

水资源规划与管理 ——原理、方法与应用

◎王志强 黄初龙 王锐 陈志超等 编著

SHUI ZI YUAN
GUI HUA YU GUAN LI
——YUAN LI FANG FA YU YING YONG

西安地图出版社

水资源规划与管理 ——原理、方法与应用

王志强 黄初龙 王锐 陈志超 等 编著

图书在版编目 (CIP) 数据

水资源规划与管理原理方法与应用 / 王志强, 黄初龙编著. — 西安: 西安地图出版社, 2010.9

ISBN 978-7-80748-625-1

I. ①水… II. ①王… ②黄… III. ①水资源管理
IV. ①TV213.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 193690 号

著作人及著作方式: 编著 / 王志强 黄初龙 王锐 陈志超 等
责任编辑: 冉志刚

书 名: 水资源规划与管理—原理、方法与应用

出版发行: 西安地图出版社

地址邮编: 西安市友谊东路 334 号 710054

印 刷: 湘乡印刷厂

规格开本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 17.875 字 数: 377 千字

版 次: 2010 年 10 月第 1 版 2010 年 10 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-80748-625-1

定 价: 26.00 元

前言

水是人类社会赖以生存和发展的主要基础物质。随着人口的增加,城市化水平的不断提高,对水资源的需求量亦不断增加,而水资源供给却相当有限,水资源短缺和水环境污染已成为举世瞩目的重大问题之一,水资源危机日益困扰着人类的生存和发展。我国是世界上人均占有淡水资源较少的国家,被联合国列为全球贫水国之一。水资源和水环境已成为制约了社会经济持续发展的制约要素,个别严重缺水地区已经极大地影响了人民正常生活。

水资源危机的产生,除自然原因外,人为因素的影响也非常突出。水资源利用缺乏系统的规划,用水浪费,管理粗放,造成水的短缺与浪费、短缺与污染并存,从而更加剧了水资源的缺乏,在一定程度上形成了水资源危机。

解决我国面临的长期水资源缺乏问题,不仅要靠技术来支撑,更要靠水行政部门对水资源的科学规划与管理。水资源规划与管理正是在这一背景下形成的。加强水资源的科学规划与管理,促进水资源的优化配置、节约和保护,实现水资源的合理开发利用、优化调配和有效保护,对缓解水资源的供需矛盾,促进我国的水资源可持续开发利用与社会经济的可持续发展相协调,具有重要的理论指导意义。

本书力求从水资源管理的不同范围和层次上讲解水资源规划与管理原理、方法及其应用实践,内容包括从传统的农业水资源规划与管理、城市水资源规划与管理到区域城乡一体化水资源管理和流域水资源规划与管理,构成了一个现代的、科学的、较为完善的水资源规划与管理体制。本书在阐述基本原理的基础上,着力于方法的阐述和应用,从而为现代水资源规划与管理提供科学的实用方法体系。

本书内容分为四部分,包括十四章,各章主要按照水资源规划与管理的工作流程来编排。第一部分由王锐和陈志超撰写,第二部分由黄初龙撰写,第三部分由王志强撰写,第四部分由王锐撰写。全书由王志强统稿,王锐校订。

本书得到了河南理工大学重点学科基金、流域水环境风险评估与预警平台构建共性技术研究项目、河南省重点科技攻关项目等项目资助。本书在写作过程中参考了大量文献,在此向所有参考文献的作者表示诚挚的敬意与感谢。同时,在撰写过程中,还参考了有关单位的研究成果,或引用了《中华人民共和国水法》、《城市用水规范》等多个法规、标准、公报和及其它技术文件,在文中未全部列出,在此一并致谢。

本书可作为城乡资源环境规划资源管理、环境工程、水利工程、区域规划等专业的本科生教材,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。

由于水资源规划与管理涉及面广,内容丰富,对象特殊,许多问题有待在理论与实践进一步总结和探索,加之作者学识和实践经验有限,书中错误和缺点在所难免,还望大家不吝指正。

作者

2010.11

目 录

第一篇 总 论

第一章 水资源概论

第一节 水资源的内涵与类型	2
第二节 水资源的基本特性	4
第三节 我国水资源基本概况	5

第二章 水资源规划与管理概述

第一节 水资源规划的基本内容	13
第二节 水资源管理基本理论	19
第三节 水资源规划与管理的意义	28
第四节 我国水资源规划管理面临的问题和发展趋势	29
第五节 现代水资源规划与管理的核心	30

第二篇 农村水资源规划与管理

第三章 农业水资源概述

第一节 农业水资源内涵与构成	34
第二节 世界农业用水现状与问题	36
第三节 中国农业用水现状与问题	38
第四节 农业水资源利用的一般性问题	40

第四章 农业水资源规划理论基础

第一节 系统科学理论	42
第二节 生态学基础	45
第三节 复合生态系统理论基础	49
第四节 可持续发展理论基础	50
第五节 水文水资源学基础	53

第五章 农业水资源规划原理与方法

第一节 农业水资源规划概述	54
第二节 农业水资源规划与水利规划的关系	54
第三节 农业水资源规划目标	55
第四节 农业水资源规划原则	56

第五节 农业水资源规划方法·····	57
第六节 农业水资源规划评价方法示例·····	68
第六章 农业水资源规划的步骤与内容	
第一节 农业水资源规划的步骤·····	77
第二节 农业水资源规划的内容·····	77
第三节 农业水资源可持续利用评价指标体系构建示例·····	83
第四节 模糊综合评价法在区域农业水资源可持续利用评价中的应用·····	89
第五节 农业水资源预测方法示例·····	97
第六节 农业水资源规划对策方案制定示例·····	107

第三篇 城市水资源规划与管理

第七章 城市用水量预测原理与方法

第一节 城市用水量预测原理·····	117
第二节 城市用水量预测方法·····	119
第三节 城市用水量预测的基本步骤·····	132

第八章 城市供水水源规划

第一节 概述·····	135
第二节 城市可供水量预测·····	137
第三节 城市供水水源规划·····	139
第四节 城市水资源的供需平衡分析·····	142
第五节 城市水资源供需平衡及供水水源规划实例·····	143

第九章 城市水资源管理

第一节 城市水资源管理概论·····	149
第二节 城市节水管理·····	151
第三节 城市用水定额管理·····	153
第四节 用水价格制定与调整·····	157

第十章 区域水资源一体化规划与管理

第一节 概论·····	163
第二节 区域水资源一体化规划内容·····	164
第三节 区域水资源一体化规划实例·····	167

第四节 区域水资源一体化管理.....	181
---------------------	-----

第四篇 流域水资源规划与管理

第十一章 流域水资源规划

第一节 概述.....	186
-------------	-----

第二节 编制流域水资源规划的主要步骤.....	187
-------------------------	-----

第十二章 流域水资源量评价与水量平衡

第一节 流域水分转换及水量平衡.....	190
----------------------	-----

第二节 降水量的评价与计算.....	191
--------------------	-----

第三节 蒸散量的评价与计算.....	193
--------------------	-----

第四节 地表水资源的评价与计算.....	194
----------------------	-----

第五节 地下水资源的评价与计算.....	196
----------------------	-----

第六节 水资源总量评价与计算.....	199
---------------------	-----

第十三章 生态需水

第一节 生态需水概述.....	200
-----------------	-----

第二节 生态需水预测.....	202
-----------------	-----

第十四章 流域水资源管理

第一节 流域水资源管理概述.....	208
--------------------	-----

第二节 国外流域水资源管理.....	209
--------------------	-----

第三节 我国流域水资源管理.....	217
--------------------	-----

参考文献.....	222
-----------	-----

第一篇 总 论

水是人类生存和发展不可替代的资源，是国民经济的命脉。然而，随着人口的增长、社会经济的发展，对水资源的需要量也不断增加，水资源短缺和水环境污染问题日益突出，严重困扰着人类的生存与发展。1996 年联合国第一次指出：“缺水将严重制约下世纪的经济和社会发展，并可能导致国家间的冲突”，并于 1997 年再次呼吁：“目前地区性水危机可能预示着全球危机的到来。”水问题也不再仅仅局限于某一地区或者某一时期，而成为全球性、长期性的焦点。

面对如此严峻的形势，要有效解决这些问题，不仅需要依靠不断进步的科学技术和日益雄厚的经济实力，还需要对水资源的合理规划和科学管理。针对我国水资源管理部门相互分割、部门职能交叉的特点，从农村、城市以及流域等角度进行分析探讨，为相应部门对水资源的合理开发利用、优化调配和有效保护提供理论指导。

第一章 水资源概论

第一节 水资源的内涵与类型

一、水资源的涵义

水是生命之源，是地球上生物赖以生存的不可缺少的一种宝贵资源；是基础性的自然资源，为自然生态环境的重要组成部分；是战略性的社会经济资源，是可持续发展的基础条件。可以说，人类的生存和发展从根本上依赖于水资源的有效获取和对水资源的科学管理。

但是，对于“水资源”内涵的理解，受行业、部门以及认识水平等的限制，目前尚无定论。国外较早采用“水资源”这一概念的是美国地质调查局（USGS）。1894年设立了水资源处，主要进行观测和记录地表河川径流和地下水。1965年美国通过了《水资源规划法案》，同时成立水资源理事会（WRC），协调各部门进行有关水资源的规划、管理和开发，定期进行水资源评价。

1963年，英国通过了《水资源法》，该法将“水资源”定义为“（地球上）具有足够数量的可用水源”。

1988年，在《不列颠大百科全书》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”。此定义被广泛引用，这与《不列颠大百科全书》权威性有很大关系。

1998年由联合国教科文组织和世界气象组织给出的水资源定义比较有影响，其定义是：“作为资源的水应当是可供利用或有可能被利用，具有足够数量和可用质量，并可适合对某地用水的需求而能长期供应的水源。”因此，水资源可以被理解为人类长期生存、生活和生产过程中所需要的各种水，既包括了它的数量和质量，又包括它的使用价值和经济价值。

许多国家在谈到水资源时，常常把通过全球水文循环而不断获得补充的淡水作为水资源。

国内对“水资源”也有不同的见解。《中国大百科全书》是国内最具有权威性的工具书，但在不同卷册中对水资源给予了不同解释。在《大气科学、海洋科学、水文科学卷》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。”但在《水利卷》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，并将对供人类利用的水资源作为供评价的水资源”，这与《不列颠大百科全书》中的解释相近。1987年出版的《中国农业百科全书》“水利卷”定义水资源为可恢复的和可更新的淡水量，并根据水资源的更新周期把其分为两类：一是永久储量，其更新周期长，更新极缓慢，在利用此类水时，对其利用消耗不应大于恢复能力；另一类是年内可恢复储量，它是参与全球水循环最活跃的动态水量，可逐年更新，在较长时间内可以保持动态平衡，即为人们通常所说的水资源。《辞海》的水资源条目解释为能得到恢复和更新的淡水量。

为了统一对水资源内涵的认识，1991年《水科学进展》编辑部组织国内知名专家学者进行了一次笔谈，主要观点如下：

(1) 降水是大陆上一切水分的来源，但它只是一种潜在的水资源，只有降水中可被利用的那部分水量才是真正的水资源。在降水中可以转变为水资源部分的主要包括：① 水文部门所计算的水资源量（河川径流量与地下水补给量之和扣除重复计算量）；② 土壤水含量；③ 蒸发量；④ 区域间径流交换量。

(2) 从自然资源概念出发，水资源可被定义为人类生产与生活资料的天然水源。广义水资源应为一切实可被人类利用的天然水，包括赋存于人类所及空间中各种相态（液、固、汽三态）的水；狭义的水资源是指被人们开发利用的那部分水。

(3) 水资源是指可供国民经济利用的淡水水源，它来源于大气降水，其数量为扣除降水期蒸发的总降水量。

(4) 水资源是指一切有利用价值，包括各种不同来源和形式的水。狭义的水资源一般是指生活用水、工业用水和农业用水；广义的水资源还包括航运用水、能源用水、渔业用水以及工矿水资源与热水资源等。

(5) 不能笼统地视降水、土壤水或地下水、地表水（常称为“四水”）为水资源，只有那些具有稳定径流量、可供利用的相应数量的水才能被定义为水资源。

(6) “水”和“水资源”在涵义上是有区别的，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）。

(7) 水资源为维持人类社会存在并发展的重要自然资源之一，应当具有下列特性：① 可以根据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，其来源可通过水循环不断得到更新或补充；③ 这个水量可以由人工加以控制；④ 这个水量及其水质能够适应用水要求。

2002年《中华人民共和国水法》对水资源的表述是：地表水和地下水。这里指的是能够参与水循环，在陆地上逐年可以得到恢复和更新的淡水资源。地表水包括河流、冰川、湖泊、沼泽等水体；地下水是地下汇水量的动态水量，用地下水的补给量来表示。地表水与地下水可以相互转化，不能分割。

虽然由于出发点不同，不同的场合有不同的表述，但在具体或特定的研究学科领域而言，水资源含义比较明确，研究对象也很清楚。例如，从水资源供需的角度，刘昌明、陈志恺在《中国水资源现状评价和供需发展趋势分析》一书中指出一般意义上的水资源是指流域水循环中能够为生态与环境和人类社会所利用的淡水，其补给来源主要为大气降水。赋存形式为地表水、地下水和土壤水，可通过水循环逐年得到更新。柳长顺等以水资源管理的目的，从水文循环，尤其是把人为影响考虑进去的水文循环的角度定义水资源。因此，水资源在广义上是指自然界一切形态的对人类有用的天然水；在狭义上是指在目前社会经济技术水平和生态环境的限制下，可供人类直接或间接利用和维持生态环境系统健康的水，主要包括淡水、污水、微咸水和极小部分海水等，其中淡水赋存形式有大气水、土壤水、地表水和地下水等。深层地下水在水资源供需分析中一般不作为水资源进行统计，但从水资源管理的角度，深层地下水无疑是水资源，必须进行统一管理。土壤水管理也是水资源管理的一部分。因而，在

狭义上，从水资源管理角度所定义的水资源比水资源评价、水资源利用和“四水”转换理论等所定义和计算的水资源面要广、量要大。

总而言之，水资源的定义是随着社会的发展和技术的进步而不断扩展的。对水资源的不同定义及内涵的解释基本上可以理解为广义和狭义上的差别，广义的概念和定义一般忽略水资源的时间、空间以及数量和质量的差别，强调一切形态的水都可能被利用；狭义的概念和定义则考虑了水资源的时间、空间、数量和质量的限制，强调在现有人类社会经济和技术条件下能被人类利用和对人类有价值的水，主要是指赋存于地球陆地的淡水水体。

二、水资源的分类

按广义水资源的赋存媒介，可分为海洋水、大气水、土壤水、生物水、岩隙水（地下水、岩浆水和聚合水）、冰川、河流、湖泊、沼泽等组成的陆地地表水。

按水资源的物理形态，可分为固态水、气态水、液态水。

按水资源的化学性质，根据矿化度可分为淡水、微咸水、咸水、盐水，根据主要组分浓度（如优势阴离子）可分为重碳酸盐水、硫酸盐水和氯化物水等。

按水资源对社会经济的价值，可分为利水、弃水、害水。

按水资源社会经济侧支循环各环节中的水质，可分为原水、中水、污水。

按水资源的用途，可分为生产水资源、生活水资源、生态水资源，生产水资源又可分为工业水资源、农业水资源、服务业水资源。

按一定社会经济技术条件下调控程度，可分为灾害水、生态水、资源水、虚拟水四种类型。

第二节 水资源的基本特性

水是人类赖以生存和发展的一种必需资源。它具有一般资源的特征，但由于其特殊的存在的形式，以及与自然环境、人类生产生活、经济社会等的复杂关系，因而具有其独特的性质。只有充分认识它的特性，才能科学合理地利用水资源，并且有效地进行保护。

1、无限性和有限性

水资源与其他矿产资源等本质区别在于其流动性，从而在循环中形成动态的可恢复资源。具体的，水圈中的水通过相间变化和流动迁移，相互之间不断循环，地表水和地下水受大气降水的补给作用，如果合理利用，在开发利用后可以一定程度的恢复和更新，不断供给人类利用和满足生态平衡需求。因此，在长时间尺度上，水资源可以认为是可再生的、无限的。同时，已经利用过的水，其水质可以通过自净功能或者人工净化，在某一区域或者某种水平上实现循环再利用。

但是，各种水体的补给在时间和空间上是不均匀的，而且各种水体的循环周期不同，恢复或更新量也不相同，决定了区域水资源量的有限性。因此，为了可持续供水，多年平均的利用量不应超过补给量，否则将破坏水平衡，造成一系列不良的环境问题。循环过程的无限性和补给量的有限性这对矛盾，决定了水资源仅仅是在一定限度内取之不尽、用之不竭的。

2、时空分布不均匀性

水资源在地区分布上非常不均匀,年际年内变化大。地球表面淡水资源分布的不均匀性,表现为降水多的地区,淡水资源比较充足;反之,淡水资源则很贫乏。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、水井和跨流域调水工程,对天然水资源进行时空再分配。

3、用途广泛和多样性

水资源的用途十分广泛,各行各业都离不开水,水不仅用于农业灌溉、工业生产和城乡生活,而且还用于水力发电、航运、水产养殖、观光旅游等。也正是水资源这种用途广泛性,体现了水资源的自然、社会、经济和环境等多重属性,它们之间相互影响,不可分割。随着人们生活水平的提高、国民经济和社会的发展,用水量不断增加是必然趋势,不少地区出现了水源不足的紧张局面,水资源短缺问题已成为当今世界面临的重大难题之一。如何通过合理的技术和管理措施以及经济手段,科学规划,缓解这种用水矛盾,迫切进行深入研究。

4、水环境的易破坏和可修复性

在人类生产生活和在水资源的开发利用过程中,水环境极易受到破坏。一方面,由于各类污染物质的排放进入水体,使水环境受到污染,原本洁净的水域失去利用功能,甚至产生毒害作用,而且作为一种载体,使得污染物迁移扩散,污染更大范围;另一方面,对水资源的过度开发,尤其是地下水,水资源的质和量失去平衡,引发一系列的水文地质环境问题,使水资源失去原有存在的环境条件,进而失去开发利用价值。

但是,水体同时具有一定的自净功能,或者通过人工净化作用,将受到污染的水资源重新能够再利用;同时,超采的地下水或者过度引用的地表水在合理控制开发利用并采取适当的技术措施下,水环境也能够有所恢复。必须指出的是,对水环境的修复是建立在一定的经济、技术和管理的基础上的,任何过度破坏和无序管理都可能使有限水资源丧失开发利用价值,或者造成严重生态问题。

5、经济上的双重性

由于降水和径流时空分布不均,形成因水过多或过少而引起洪、涝、旱、碱等自然灾害;由于水资源开发利用不当,也会造成人为灾害,如垮坝事故、土壤次生盐渍化、水体污染、海水入侵和地面沉降等。水的可供利用及可能引起灾害,决定了水资源在经济上的两重性,既有正效益也有负效益。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。

第三节 我国水资源基本概况

一、我国水资源状况

1、我国的水系湖泊

(1) 河流

中国是世界上江河众多的国家之一,有流域面积大于 100 km^2 的河流 5 万多条,流域面积在 1000 km^2 以上的河流 1500 多条,绝大多数河流分布在我国东部和南部,西北地区因干

旱少雨，河流稀少，并有范围较大的无流区。外流入海的河流流域总面积约占全国国土总面积的 2/3，其余为内陆河流域。

中国河流多数由降雨直接补给。完全由降雨直接补给的河流有珠江、东南沿海诸河、淮河、长江中下游、怒江和澜沧江的中下游、台湾和海南诸河等。由冬季积雪及春夏秋雨水混合补给的河流有黑龙江（中国部分）、松花江、黄河、海河、辽河、长江上游通天河、怒江和澜沧江上游以及甘肃河西及新疆的部分河流。另外，在甘肃河西及新疆、青藏高原上还有一部分河流，除受降雪及降雨补给外，还受冰川融水的补给。

中国河流中最重要的有常称的七大江河，即松花江、辽河、海河、黄河、淮河、长江和珠江。按河流长度排列，长江干流长度为 6300 余 km，为国内最长的河流，在世界大河中仅次于非洲的尼罗河（6648km）和南美的亚马逊河（近 6500km）而居世界第 3 位；黄河干流长度 5464 km，为国内第二长河，在世界河流中又次于北美的密西西比河（6020km）而居世界第 5 位。如按流域面积计，则长江为国内第一大河，但在世界大河中却名列第 12 位；黄河按流域面积大小在国内为第 3 位，但在世界大河的排位中为第 23 位；黑龙江在中国境内部分为第 2 位。按多年平均径流量计，在国内长江仍为第 1 位，珠江为第 2 位，黄河为第 5 位；在世界大河中长江居第 3 位，珠江为第 15 位，黄河则为第 24 位。

随着地势的西高东低，我国外流大河多自西向东流入太平洋。流入太平洋的河流有长江、黄河、黑龙江、辽河、珠江、海河、淮河、钱塘江、澜沧江等。怒江和雅鲁藏布江则向南流入印度洋。额尔齐斯河则向西流入俄罗斯境内后向北流入北冰洋。内陆河则可分为新疆、青海、河西、羌塘和内蒙古各内陆河区域，在内陆河区域内还有无流区大约 160 万 km²。

我国河流提供了最主要的淡水水源，也提供了丰富的水能资源和航运条件。有的河流流经国境线，如额尔古纳河、黑龙江干流、乌苏里江流经中俄边境，图们江和鸭绿江流经中朝边境；有些河流下游流入邻国，如黑龙江、额尔齐斯河、伊犁河、绥芬河流入俄罗斯，元江、李仙江、盘龙江流入越南，澜沧江流入老挝，怒江流入缅甸，雅鲁藏布江流入印度；有的河流上游在国外，如克鲁伦河自蒙古境内流入我国的呼伦湖。这些河流的开发都涉及我国与邻国的关系。

在河流流域内，由干流、支流、人工水道、水库、湖泊、沼泽、地下暗河等组成的彼此连通的系统称为水系。在我国，水系常为流域下的系统，并通常以干流或一级支流的河名作为水系的命名，例如长江流域的汉江水系、嘉陵江水系等；有时以河流注入的湖泊或海洋命名水系，如洞庭湖水系、鄱阳湖水系、渤海水系等。

秦岭和淮河以北河流冬季有冰情发生，多数北方河流边有封河现象。淮河以南至长江以北，冬季河流有冰花，但基本上未封河。长江以南河流则基本无冰情。在中国最早出现河流冰情的是黑龙江支流，冰情始于每年 10 月上中旬。辽河、海河、陕北和甘肃河西走廊等地始于 11 月上中旬，黄河中下游一带始于 12 月上旬，淮河、川南到长江以北地区冰情始于 1 月下旬。河流冰情终止期，在淮河长江之间为 2 月上旬，黄河中下游为 3 月上旬，辽河及海河北系为 3 月下旬；而大、小兴安岭山区直到 5 月上旬冰情才结束。

(2) 湖泊

我国有水面面积在 1 km^2 以上的湖泊约 2300 个 (不包括时令湖), 其中面积在 1000 km^2 以上的湖泊有 12 个。我国湖泊总水面面积约 72000 km^2 , 总储水量约 7088 亿 m^3 , 其中淡水储量约占 32%。青藏高原湖区的湖泊总面积占全国一半以上, 多数为内陆咸水湖泊, 较大的有青海湖、鄂陵湖、扎陵湖、纳木错、奇林错、班公错和羊卓雍错等, 其中青海湖水面积 4635 km^2 , 最大水深达 28.7 m, 为我国第一大湖。羌塘高原上的喀顺错是我国境内高程最高的湖泊, 水面高程达 5556 m。东部平原湖区多分布于长江和淮河中下游、黄河和海河下游, 多为外流型淡水湖, 这些湖泊面积约占全国湖泊面积的 30%, 中国著名的五大淡水湖鄱阳湖、洞庭湖、太湖、洪泽湖和巢湖均在此区。蒙新高原湖区多为内陆咸水湖, 这个区内的湖泊面积约占全国湖泊面积的 13%, 较大湖泊有呼伦湖、博斯腾湖等。位于吐鲁番盆地的艾丁湖, 水面高程为 154 m, 是我国境内海拔最低的湖。东北平原及山地湖泊面积约占全国的 3%, 多为外流淡水湖泊, 著名的有兴凯湖、镜泊湖、五大连池、天池等, 其中兴凯湖为中俄界湖、天池为中朝界湖。云贵高原湖区湖泊面积约占全国湖泊面积的 1.5%, 滇池、洱海、抚仙湖、泸沽湖、草海均在此, 其中滇池、洱海以风景秀丽而闻名遐迩。

2、我国的水资源量及其时空分布

水资源总量是我国在进行水资源评价工作中提出的新概念, 即把河川径流与浅层地下水分别进行统计后, 再扣除二者在计算中的重复部分而得到某个区域内水资源总量。水利部门在 20 世纪 80 年代水资源评价工作中得出的结果是: 全国多年平均年河川径流量为 27115 亿 m^3 , 多年平均年地下水资源量为 8288 亿 m^3 , 二者之间的重复计算水量为 7279 亿 m^3 , 扣除重复水量后, 全国多年平均年水资源总量为 28124 亿 m^3 。

我国水资源在空间上分布不均, 造成了南方多北方少的基本格局。北方六片 (含额尔齐斯河) 多年平均年水资源总量为 5358 亿 m^3 , 占全国水资源总量的 19%; 南方四片多年平均年水资源总量为 22766 亿 m^3 , 占全国水资源总量的 81%。处在平原地区的各省水资源总量中河川径流量所占比重较小, 如河北省河川径流量占水资源总量的比例为 70%, 而在多山的湖南省这个比值为 99.6%。下表 1-1 为我国水资源总量统计结果。

表 1-1 中国分区年降水、年河川径流、年地下水、年水资源总量统计

分 区	计算面积 (km^2)	年降水量		年 河 川 径 流		年地下水 ($\times 108 \text{ m}^3$)	年水资源总 量 ($\times 108 \text{ m}^3$)
		总量 ($\times 108 \text{ m}^3$)	降水深 (mm)	总量 ($\times 108 \text{ m}^3$)	径流深 (mm)		
黑龙江流域片(中 国境内)	903418	4476	496	1166	129	431	1352
辽河流域片	345027	1901	551	487	141	194	577
海滦河流域片	318161	1781	560	288	91	265	421
黄河流域片	794712	3691	164	661	83	406	744

续表

淮河流域片	329211	2830	860	741	225	393	961
长江流域片	1808500	19360	1071	9513	526	2464	9613
珠江流域片	58041	8967	1554	4685	807	1115	4708
浙闽台诸河片	2398038	4216	1758	2557	1066	613	2592
西南诸河片	851406	9346	1098	5853	688	1544	5853
内陆诸河片	3321713	5113	154	1064	32	820	1200
额尔齐斯河片	52730	208	395	100	190	43	103
全 国	9545322	61889	648	27115	284	8288	28124

资料来源：水利电力部水文局，中国水资源评价，北京：水利电力出版社，1987

注：1. 按 1956~1979 年资料统计；

2. 和多年平均相比，1956~1979 年资料统计结果，北方河流偏丰 10%~20%，南方河流偏丰 5%~10%

我国水资源在年际和年内分配也是很很不协调的。我国属于季风气候，南北自然环境差异大，降水的时空分布不均匀，降水量总体上由东南向西北逐渐递减。东南沿海及西南部分地区多年降水量大于 2000 mm，西南边境局部如中印边境东段高达 5000 mm 以上，长江中下游多年平均降水量在 1000 mm 以上，秦岭至淮河一带为 800~900 mm；华北平原、东北、山西、陕西大部、甘肃、青海东南部、新疆北部和西部山区、四川北部和西藏东部等，降水量在 400~800 mm，东北西部和内蒙古、甘肃以西降水量均小于 400 mm，新疆的塔里木盆地、吐鲁番盆地和青海的柴达木盆地中部，年降水量不足 25 mm。

我国降水受季风气候的影响，年内变化很大，一般长江以南（3~6 月或 4~7 月）的降水量约占全年的 60%，长江以北（6~9 月）的降水量常占全年的 80%，冬春缺少雨雪。北方干旱、半干旱地区的降水量往往出现在一两次历时很短的暴雨中。南部地区最大年降水量一般是最小年降水量的 2~4 倍，北部地区一般是 3~6 倍。南部地区最大年径流量一般也为最小年径流量的 2~4 倍，北部地区一般是 3~8 倍。在我国水资源总量中，大约有 2/3 是洪水径流量。同时，连续丰水或连续枯水也较为常见。

3、我国水资源开发利用状况

经过 50 多年的规划建设，我国已初步形成了较为完善的水资源减灾和保障体系。到目前为止，全国共修建加固堤防 27 万 km，建成水库 8.5 万座，形成了 5800 亿 m³ 的年供水能力、发展有效灌溉面积 5467 万 hm²，累计治理水土流失面积 86 万 km²，发展水电装机 8455 万 kW。以大江大河堤防为重点的防洪工程建设、病险水库除险加固、解决人畜饮水困难、大型灌区节水改造等取得历史性突破，并通过南水北调、三峡工程、治黄工程等的建设，实现了水资源的更合理的配置。水利在保障饮用水安全、防洪减灾、粮食生产、经济发展、生态建设和环境保护等方面发挥了巨大作用。

不同区域，水资源开发利用的程度不同。

(1) 南方片 供水主要靠地表水, 其供水量占总供水量的比例一般都在 95%左右。但近几年由于受到地表水污染的影响, 南方对地下水的利用有加大的趋势, 特别在长江下游和珠江三角洲地区。西南地区诸河多属国际河流, 且河流切割很深导致山高水低, 水资源开发利用的工程条件较差, 其利用程度尚不足 2%。

(2) 北方片 (不含内陆流域片) 尤其是黄河、淮河、海河 3 个流域, 其供水增长严重受制于当地水资源的不足, 目前对水资源的

开发利用主要表现在抽取地下水, 包括超采地下水来维持不断增长的用水需求。1997 年与 1980 年相比, 海河和黄河流域的地表水供水量基本没有增加, 淮河流域靠引江使供水量有一定幅度的增长。地下水供水量普遍增长, 其占总供水量的比例不断升高。1997 年, 淮河流域地下水供水量所占比例已达到 61%; 黄河和淮河流域也分别上升到 33 %和 28 %; 松辽河片的地下水利用量已达 266 亿 m^3 , 占总供水量的 43 %。

(3) 内陆河片 目前供水主要靠地表水 (约占总供水量的 90%), 塔里木河、乌鲁木齐河、玛纳斯河、石羊河、黑河等流域的地表水开发利用程度已远远超过 40%的国际公认标准。地下水开采量也日渐增大, 1997 年占总供水量的 10.8%, 主要用于城市与工业供水。目前农灌区地下水的利用较少, 地下水位偏高, 次生盐渍化严重, 需要加大灌区地下水的利用, 应用先进灌溉技术, 合理控制灌溉量, 以减少陆面无效蒸发, 控制次生盐渍化的发展。

二、我国水资源及其开发利用中面临的主要问题

我国是一个水资源相对短缺、水旱灾害频繁的国家。水资源的开发利用面临着诸多问题, 具体表现如下:

1、人均水资源量少, 水资源紧张

20 世纪 80 年代初水资源评价的结果显示, 全国多年平均年水资源总量为 28124 亿 m^3 , 其中地表水 27115 亿 m^3 , 地下水 8228 亿 m^3 (重复计算量 7278 亿 m^3)。2004 年, 全国第二次水资源评价估算的多年平均水资源总量为 28405 亿 m^3 , 较第一次评价结果仅仅增加 1%。

按照国际惯例, 用多年平均河川径流量作为年水资源量来衡量, 我国水资源量占世界径流资源总量的 6 %, 仅次于巴西、俄罗斯、加拿大、美国和印尼, 居世界第六位。但是, 以 13 亿人口计 (2000 年), 人均水资源不到 2200 m^3 , 不足世界人均占有量的 1/4, 在已经统计的 149 个国家中仅列第 121 位, 是全球严重缺水的 13 个国家之一。同时, 如果以单位耕地面积水量衡量, 也远远小于世界平均水平。

表 1-2 世界主要国家年径流量、人均水资源量和单位面积耕地水资源占有量

国 家	年径流量 ($\times 10^6 m^3$)	单位国土面积产 水量 ($10^4 m^3/km^2$)	1995 年人口 ($\times 10^8$)	人均占有水量 ($m^3/人$)	1995 年耕地 面积 ($10^6 hm^2$)	单位耕地面积水 量 (m^3/hm^2)
巴西	6 950	81.65	1.62	42 957	53.50	129 906
俄罗斯	4 270	25.01	1.47	29 048	130.97	32 603
美国	3 056	32.64	2.63	11 609	185.74	16 453

续表

印尼	2 986	156.78	1.96	15 253	17.13	174 314
加拿大	2 901	29.09	0.29	98 462	45.42	66 870
中国	2 711	28.25	12.11	2 239	91.98	29 480
印度	2 085	63.42	9.36	2 228	166.10	12 533
日本	547	144.79	2.28	4 710	4.10	26 244
澳大利亚	343	4.43	0.18	18 963	48.15	7 424
全 球	46800	31.4	52.94	8840	1326.0	35294

资料来源：陈家琦，王浩，杨小柳. 水资源学. 北京：科学出版社，2008

2、区域分布很不均衡，水土资源不相匹配

我国淮河流域及其以北地区的国土面积占全国的 63.5%，人口占 46%，耕地占 60%，GDP 占 56%，但 6 个流域（含额尔齐斯）多年平均年水资源总量为 5358 亿 m^3 ，仅占全国水资源总量的 19%，人均和亩均水资源量分别仅为 900 m^3 和 450 m^3 ，总体表现为地多、人多，但水资源短缺的形势；南方长江流域及其以南地区国土面积只占全国的 36.5%，人口占 54%，耕地占 40%，GDP 占 56%，而 4 个流域多年平均水资源总量为 22766 亿 m^3 ，占全国水资源总量的 81%，表现为土地资源少但水资源相对丰富。

特别是随着城市人口的剧增，生态环境的恶化，社会经济发展的不平衡，水资源的区域分布矛盾也更显突出，严重地制约了区域经济的发展，远距离调水，如引黄工程、南水北调等工程频现。

3、降水量分布不均衡，年内（际）变化大，水旱频繁

降水是水资源的最主要来源。降水量和径流量年际间的悬殊差别和年内高度集中的特点，不仅给开发利用水资源带来了困难，也是水旱灾害频繁的主要原因。我国耕地面积的一半以上处于水资源短缺的干旱、半干旱地区，约 1/3 的耕地面积位于洪水威胁的大江大河中下游地区，干旱和洪涝引发的自然灾害，是损失最为严重的自然灾害，且由于气候变化等原因，水旱灾害呈加重趋势。

4、水资源污染极为严重

据 2004 年《中国水资源公报》，2004 年全国污水排放总量（火电直流冷却水排放量和矿坑排水量）为 693 亿吨，较 2003 年增加 62 亿吨，其中工业污水占 2/3，第三产业和城镇居民生活污水占 1/3。

根据 1300 条河流 3200 多个监测断面的水质资料，对 13 万 km 河流水质进行了评价，水质总体状况是：I 类水河长占 6.3%，II 类水河长占 27.2%，III 类水河长占 25.9%，IV 类水河长占 12.8%，V 类水河长占 6.0%，劣 V 类水河长占 21.8%。全年符合和优于 III 类水的河长