资源的时空变化能满足自己的使用要求。但为了保护生态环境等功能,河道总要保持一定的基流,为了鱼类洄游和输沙等要求,必须保持一定的入海流量,因此人类可开发利用的水资源量总是有限的。在这种情况下,水文随机性和水流动性的存在,将使丰水期洪水泛滥,水虽多但无法利用;而在枯水期水资源又显得异常宝贵。从这点看,对人类的利用来讲,通过水利工程调蓄丰枯,能大大增加水资源的使用价值。

水资源在地区分布上不均匀,年际、年内变化很大,给水资源的开发、利用带来了许多困难。为了满足各地区各部门的用水要求,必须修建蓄水、引水、提水、调水工程,对天然水资源进行时空再分配。由于兴修各种水利工程要受自然、技术、经济条件的限制,只能控制利用水资源的一部分,而由于排盐、排沙、排污以及生态平衡的需要,应保持一定的入海水量,故欲将一个流域的产水量用尽耗光,既不可能,也不应该。

## 六、利用的多样性

水资源开发的整体性和利用的综合性,这是由于在一个流域中地表水体之间的相互连通,地表水、地下水和土壤水之间相互转化,气态水、液态水和固态水之间相互变化的特性所决定的。对某一区域来讲,水资源系统是一个完整的体系,水资源的开发利用应以区域水资源的整体作为规划和开发利用单元进行,而且工程的建设也应考虑水资源系统的整体性。但从利用角度,水资源又是综合的和多功能的,水资源开发利用往往是城乡及工矿企业供水、防洪、除涝、水土保持、航运、养殖、观光、水力发电、农田灌溉、水环境保护等功能的综合,而且有时各种功能混合在一起。这就要求水资源项目规划和设计时,既要考虑区域内水资源的总体状况,又要兼顾各部门及各种利用方式间的差异,只有这样才能实现区域水资源的合理开发利用。这种区域水资源利用功能的综合性和差异,也决定不同地域水资源价值和价格的不同。

## 第三节 我国水资源开发与利用的发展过程

我国水资源开发利用历史悠久。从上古时代起,我国劳动人民就致力于水旱灾害的防御,几千年来,建设了大运河、都江堰、灵渠等一批著名的水资源利用工程,在抵御水旱



灾害方面发挥了一定作用。但是到了19世纪,由于帝国主义列强入侵以及连年战争,近代水利处于停滞状态。直到1930年前后,中国才有一些近代水利工程。但是由于国民党反动统治及日本侵略,已有的水利设施年久失修、破烂不堪。1949年中华人民共和国成立后,在中国共产党的领导下,全国人民进行了大规模的水利建设,水资源事业得到迅速发展,防洪除涝、农田灌溉、城乡供水、水土保持、水产养殖、水力发电、航运等都取得了很大成就。

中国的水资源开发利用发展过程大致可分为三个不同的发展阶段。

### 1. 水资源开发利用的初期阶段

这个阶段的主要特点是,对水资源进行单目标开发,主要是灌溉、航运、防洪等。其决策的依据也常限于某一地区或局部的直接利益,很少进行以整条河流或整个流域为目标的开发利用规划。由于在初期阶段中,水资源可利用量远大于社会经济发展对水的需求量,给人们的印象是水是“取之不尽、用之不竭”的。这一阶段大致可从有文字记载的大禹治水开始,到新中国成立。虽然中国历史上在水资源开发利用中取得不少成就,但到1949年,全国的水利工程寥寥无几,且残缺不全。据统计,当时全国江河堤防和沿海海塘总长只有4.2万km,且破残不堪,防洪标准很低;全国超过1亿 $m^3$ 容量的大型水库只有6座(包括中朝界河上的水丰水电站),容积0.1亿~1.0亿 $m^3$ 的中型水库也只有17座(其中有两座是20世纪50年代续建完成的),灌溉面积1600万 $hm^2$ (2.4亿亩),且保证程度不高;用于防洪的工程设施很少,水电设施更少,水土流失严重,不少土地盐碱化、沙化。

### 2. 水资源开发利用的第二阶段

水资源的开发利用目标由单一目标发展到多目标的综合利用,开始强调水资源统一规划、兴利除害、综合利用。在技术方法方面,通过规划与一定数量的方案比较,来确定流域或区域的开发方式、提出工程措施的实施程序。但水资源的开发的侧重点和规划目标以及评价方法,大多以区域经济的需求为前提,以工程或方案的技术经济指标最优为依据,未涉及经济以外的其他方面,如节约用水、水资源保护、生态环境、合理配置等问题。在第二阶段中,由于大规模的水资源开发利用工程建设,可利用水资源量与社会经济发展的各项用水逐步趋于平衡,或天然水体环境容量与排水的污染负荷逐渐趋于平衡,个别地区在枯水年份,枯水期出现供需不平衡的缺水现象。这一阶段可从新中国成立开始,到20世纪70年代末我国北方一些地区开始出现缺水现象。在这期间,中国进行了大规模的水资源开发治理,水资源开发利用程度提高,供水能力增加,农田灌溉面积扩大,为我国经济和社会快速发展提供了保障。

据统计,1949年全国总供水量1031亿 $m^3$ ,其中农业供水1001亿 $m^3$ ,工业和城市供水仅30亿 $m^3$ ,人均用水量187 $m^3$ ;到1959年全国总供水量1938亿 $m^3$ ,农业供水占94.6%,工业和城市供水占5.4%,人均用水量316 $m^3$ ;到了1980年全国总供水量3912亿 $m^3$ ,农业供水占88%,工业和城市供水占12%,人均用水量450 $m^3$ 。在此期间,全国灌溉面积由1949年的2.4亿亩,增加到6.7亿亩,解决了4000万人和2100万头牲畜饮水困难;全国水电装机容量由1949年的16万kW,发展到2100万kW,其中小水电装机容量为757万kW;内河通航里程由1949年的7.36万km,至1978年已发展到13.6万km。



在此阶段,我国的水污染防治工作也开始进行,1973年,全国进行了以工业点源为重点的水污染治理工作,先后在全国建了4万多套工业废污水处理装置。以后又进行了以城市为重点的区域环境综合治理,水污染治理范围从分散的工矿企业点源扩展到几十至几百平方千米的区域治理,水污染防治工作取得了一定的成效。

### 3. 水资源开发利用的第三阶段

在水资源开发利用中开始强调要与水土资源规划和国民经济生产力布局及产业结构的调整等紧密结合,进行统一的管理和可持续的开发利用。规划目标要求从宏观上,统筹考虑社会、经济、环境等各个方面的因素,使水资源开发、保护和管理有机结合,使水资源与人口、经济、环境协调发展,通过合理开发,区域调配,节约利用,有效保护,实现水资源总供给与总需求的基本平衡。这一阶段可从20世纪70年代末、80年代初开始,直到现在。在此阶段中,由于人口的迅速增长和经济的快速发展,对水资源的需求量越来越大,或者因水污染的影响,表现出较为普遍的缺水现象,尤其在华北地区和部分沿海城市,随着人口增加和经济发展,水资源紧缺现象日趋严重,并出现愈来愈严重的水环境问题,如水污染、地下水超采、海水入侵等。这一阶段中,水的问题日益引起人们的广泛关注,水的资源意识,水的有限性认识为大家所接受。为解决以城市为重点的严重缺水问题,重点兴建了一批供水骨干工程,开展了全民节水工作,使一些城市水资源供需矛盾有所缓解。

在此阶段,中国的水污染防治工作得到相应的发展。特别是通过淮河、太湖等严重污染的教训,在水污染治理工作中认识到,水污染的防治工作必须兼顾上下游、左右岸、干支流,要以流域为单元进行流域的综合防治,贯彻“节污水之流(减少污染负荷)、开清水之源(增加河流的稀释自净能力)”的治理污染的原则。在管理上采取流域与区域相结合,团结治水、共同治污。同时,充分利用水利工程设施,合理调度,提高水体的自净能力。从1976年起逐步成立了以流域为单元的流域水资源保护机构,并制定了流域水污染防治条例和有关的法规。在综合治理水污染方面,遵循“谁造成污染,谁承担责任”的原则,并把水污染综合防治作为流域总体开发规划的组成部分,纳入社会经济发展规划。重点保护饮用水水源,改善水质,实行计划用水,节约用水的方针。根据河流、湖泊、水库的不同功能要求和水质标准,制定流域水资源保护规划,并组织实施。同时积极发展生态农业,防治水土流失,控制面源污染,改善生态环境。

## 第四节 水资源开发利用过程中的问题和对策

### 一、水资源开发利用过程中的问题

#### (一) 水资源开发过度,生态破坏严重

人口的增加,经济的发展,工农业生产与城市生活对水资源的需求逐年在增加。据对1949—2005年我国用水分析,1949—1979年急剧增长,由1030亿 $m^3$ 增至4408亿 $m^3$ ,增加了3倍多;1980—2005年增长速度相对缓慢,2005年用水量为5633亿 $m^3$ 。为了满足我国水资源需求,必将加大水资源开发力度,水资源过度开发,无疑会导致生态环境的进一步恶化。通常认为,当径流量利用率超过20%时就会对水环境产生很大影响,超过



50%时则会产生严重影响。目前,我国水资源开发利用率已达19%,接近世界平均水平的三倍,个别地区更高。地下水的开发利用也达到相当程度。过度开采地下水会引起地面沉降、海水入侵、海水倒灌等一系列环境问题。在目前地下水资源开发条件下,全国已经出现区域性地下漏斗56个,地层沉陷的城市达50余座,其中北京的沉降面积达800km<sup>2</sup>,环渤海平原区由于海水倒灌影响面积已达12.4万hm<sup>2</sup>。

## (二) 城市供水集中,供需矛盾尖锐

在城市地区,工业和人口相对集中,供水地点及范围有限,常年持续供水,同时要求供水保证率高。随着城市和工业的迅猛发展,大中城市供需矛盾日趋尖锐。中国600多座城市中,缺水城市就达300多座,其中严重缺水城市100多座主要集中在北方,高峰季节只能满足需水量的65%~70%,全国城市日缺水量达1600余万m<sup>3</sup>。因缺水,工业经济损失估计高达2300多亿元。造成水资源短缺的直接原因包括:

(1) 水资源分布与人口、土地分布的极不平衡。

(2) 工农业发展迅速,人口成倍增长,人类对水的需求量超出可供的水资源量。从20世纪60年代到80年代,全球水资源用量增长一倍以上。1949—1993年,我国总用水量以每10年增加1000亿m<sup>3</sup>的规模递增。这种对水资源需求的增长与中国有限的水资源量之间形成尖锐矛盾。

(3) 天然存在的劣质水体,以及水资源污染所造成的污染水体所占水资源的比例较高,造成严重的“水质型”缺水。

(4) 水资源开发利用不合理,水资源利用效率低下,水浪费现象十分普遍,在不发达或欠发达地区尤为如此。

## (三) 水资源污染严重、水环境日益恶化

由于部分污废水未经处理就排入地表水体,造成城市河道水质恶化,纳污河流黑臭问题突出。近年来,随着乡镇企业的急速发展以及农业施用化肥的大量增加,除城市附近的点污染外,农业区面源污染日趋严重。据不完全统计,我国有机氯农药86.23万t,有机磷农药24.26万t,平均使用10.8kg/hm<sup>2</sup>。灌水与降水等淋溶作用造成地下水大面积农药与化肥污染。另外,我国有污水灌溉农田近133万hm<sup>2</sup>,其中以城市为中心形成的污灌区就有30多个,在农作物生长季节的污灌量相当于全国污水排放总量的20%。污水灌溉对于缓和水资源紧张、扩大农业肥源和净化城市污水方面起了积极作用,但农灌污水大部分未经处理,约有70%~80%的污水不符合农灌水质要求,而且多属于生活污水和工业废水的混合水,其成分复杂,含有大量有毒有害的有机物和重金属。每年由于污水灌溉渗漏的大量污水,直接造成地下水污染,使污灌区75%左右的地下水遭受污染。

此外,乡镇企业生活污水和工业废水的大量排放,构成了我国水体的另一个重要污染源。大多乡镇企业生产工业比较落后,规模小、发展快、数量多、分散且排污量大,浪费资源严重,污水处理设施很不完善,造成局部水域严重污染。

## (四) 水资源开发利用缺乏统筹规划和有效管理

目前,对地下水与地表水、上游与下游、城市工业用水与农业灌溉用水、城市和工业规划布局及水资源条件等尚缺乏合理综合规划。地下水开发利用的监督管理工作薄弱,地下水和地质环境监测系统不健全。



上述分析表明,目前制约我国水资源开发利用的关键问题是水资源短缺、供需矛盾突出、水污染严重,其主要原因是管理不善,造成水质恶化速度加快。统计表明,近60%~70%的水资源短缺与水污染有关。“水质型”缺水问题严重困扰着水资源的充分有效利用。因此,水资源利用与保护的关键在于水资源数量与质量的正确评价,供需平衡的合理分析,水资源开发利用工程的合理布局,节水技术与措施的有效实施,实现防止、控制和治理水污染,缓解水资源短缺的压力,实现水资源的有效保护、持续利用和良性循环。

## 二、现状水资源开发利用策略

水资源合理开发利用是人类可持续发展概念在水资源问题上的体现,是在兼顾社会经济需水要求和环境保护的同时,充分有效地开发利用水资源,并能使这种活动得以持续进行。2011年中央一号文件明确提出,实行最严格的水资源管理制度,相应地划定用水总量、用水效率和水功能区限制纳污“三条红线”。“三条红线”,一是确立水资源开发利用控制红线,严格实行用水总量控制,到2020年,全国年总用水量控制在6700亿 $\text{m}^3$ 以内;二是确立用水效率控制红线,坚决遏制用水浪费,到2020年,万元国内生产总值和万元工业增加值用水量明显降低,农田灌溉水有效利用系数提高到0.55以上;三是确立水功能区限制纳污红线,严控排污总量,到2020年,主要江河湖泊水功能区水质明显改善,城镇供水水源地水质全面达标。

### (一) 加强水资源的科学管理

水资源的开发利用应尽可能满足社会经济发展的需要。各种开发利用方案的制订应紧密结合经济规划,不仅应与现时的需水结构、用水结构相协调,而且应为今后的发展和需水、用水结构的调整保留一定的余地。此外,在整个开采规划中,既要保证宏观层次用水目标的实现,又要尽可能照顾到各低层次的局部用水权益。无论是公共水资源或是其他水资源问题的解决,政府都应该发挥积极的作用,这样才能最终解决有关水资源问题。另外,管理方式上也不能过分地集中,须有投资者参加。为此,必须采取以下措施:在全局上,成立全国水资源管理机构,制定统一政策,对水资源实施全国统一管理和调度;在局部上,加强以各江河流域、省、市、县为单元进行水资源保护机构建设,并赋予其一定的权限,负责本流域水土保持、水体污染防治;在服务形式上,把水的分配服务责任部分下放给地方政府,并把一些职能转交给私人、财政自主实体和水用户组织等集团,国家可以较低费用去完成高质量的服务。这样,在全国通过加强全国水资源开发、利用和保护的工作,逐步形成中央与地方,江河流域与地方,上游、中游与下游之间分工明确、责任到位、统一有序、管理和谐的水资源管理体制。

### (二) 增加和平衡水的供给

为解决水资源的供给问题,水资源比较紧缺的国家都很重视水资源的开发利用和优化配置。20世纪以来各国修建了大量拦水、蓄水工程以控制地表径流,解决水资源供给季节分布不均问题。为解决地区性缺水,还修建了大量的饮水工程,同时世界各国都非常重视地下水的合理开发利用,为了保证地下水的持续利用,一些国家在抽取地下水的同时,还对地下水资源进行回补。对于较大范围的区域性缺水,很多国家通过区域之间水资源的调配解决水的短缺问题,是解决水资源分布不均衡问题的重要手段之一。



### (三) 保护水资源环境

规模化的水资源开发利用是对天然水资源系统结构的调整,是水量、水质在空间上重新分配的过程。这一过程会使环境发生变化,特别是地下水位的变化往往可能引发地面沉降、海水入侵、土壤盐渍化和生态退化等问题。因此,水资源的开发利用不仅要注意水量的科学分配、水质的保护,也要密切注意因水位的变化而带来的不良环境问题。对一些环境脆弱地区,尤其要注意对水位加以控制。为了防止水环境周边地区居民生活垃圾污染水体,防止污泥的淤积,保护水环境主体,必须采取有效措施防止水环境被污染与毁坏。常见的措施是可根据水环境取水的不同用途,制定相应的保护法规,划分保护区的范围,明确保护区内允许及禁止的活动;对水环境的进水点、供水点以及水环境本身都应布置监测站网,加强监测,以便及时掌握情况,发现问题,提出对策;发挥森林所具有的水源保护功能,维护适合流域特性的森林的成长,在水库、湖泊周边地区进行造林绿化,并在周边地区以外的一定距离设防护林带。

### (四) 实施节约用水,提高用水效率

提高用水效率就是提高单位水资源所获得的效益。我国的水资源开发利用率较高,但是水资源利用效率比较低下,如我国的农业长期以来采用粗放型灌溉方式,导致宝贵的水资源浪费十分严重。节水是很多国家特别是水资源紧缺国家提高用水效率的一项战略性措施。工农业生产用水和城市生活用水,生态用水等各个领域都推广了一大批先进适用的节水技术,取得了显著成效。

### (五) 按市场规律调整水价

水价问题,长期以来由于政府按照福利事业管理模式来管理水价,水费只是象征性地征收一点,不讲经济效益;水利建设投资也是由国家财政拨款解决,致使我国现行水价偏低。利用市场和价格两个杠杆来改变水在诸竞争用户间的分配,许多国家已经改变了水是自由的、不计价的、可更新资源的概念,认识到了它的经济价值和日益短缺的情况,正在改变政策,强调合理的定价和管理。尽管改革调整水价、提高水资源费和污水处理费标准,会给居民增加一定的负担,给企事业单位增加一些支出,但从长远的观点看,它能有效地增强人们的节水意识,有利于调动企事业单位兴建节水设施的积极性,遏制城市由于地下水超采而产生的局部下沉,减少水污染,使水资源得到更加充分的利用,发挥出更大的价值,使清水长流,造福子孙后代。

### (六) 科学地对废水进行处理

我国大多数城市的污水处理率太低,加上我国水资源在时空分布上极不平衡,因此除了不断寻找新水源外,将污水作为可利用的资源将是解决缺水的重要途径,污水是资源的观念正得到越来越多人的重视。

## 第五节 水资源的节约与保护

水资源短缺、用水效益不高是我国目前在水资源开发利用中存在的共性问题。我国的灌溉方式多以粗放式灌溉为主,用水效率普遍低于50%,农田灌溉水量超过作物需水量的1/3甚至一倍以上。我国滴灌和喷灌面积较低,仅占有效灌溉面积的13.2%左右。



我国大部分企业生产工艺比较落后,工业结构中新兴技术产业比重较低,管理滞后,单位产品耗水量居高不下,高于先进国家的几倍、十几倍不等。工厂用水的重复利用率也仅为60%,甚至更低,远未达到90%以上的水平。企业用水浪费、效率低下以及缺水问题已成为影响社会稳定、制约经济发展的重要因素。

目前,因各种条件的制约,城市生活用水水平较低。受经济发展和水资源的占有量限制,人均用水水平地域性差异又十分显著。即使在经济相对发达的大城市,人均用水量也远远低于发达国家的一般城市生活用水水平。尽管如此,由于节水观念淡薄,用水计量不完善,水价偏低,给水管线年久失修,节水设备与技术推广幅度与程度不够,城市生活用水浪费相当突出。

解决水资源短缺、缓解水资源供需矛盾的唯一出路是在农业、工业、城市生活等方面全方位节约利用水资源,发挥有限水资源的最大效益和潜力。

#### 1. 加强政策、法规导向,促进管理进步

建立统一高效的水资源管理制度,制定完善适合本地区、本部门的水价政策和分级考评、分级成本核算体系与政策;要遵循“优化配置,合理利用,有效保护,安全供给”的水资源管理方针。

#### 2. 增强全民爱水、节水、保护水环境的观念

构建一个节约型的社会,除了要有一个节约型的社会机制外,还要构建起一个节约型的社会观念,要通过各种渠道全方位宣传科学用水、节约用水、节约能源;要把节能、节水的宣传教育当作提高全民素质和创建和谐文明社会的重要内容来抓;要多方位、多渠道、多层次抓科技节能、节水、用水、管水与保护生存环境的宣传教育;要提高全社会对水资源的危机感和水资源与可持续发展的关系,认识到节水的重要性、紧迫性。这是一个长期的过程,需要我们坚持不懈地努力。

#### 3. 应用新技术改善旧设备,提高节水效果与效益

农业用水方面,大力发展各种节水灌溉技术,改变农村落后的漫灌、浇灌为喷灌、滴灌;研究节水灌溉制度,重视农田灌溉水的管理,提高水的利用率,降低单位面积用水量。工业用水方面,制定合理的用水定额,推广节水工艺,降低水耗,提高水的重复利用率,降低工业产品单位水量。日常和生活用水方面,以新技术对生活配套设施进行改造,降低居民生活用水损耗,提高和满足使用效果。

#### 4. 加强水资源保护,努力改善水资源质量

保护水资源重在保护水环境,改善水资源环境主要从改善自然环境和社会环境着手,努力构建节约型社会、环保型社会、和谐文明社会,防止水资源人为遭到污染、浪费和破坏,努力降低、减轻人类对自然界的干扰破坏,恢复、提高自然生态环境、人居环境、水功能环境,以达到水资源的自然环境和循环条件与人类活动协调平衡发展的目的。

### 复 习 思 考 题

1. 什么是水资源开发利用率?水资源开发利用率和水资源利用率有何联系与区别?
2. 水资源的自然属性和社会属性分别是什么?
3. 如何合理开发利用水资源?



## 第二章 区域水资源调查与开发利用调查评价

### 第一节 水资源调查评价

#### 一、地表水资源评价的基本依据及要求

##### (一) 地表水资源评价的基本依据

- (1) SL/T 238—1999《水资源评价导则》。
- (2) SL 196—2015《水文调查规范》。
- (3)《全国水资源综合规划技术细则》。

##### (二) 地表水资源评价的要求

地表水资源调查评价的要求：全面调查统计降水、径流、蒸发、泥沙等水文要素和供水、用水、耗水等基本资料；计算各水文要素参数特征值；分析地表水资源时空分布特征及变化情势。

#### 二、地表水资源调查评价提供的成果

##### (一) 主要水文要素分析计算成果

- (1) 系列代表性分析成果。主要分析降水系列的代表性，并提供分析成果。
- (2) 降水量成果。主要有单站多年平均年降水量、变差系数、偏差系数、最大和最小降水量及其出现年份；雨量代表站典型年及多年平均降水量月分配。
- (3) 径流量成果。主要包括水文站天然径流量多年均值、变差系数、偏差系数、最大和最小径流量及其出现年份和不同频率的径流量；径流代表站典型年及多年平均天然径流量月分配。
- (4) 蒸发量成果。蒸发代表站水面蒸发量折算系数，多年平均水面蒸发量的月分配。
- (5) 泥沙成果。泥沙站实测悬移质多年平均含沙量、输沙量、输沙模数；实测最大年含沙量和输沙量及其出现年份。

##### (二) 流域（区域）成果

- (1) 流域（区域）年降水量特征值。主要包括流域（区域）年降水量系列及均值、变差系数、偏差系数及不同频率的降水量。
- (2) 流域（区域）年径流量特征值。主要包括流域（区域）年径流量系列及均值、变差系数、偏差系数及不同频率的径流量。
- (3) 流域（区域）年水资源总量特征值。主要包括流域（区域）年水资源总量系列及均值、变差系数、偏差系数及不同频率的水资源总量。
- (4) 出入境及入海水量。
- (5) 流域（区域）地表水资源可利用量。