

SHUIZIYUAN Guihua Yu Guanli

江苏高校优势学科建设工程资助项目
中国矿业大学教材建设工程资助教材

水资源规划与管理

主编 齐跃明 宁立波 刘丽红
参编 易珍莲 宋晓猛 董贵明

非
外
借

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

江苏高校优势学科建设工程资助项目
中国矿业大学教材建设工程资助教材

水资源规划与管理

主编 齐跃明 宁立波 刘丽红
参编 易珍莲 宋晓猛 董贵明

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书系统地介绍了水资源及其属性、水资源问题及其挑战、水资源系统分析、水资源评价、水资源供需分析、水资源系统规划、水资源管理等内容与知识,阐述了现代水资源评价、合理规划与系统管理的基本理论和方法,并简要介绍了水资源可持续利用与保护等内容。

本书可作为高等学校水文水资源工程、地下水科学与工程、水利工程及相关专业本科生教材及研究生教学用书,也可供从事水资源评价、规划、管理、利用和保护的人员、管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

水资源规划与管理/齐跃明,宁立波,刘丽红主编.

—徐州:中国矿业大学出版社,2017.10

ISBN 978 - 7 - 5646 - 3690 - 6

I. ①水… II. ①齐… ②宁… ③刘… III. ①水资源管理—高等学校—教材 IV. ①TV213.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 215864 号

书 名 水资源规划与管理

主 编 齐跃明 宁立波 刘丽红

责任编辑 潘俊成 孙建波

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 13.5 字数 346 千字

版次印次 2017 年 10 月第 1 版 2017 年 10 月第 1 次印刷

定 价 28.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

水是“生命之源”，水对人类和地球的重要性不言而喻。然而，在世界各地，人们经常会受到水资源的困扰。水资源丰富的地区，常常因为缺乏合理的蓄洪和排涝设施而遭遇水患。而在水资源不足的地区，人们在惜水如金之外，也加大了对水资源的争夺，特别是跨地域性河流区域。以往由于人们不注重水资源的科学规划和管理，常常导致各类水资源的不合理开发利用及工农业废水、生活废污水的无序排放，使原本洁净的水资源变成了有毒有害的水体，顺着地表径流、地下径流肆意扩散，使地球母亲伤痕累累，奄奄一息。

随着社会经济文化的发展，人们越来越认识到合理规划利用和保护水资源的重要性。在评价区域水资源的基础上，从水资源系统发挥的效益最佳化角度出发，开始研究水资源的合理规划、科学管理和有效保护，使水资源的用水需求尽量与区域环境的水资源承载能力相协调，实现水资源的可持续利用与协调发展。

鉴于水资源教学与研究的重要性，由几位一线教师在学习整理国内外众多研究成果的基础上，结合多年来的教学实践经验编撰成本书。全书共分7章，第1章主要介绍了水资源的概念、水资源属性、水资源问题及面临的挑战、发展趋势；第2章主要介绍了水资源系统、水资源系统圈划方法、水资源系统分析方法的特点和步骤及应用实例；第3章介绍了地表水资源量计算与评价方法、地下水资源量计算与评价方法、区域水资源总量计算、水质评价及水资源可利用量的确定等；第4章介绍了水资源供需分析的目的、方法和原理等；第5章介绍了水资源系统规划的原理、规划模型的构建与求解方法等；第6章介绍了水资源管理模型的构成、建立与求解方法及应用实例等；第7章介绍了水资源可持续利用的含义、水资源承载力、水资源可持续利用及保护等，使全书形成一个有机的整体。

本书由齐跃明、宁立波、刘丽红等老师共同编写，其中，齐跃明撰写了第1章、第4章；宁立波撰写了第2章；易珍莲撰写了第5章；刘丽红撰写了第3章、第6章、第7章。中国矿业大学宋晓猛、董贵明参与了第1章的编写，董贵明对全书编写提出了宝贵的修改意见，齐跃明、宁立波、刘丽红对各部分章节分别进行了校对。研究生裴逸峰、李鑫、王君逸整理了全书素材。全书由齐跃明组织并统稿。

在教材申请出版基金及编写过程中，冯启言教授、杨兰和教授等提出了宝贵意见和建议，深表感谢！

在本书的编写过程中，参考了大量国内外文献，在此，谨向相关文献的作者致以诚挚的

谢意!

本书的出版,得到江苏高校优势学科建设工程项目资助、中国矿业大学教材建设工程的资助,同时,也得到中国矿业大学出版社的大力支持,在此一并深表谢意!

希望该书能为高校师生及相关部门的专家学者、企业技术人员提供有益参考。鉴于编者水平所限,难免挂一漏万,书中不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

2017年6月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 水资源的概念与现状	1
1.1.1 水资源的概念	1
1.1.2 水资源的类型	2
1.1.3 水资源现状	3
1.2 水资源属性	7
1.2.1 水资源的自然特性	8
1.2.2 水资源的社会特性	9
1.3 水资源问题、形势与带来的挑战	10
1.3.1 全球水资源面临的问题	10
1.3.2 我国水资源面临的问题和形势	12
1.3.3 我国水资源面临的挑战	15
1.4 水资源研究现状与发展趋势	16
1.4.1 研究现状	16
1.4.2 发展趋势	18
练习与思考	19
第 2 章 水资源系统分析	20
2.1 系统基本原理	20
2.1.1 系统理论的产生	20
2.1.2 系统的概念	22
2.1.3 系统的基本特性	23
2.2 水资源系统	25
2.2.1 水资源系统的概念	25
2.2.2 水资源系统的特性	26
2.2.3 水资源系统的圈划	27
2.2.4 水资源系统分析的方法及步骤	27
2.3 地表水系统	30
2.3.1 地表水系统的概念及结构	30
2.3.2 地表水系统的圈划	31

2.4 地下水系统	31
2.4.1 地下水系统的概念及其特点	31
2.4.2 地下水系统圈划	33
2.5 地下水系统圈划实例	38
2.5.1 概述	38
2.5.2 研究区孔隙水系统划分	38
2.5.3 镇江地区沉积岩裂隙水系统圈划	41
练习与思考	44
 第3章 水资源评价	45
3.1 水资源评价的概念	45
3.2 水资源评价的原则及要求	46
3.2.1 水资源评价的原则	46
3.2.2 水资源评价的要求	47
3.2.3 水资源分区	47
3.3 地表水资源量计算	48
3.3.1 降水量	48
3.3.2 蒸发量	52
3.3.3 河川径流量	55
3.3.4 山丘区地表水资源量计算方法	59
3.3.5 平原区地表水资源量计算方法	60
3.4 地下水资源量计算	60
3.4.1 山丘区地下水资源量的计算	60
3.4.2 平原区地下水资源量的计算	64
3.4.3 不同频率代表年的地下水资源总量	68
3.4.4 地下水可开采量	68
3.5 区域水资源总量的计算	69
3.5.1 单一平原区水资源总量	70
3.5.2 单一山丘区水资源总量	70
3.5.3 不同地貌类型混合区的水资源总量	71
3.6 区域水资源水质评价	71
3.6.1 水质评价的分类	71
3.6.2 水质评价的一般程序	72
3.6.3 地表水水质评价	73
3.6.4 地下水水质评价	76
3.7 区域水资源综合评价指标	78
3.7.1 气候特征评价指标	78

3.7.2 水资源构成评价指标	78
3.7.3 时空分布评价指标	78
3.7.4 转化规律评价指标	79
3.7.5 水质状况评价指标	79
3.8 水资源可利用量	79
3.8.1 地表水资源可利用量	79
3.8.2 地下水资源可开采量	80
3.8.3 水资源可利用总量	80
练习与思考	80
第4章 水资源供需平衡分析	81
4.1 概述	81
4.1.1 供需平衡分析的目的和意义	81
4.1.2 供需平衡分析的内容和原则	82
4.1.3 区域水资源供需分析方法	82
4.2 区域可供水量的计算	85
4.2.1 相关概念	85
4.2.2 系统概化	86
4.2.3 可供水量计算	87
4.2.4 影响可供水量的因素	89
4.3 水资源需求分析	89
4.3.1 需水的概念及分类	89
4.3.2 水资源需求量的估算与预测	91
4.3.3 水资源需求变化的影响因素	98
4.4 区域水资源供需平衡	98
4.4.1 一次供需分析	98
4.4.2 二次供需分析	98
4.4.3 三次供需分析	99
4.4.4 供需平衡宏观控制	99
练习与思考	100
第5章 水资源系统规划	101
5.1 水资源系统规划概述	101
5.1.1 水资源规划的基本概念	101
5.1.2 水资源系统规划的类型	102
5.1.3 水资源系统规划的原则和方法	103
5.1.4 水资源系统规划的程序和内容	104

5.2 线性规划	106
5.2.1 线性规划数学模型	106
5.2.2 模型解法	107
5.2.3 实例分析	111
5.3 非线性规划	119
5.3.1 数学模型及解法	119
5.3.2 二次规划	122
5.3.3 实例分析	122
5.4 动态规划	124
5.4.1 动态规划的概念	124
5.4.2 数学模型及解法	125
5.4.3 动态规划的应用及实例分析	126
5.5 多目标规划	127
5.5.1 多目标规划问题	127
5.5.2 多目标规划数学模型及其解法	128
5.5.3 实例分析	129
练习与思考	131
第6章 水资源管理	132
6.1 水资源管理概述	132
6.1.1 水资源管理的概念	132
6.1.2 水资源管理的内容	132
6.1.3 水资源管理的方式	133
6.2 水资源管理模型的目标	135
6.2.1 水资源管理模型的基本概念	135
6.2.2 水资源管理模型的目标	136
6.3 水资源管理模型的建立	136
6.3.1 建立模型考虑的因素	136
6.3.2 管理模型的决策变量、目标函数与约束条件	136
6.3.3 建立模型的一般步骤	138
6.3.4 水资源管理模型的分类	139
6.3.5 集中参数系统管理模型	140
6.3.6 分布参数系统管理模型	143
6.4 水资源管理模型的求解	149
6.4.1 水资源管理模型传统优化方法	149
6.4.2 水资源管理模型智能优化算法	149
6.4.3 多目标地下水资源管理模型求解方法	150

6.5 水资源系统模型化与最优化耦合技术	151
6.5.1 地表水与地下水耦合模型	151
6.5.2 水资源、水质、水量联合调度	156
6.6 实例分析	157
6.6.1 石羊河地表水地下水联合调度模型研究	157
6.6.2 南四湖入湖河流水质水量联合调度	161
练习与思考	167
第7章 水资源可持续利用与保护	168
7.1 水资源可持续利用概述	168
7.2 水资源可持续利用评价	168
7.2.1 水资源可持续利用指标体系	169
7.2.2 水资源可持续利用评价方法	175
7.3 水资源承载能力	178
7.3.1 水资源承载能力的概念及内涵	178
7.3.2 水资源承载能力研究的主要内容、特性及影响因素	180
7.3.3 水资源承载能力与相关研究领域之间的关系	183
7.3.4 水资源承载能力指标体系	184
7.3.5 水资源承载能力研究方法及展望	185
7.4 水资源利用工程	187
7.4.1 地表水资源利用工程	187
7.4.2 地下水资源利用工程	191
7.5 水资源保护	194
7.5.1 水资源保护的概念	194
7.5.2 水资源保护的任务和内容	195
7.5.3 水资源保护措施	195
练习与思考	197
主要参考文献	198

第1章 绪 论

1.1 水资源的概念与现状

1.1.1 水资源的概念

水是人类赖以生存和发展的基本物质之一,也是人类繁衍生息不可替代和缺少的、既有限又宝贵的自然资源。

关于水资源的概念,国内外的有关文献和著述中有多种提法。早在1894年,美国地质调查局(USGS)设立了水资源处(WRD)并一直延续到现在,这也是水资源作为专业术语第一次被提出。在这里,水资源是作为陆面地表水和地下水的总称。

水资源作为地球自然资源的一种,是指地球所属范围内的、可作为资源的水,包括地球表面地层中和围绕地球大气中的水分。因此有一种非常广义的水资源的概念,即指地球包括其所有圈层中一切形态的水都是水资源,这是《英国大百科全书》中给出的水资源定义,具有一定的权威性。

而在《中国大百科全书》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。

联合国教科文组织和世界气象组织1988年将水资源定义为:“可以利用或有可能被利用,具有足够数量和可用质量,并可适合某地水需求而长期供应的水源”。这一定义强调了水资源的“质”与“量”的双重属性,不仅考虑了水的数量,同时强调了水资源的质量。有“量”无“质”或有“质”无“量”,均不能称之为水资源。

引起对水资源的概念及其内涵具有不尽一致的认识与理解的主要原因在于:水资源是一个既简单又非常复杂的概念。它的复杂内涵表现在:水的类型繁多,具有运动性,各种类型的水体具有相互转化的特性。水的用途广泛,不同的用途对水量和水质具有不同的要求;水资源所包含的“量”和“质”在一定条件下是可以改变的;更为重要的是,水资源的开发利用还受到经济技术条件、社会条件和环境条件的制约。正因为如此,从不同的侧面认识水资源,造成对水资源一词理解的不一致性及认识的差异性。

因此水资源可以理解为人类长期生存、生活和生产过程中所需要的各种水,既包括它的数量和质量,又包括它的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直接使用的可更新的淡水资源。

广义上的水资源包括地球上的一切水体及水的其他存在形式,如海洋、河川、湖泊、地下水、土壤水、冰川、大气水等。

本书中所提到的水资源仅限于狭义的水资源,完整的表述即指具有足够数量和可用质量,在当前的经济技术水平条件下,能够开发利用的水。

1.1.2 水资源的类型

地球外侧空间部分赋存着较为丰富的水资源,依相对空间位置,水资源的类型可分为三大类:一是蕴含在大气(俗称空气)中的水,简称大气水;二是地球陆地表面暴露出来的水,称为地表水;三是赋存在包气带以下,岩土空隙介质中的水,叫地下水。

(1) 大气水

大气水是包含在大气中的水汽及其派生的液态和固态水。常见的天气、气候现象如云、雾、雨、雪、霜等都是大气水的存在形式。从天空的云中降落到地面上的液态水或固态水,如雨、雪、雹等,总称降水。降水的条件是在一定温度下,当空气不能再容纳更多的水汽时,就成了饱和空气。空气饱和时如果气温降低,空气中容纳不下的水汽就会附着在空气中以尘埃为主的凝结核上,形成微小水滴——云、雾。云中的小水滴互相碰撞合并,体积就会逐渐变大,成为雨、雪、冰雹等降落到地面。

(2) 地表水

地表水有广义和狭义之分。

广义的地表水指地球表面的一切水体,包括海洋、江河、湖泊、冰川、沼泽以及地下一定深度的水体,生物水和大气水不属于地表水。

狭义的地表水专指地球陆地表面暴露出来的水体,用以和地下水相区别,基本指河流、冰川、湖泊和沼泽4种水体,不包括海洋。事实上,狭义的地表水与地下水很难严格分开,一部分地表水能够渗透形成地下水,同样,地下水也能够进入河湖和沼泽,成为地表水。

(3) 地下水

地下水,是贮存于包气带以下岩土空隙,包括岩土孔隙、裂隙和溶隙(洞)之中的水。如果只考虑水资源对人类的可利用性和有效性,地下水资源就不包括土壤水或生态水,土壤水通常是指赋存在土壤包气带中的水,又称包气带水。包气带土层中没能全部充满液态水,而有大量气水流动。包气带土层中上部主要是气态水和结合水,下部接近饱和带处充满毛细管水。而生态水通常指岩土空隙中为植物生长所需的水,原则上这部分水需要保证植物生存是不能被人类利用的。而地下水中真正能被人类利用的是地下水面以下扣除植被所需的那部分自由重力水。

地下水是水资源的重要组成部分,由于水量稳定、水质好,是农业灌溉、工矿和城市的重要水源之一。但在一定条件下,地下水的变化也会引起沼泽化、盐渍化、滑坡、地面沉降等环境问题。

1.1.3 水资源现状

1.1.3.1 全球水资源状况

地球总水量为 138.6×10^8 亿 m^3 ，表面面积为 5.1×10^8 km^2 。海洋面积为 3.61×10^8 km^2 ，占地球表面积的 70.8%，平均含盐量为 35 g/L 的海洋水量为 133.8×10^8 亿 m^3 ，占地球总储水量的 96.5%；陆地面积为 1.49×10^8 km^2 ，占地球总表面积的 29.2%，水量仅为 4.8×10^8 亿 m^3 ，占地球水储量的 3.5%。地球总水量中，其中淡水储量为 3.5×10^8 亿 m^3 ，占总储量的 2.53%。由于开发困难或技术经济的限制，到目前为止，海水、深层地下水、冰雪固态淡水等还很少被直接利用。比较容易开发利用的、与人类生活生产关系最为密切的河流、湖泊和浅层地下淡水资源，储量为 104.6×10^4 亿 m^3 ，只占淡水总储量的 0.34%，还不到全球水总量的万分之一。实际上人类可以利用的淡水量远低于此理论值，这是因为在总降水量中，有些是落在无人居住的地区如南极洲，或者降水集中于很短的时间内，由于缺乏有效的水利工程措施，很快地流入海洋之中。由此可见，尽管地球上的水是取之不尽的，但适合饮用的淡水水源却是十分有限的。全球各种水体储量见表 1-1。径流资源总量在世界各大洲中，以亚洲最多，非洲次之，大洋洲最少，具体如表 1-2 所示。

表 1-1 全球各种水体储量

水的类型	分布面积 /万 km^2	水储量 / 10^4 亿 m^3	占全球水总储量 /%	占全球淡水总储量 /%
海洋水	3 613	1 338 000	96.5	
地下水 (其中淡水)	13 480	23 400 12 870	1.7 0.94	30.1
土壤水	8 200	16.5	0.001	0.05
冰川和永久雪盖	1 622.75	24 064.1	1.74	68.7
永冻土底冰	2 100	300.00	0.222	0.86
湖泊水 (其中淡水)	206.87 123.64	176.40 91.00	0.013 0.007	0.26
沼泽水	268.26	11.47	0.000 8	0.03
河床水	14 880	2.12	0.000 2	0.006
生物水	51 000	1.12	0.000 1	0.003
大气水	51 000	12.90	0.001	0.04

引自 Igor Shiklomanov's chapter "World fresh water resources" in Peter H. Gleick (editor), 1993, Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources, Oxford University Press, New York.

表 1-2 世界各大洲淡水资源分布

名称	面积 /10 ⁴ km ²	年降水量		年径流量		径流 系数	径流模数 /[L/(s·km ²)]
		/mm	/km ³	/mm	/km ³		
欧洲	1 050	789	8 290	306	3 210	0.39	9.7
亚洲	4 347.5	742	32 240	332	14 410	0.45	10.5
非洲	3 012	742	22 350	151	4 750	0.2	4.8
北美洲	2 420	756	18 300	339	8 200	0.45	10.7
南美洲	1 780	1 600	28 400	660	11 760	0.41	21.0
大洋洲*	133.5	2 700	3 610	1 560	2 090	0.58	51.0
澳大利亚	761.5	456	3 470	40	300	0.09	1.3
南极洲	1 398	165	2 310	165	2 310	1.0	5.2
全部陆地	14 900	800	119 000	315	46 800	0.39	10.0

* 不包括澳大利亚,但包括塔斯马尼亚、新西兰岛和伊里安岛等岛屿。

1.1.3.2 我国水资源状况

我国地域辽阔,陆地国土面积约 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 10 000 km²以上的河流有 97 条,面积在 1 km²以上的湖泊约有 2 300 个,总面积约为 717 871 km²,约占陆地国土面积的 0.8%。全国水能蕴藏量为 6.8 亿 kW,占世界总量的 13.5%,可开发水能蕴藏量的 3.78 亿 kW,占世界总量的 16.8%。我国年平均河川径流量为 27 115 亿 m³,折合年径流深为 282 mm。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(表 1-3)。另外,我国地下水资源总量年平均为 7 279 亿 m³。由于地表水与地下水之间存在着相互转化,扣除其中重复计算部分,我国水资源总量大约为 28 124 亿 m³。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。

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 61 889 亿 m³,折合降水深为 648 mm,与全球陆地平均降水深 800 mm 相比约低 20%。淡水资源总量占全球水资源 6%的份额,仅次于巴西、俄罗斯和加拿大,居世界第四位。以国家统计局 2015 年的数据来看,我国全年水资源总量为 28 306 亿 m³,人口 13.746 2 亿(不包含港澳台),人均水资源量只有 2 059 m³,仅为世界平均水平的 1/4、美国的 1/5,在世界上名列 121 位,是全球 13 个人均水资源最贫乏的国家之一。扣除难以利用的洪水径流和散布在偏远地区的地下水资源后,我国现实可利用的淡水资源量则更少,仅为 11 000 亿 m³ 左右,人均可利用水资源量约为 800 m³,并且其分布极不均

衡。目前,全国 660 多座城市中,已有 400 多个城市存在供水不足问题,其中严重缺水城市达 114 个。

表 1-3 世界上水资源最丰富的国家径流资源比较

国家	径流量/亿 m ³	占世界总量/%	人均径流量/(m ³ /人)
巴西	51 912	11.0	43 700
俄罗斯	40 000	8.5	27 000
加拿大	31 220	6.7	129 600
美国	29 702	6.3	12 920
印度尼西亚	28 113	6.0	19 000
中国	27 115	5.8	1 973
印度	17 800	3.7	2 450
世界	468 700	100	10 340

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。主要表现在以下几个方面:

(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,但国土面积辽阔,人口众多,人均水资源量较小,居世界倒数第 13 位,属于世界上的贫水国。这是我国水资源的基本情况。

(2) 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。从 1987 年我国各流域片区水资源量(表 1-4)及与常年值接近的 2014 年各水资源一级区水资源量(表 1-5)统计情况来看,水资源空间分布总体情况是南方多北方少,东部多西部少,占全国总面积 60%的北方地区,水资源总量只占全国水资源总量的 19%(约为 5 270 亿 m³/a),不足南方的 1/4。北方地区地下水天然资源量约为 2 460 亿 m³/a,约占全国地下水天然资源量的 30%,不足南方的 1/2。特别是占全国约 1/3 面积的西北地区,水资源量仅有 1 280 亿 m³/a,只占全国水资源量的 4.6%;地下水天然资源量为 770 亿 m³/a,占全国地下水天然资源量的 9.5%。而东南及中南地区,面积仅占全国的 11%,但水资源量占全国的 28%,地下水天然资源量为 1 960 亿 m³/a,约占全国地下水天然资源量的 24.3%。水量与人口和耕地分布不相适应,这种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。

表 1-4 我国各流域片区水资源量统计

分区	计算面积 /km ²	年降水量 /(亿 m ³)	年河川径流量 /(亿 m ³)	年地下水量 /(亿 m ³)	年水资源总量 /(亿 m ³)
黑龙江流域 (中国境内)	903 418	4 476	1 166	431	1 352
辽河流域片	345 027	1 901	487	194	577
海滦河流域片	318 163	1 781	288	265	421
黄河流域片	794 712	3 691	661	406	744
淮河流域片	32 9211	2 830	741	393	961
长江流域片	1 808 500	19 360	9 513	2 464	9 613
珠江流域片	580 461	8 967	4 685	1 115	4 708
浙闽台诸河片	239 803	4 216	2 557	613	2 592
西南诸河片	851 406	9 346	5 853	1 544	5 853
内陆诸河片	3 321 713	5 113	1 064	820	1 200
额尔齐斯河	52 730	208	100	43	103
全国	9 545 322	61 889	27 115	8 288	28 124

据水利电力部水文局,1987。

表 1-5 2014 年各水资源一级区水资源量

水资源 一级区	平均降水量 /mm	地表水资源量 /亿 m ³	地下水资源量 /亿 m ³	地下水与地表水 资源不重复量 /亿 m ³	水资源总量 /亿 m ³
全国	622.3	26 263.9	7 745.0	1 003.0	27 266.9
北方 6 区	316.9	3 810.8	2 302.5	847.7	4 658.5
南方 4 区	1 205.3	22 453.1	5 442.5	155.3	22 608.4
松花江区	511.9	1 405.5	486.3	207.9	1 613.5
辽河区	425.5	167.0	161.8	72.7	239.7
海河区	427.4	98.0	184.5	118.3	216.2
黄河区	487.4	539.0	378.4	114.7	653.7
淮河区	784.0	510.1	355.9	237.9	748.0
长江区	1 100.6	10 020.3	2 542.1	130.0	10 150.3
其中:太湖流域	1 288.3	204.0	46.4	24.9	228.9
东南诸河区	1 779.1	2 212.4	520.9	9.8	2 222.2
珠江区	1 567.1	4 770.9	1 092.6	15.5	4 786.4
西南诸河区	1 036.8	5 449.5	1 286.9	0.0	5 449.5
西北诸河区	155.8	1 091.1	735.6	96.3	1 187.4

注:数据来源为 2014 年中国水资源公报,涉及的全国数据未包含香港、澳门特别行政区和台湾省。

(3) 水资源时间分布不均匀

我国水资源分布不均匀,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的形式排入海洋;而华北、西北和东北地区,年降水量多集中在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。

1.2 水资源属性

水是自然界最重要的物质组成之一,是环境中最活跃的要素,能以固、液、气的形态存在且能相互转化。它不停地运动着,积极参与自然环境中一系列物理的、化学的和生物的过程,具有非常好的自然物理化学属性(表 1-6),目前来说,没有哪种物质能够代替水。水资源作为自然的产物,具有天然水的特征和运动规律,表现出自然本质,即自然特性;同时,水作为一种资源在开发利用过程中,其与社会、经济、社会技术发生联系,表现出社会特征,即社会特性。

表 1-6 水的物理属性

属性	摩尔质量	摩尔体积	沸点	三相点	表面张力	蒸发压	热容量
值	18.015 g	55.5 mol/L	100 ℃, 1 atm	0.007 6 ℃, 611.73 Pa	73 dynes/cm (T=293 K)	0.021 2 atm, 20 ℃	4.22 kJ/(kg·K)
属性	电介质常数	黏度	密度	比热	热导率	临界温度	临界压力
值	78.54 at (T=298 K)	1.002 厘泊 (T=293 K)	1 g/cm ³	4 180 J/(kg·K) (T=293~ 373 K)	0.60 W/(m·K) (T=293 K)	647 K	22.1×10 ⁶ Pa
属性	水中声音 传播速度	相对介电 常数	蒸发热	熔解热	折射率		
值	1 480 m/s (T=293 K)	80 (T=298 K)	40.63 kJ/mol, 22.6×10 ⁵ J/kg	6.013 kJ/mol, 3.34×10 ⁵ J/kg	1.31 (ice; 589 nm; T=273 K; p=p ₀)	1.34 (water; 430~490 nm; T=293 K; p=p ₀)	1.33 (water; 590~690 nm; T=293 K; p=p ₀)