

水资源评价与管理

SHUIZIYUAN PINGJIA
YU GUANLI

孙秀玲 主 编

中国环境出版社

水资源评价与管理

孙秀玲 主编

中国环境出版社 · 北京

图书在版编目 (CIP) 数据

水资源评价与管理 / 孙秀玲主编. —北京: 中国环境出版社, 2013. 12

(山东省建造师人才培养战略研究成果丛书)

ISBN 978-7-5111-1707-6

I. ①水… II. ①孙… III. ①水资源—资源评价②水资源管理 IV. ①TV211.1②TV213.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 312967 号

出 版 人 王新程
策划编辑 易 萌
文字加工 刘钱州
责任编辑 罗永席
责任校对 尹 芳
封面设计 彭 杉

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67112739 (建筑图书出版中心)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2013 年 12 月第 1 版
印 次 2013 年 12 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 16
字 数 342 千字
定 价 45.00 元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究。】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

山东省建造师人才培养战略研究专著 编审委员会

(水利水电工程专业委员会)

主 任：万利国

副主任：刘长军 贾 超

主 审：刘肖军 苗兴皓

委 员：(按姓氏笔画排序)

刁伟明 于文海 王华杰 王孝亮 王艳玲

毕可敏 孙秀玲 李 军 张云鹏 苗兴皓

黄丽丽 董林玉 韩卫滨 薛振清

主 编：孙秀玲

编 辑：尹起亮 苗兴皓 王海军 张云鹏 王艳玲

李森焱

前 言

水资源是人类赖以生存和发展的基本物质之一，是人类生息不可替代和不可缺少的自然资源，也是一个国家综合国力的重要组成部分。随着人口的增长和社会的发展，对水的需求不断增加，水资源的供需矛盾日益突出，影响到了水资源长久可持续的利用，已成为人类生存及发展的重要影响因素。有效解决水资源问题的重要途径是在进行科学研究水资源形成、循环、分布及其变化规律的基础上，对水资源科学地调查、评价、开发、利用、优化配置、科学管理及保护。水资源评价是对水资源数量、质量及其开发利用程度的综合评价，是水资源科学规划、合理开发利用与保护的基础；水资源管理是运用法律、行政、经济、技术等手段对水资源的分配、开发、利用、调度 and 保护进行管理，是实现水资源可持续利用的有效途径。

本书是依据全国水资源综合规划、水资源评价、最严格的水资源管理制度、用水许可、水资源论证制度及相关的最新的技术标准、规范、导则以及新理论、新技术编写而成。本书共分 11 章，主要内容包括水资源数量评价、水资源质量评价、水资源开发利用评价与供需分析、水资源管理及最严格的水资源管理制度、水资源论证等内容。

本书孙秀玲任主编，参编人员：尹起亮、苗兴皓、王海军、张云鹏、王艳玲、李森焱。全书由刘肖军、苗兴皓审阅。

在编写过程中，得到了山东省住房和城乡建设厅、山东省水利厅等单位的大力支持和帮助；同时本书编者参考了众多的相关文献和资料，借鉴部分重要文献和深表歉意。在此，对为本书编写提供帮助和所有参考文献的作者表示诚挚的谢意。

因编者水平有限，书中定会存在不当或错误之处，恳请读者批评指正。

编者

2013 年 11 月

序

我国在 20 世纪 90 年代初着手研究建立注册建造师制度。1997 年颁布的《中华人民共和国建筑法》规定：“从事建筑活动的专业技术人员，应当依法取得相应的执业资格证书，并在执业证书许可的范围内从事建筑活动。”2002 年，原人事部、建设部颁布《建造师执业资格制度暂行规定》，正式推出建造师执业资格制度。从建造师执业资格制度启动伊始，山东省各级建设行政主管部门积极贯彻落实建造师执业资格制度，加强建造师考试、注册管理、继续教育等各项工作的宣传和管理力度，扎实推进了我省建设执业资格制度的发展。十多年来，山东省取得建造师执业资格的人员突破 15 万人，有力地促进了建筑业人才队伍的建设，对全省建设事业的健康发展发挥越来越重要的作用。

建造师执业资格制度是适应我国社会主义市场经济发展、加快工程建设领域改革开放步伐的一项重大举措。这项制度的建立，有利于发挥执业人员的技术支撑作用，降低资源和能源消耗、保护环境、控制工程建设投资成本；有利于规范我国建筑市场秩序，创造执业人员有序竞争的环境，规范执业人员的行为；有利于强化执业人员法律责任，增强执业人员责任心，确保工程质量和安全生产；有利于加强建筑业用工监管，防止拖欠农民工工资，促进社会和谐稳定；有利于加快我国建筑企业“走出去”步伐，提升我国建筑业国际竞争力。建造师应进一步解放思想，更新观念，牢固树立效益优先、创新创造、集约发展的理念，主动适应新形势要求，坚持与时俱进，及时更新知识，不断提高专业技能，严格遵守法律法规和建造师管理规章制度，全面推进建造师执业资格制度健康发展。

注册建造师是工程项目施工管理的主要负责人，对工程项目自开工准备至竣工验收实施全过程组织管理。注册建造师的基本素质、管理水平及其行为是否规范，对整个工程项目的质量、进度、安全生产、投资控制和遵章守法起着关键作用。在我国全面建设小康社会的这一重要历史时期，注册建造师承担的责任和任务繁重而又艰巨，注册师要有一种历史的责任感，坚持“百年大计，质量第一”和“安全第一，预防为主”的原则，用现代项目管理理论来指导和组织实施项目管理。

为进一步加强注册建造师队伍建设，增强建造师服务建设事业大局的能力和水平，省建设厅执业资格注册中心组织山东建筑大学、山东交通学院、山东大学水利水电学院、中国海洋大学培训中心等单位，并邀请一批施工企业优秀管理人员和建造师共同开展了山东省建造师人才培养战略研究工作，组织编写了五个专题的一系列研究专著，作为建造师学习的教材和参考书目。希望全体建造师不断加强学习，全面提升熟练运用各种新技术、新工艺、新材料的能力，奋发进取，努力把我省建设事业提高到一个新水平，为把我省全面建成小康社会作出更大贡献。

山东省住房和城乡建设厅

万利国

2013 年 10 月 25 日

目 录

第 1 章 水的赋存、水文循环与水资源形成	1
1.1 水的赋存与水文循环	1
1.2 水资源的含义	5
1.3 我国水资源的形成	6
1.4 水量平衡	7
1.5 水资源概况及特点	8
1.6 中国水资源量概况	11
1.7 山东水资源概况	12
第 2 章 降水量与蒸发量计算	18
2.1 降水量计算	18
2.2 蒸发量计算	26
第 3 章 地表水资源量计算	30
3.1 地表水资源计算中资料的搜集与处理	30
3.2 河川径流量计算	30
3.3 河川径流量的时空分布	33
3.4 分区地表水资源分析计算	37
3.5 出境、入境、入海地表水量计算	38
第 4 章 地下水资源量计算	40
4.1 有关概念	40
4.2 资料搜集	40
4.3 地下水类型区的划分	41
4.4 水文地质参数的确定方法	42

4.5	浅层地下水矿化度分区的确定方法	47
4.6	平原区各项补给量、排泄量、地下水资源量及蓄变量的计算	48
4.7	山丘区排泄量、入渗量和地下水资源量的计算方法	53
4.8	山丘、平原混合区多年平均地下水资源量的计算	57
4.9	南方地区地下水资源量的简化计算法	57
4.10	南方总水资源量中地表与地下水重复量的计算	58
4.11	地下水资源的时空分布	59
第5章	水资源总量计算	60
5.1	水资源总量计算	60
5.2	多年平均水资源总量的计算	60
5.3	不同频率水资源总量的计算	62
5.4	水资源总量的年际变化	62
第6章	水资源可利用量评价	63
6.1	水资源可利用量概念与分析原则	63
6.2	地表水资源可利用量计算	64
6.3	地表水资源可利用量计算实例	74
6.4	地下水资源可利用量	81
6.5	水资源可利用总量	83
第7章	水资源质量评价	84
7.1	水的特性	84
7.2	水质评价指标	89
7.3	水质评价标准	89
7.4	地表水水质评价	98
7.5	地下水水质评价	103
7.6	河流泥沙水质评价	105
第8章	水资源开发利用评价与供需分析	113
8.1	水资源开发利用现状调查与分析	113
8.2	需水预测	118
8.3	供水预测	123
8.4	水资源供需平衡分析	129
第9章	水资源管理	134
9.1	水资源管理的概念及内容	134
9.2	水资源管理的原则及管理体制	135
9.3	水资源管理的层次和基本制度	137

9.4 水资源管理的方法	141
第 10 章 最严格的水资源管理制度	148
10.1 最严格水资源管理制度提出的背景	148
10.2 最严格水资源管理制度的指导思想、核心内容及主要目标	149
10.3 实行最严格水资源管理制度关键技术支撑	151
10.4 山东省实行最严格水资源管理制度	153
第 11 章 建设项目水资源论证	165
11.1 概述	165
11.2 建设项目水资源论证的主要内容与等级	166
11.3 水资源论证的范围与程序	168
11.4 建设项目所在区域水资源状况及其开发利用分析	170
11.5 建设项目取用水合理性分析	170
11.6 建设项目地表取水水源论证	172
11.7 建设项目地下取水水源论证	175
11.8 建设项目取水和退水影响论证	178
11.9 特殊水源论证	182
11.10 基于最严格的水资源管理的水资源论证	183
附 录	186
水文统计计算附表	186
取水许可和水资源费征收管理条例	192
山东省取水许可管理办法	201
中共中央 国务院关于加强水利改革发展的决定	205
国务院关于实行最严格水资源管理制度的意见	212
山东省用水总量控制管理办法	216
山东省人民政府关于贯彻落实国发〔2012〕3 号文件实行最严格水资源 管理制度的实施意见	220
国务院办公厅关于印发实行最严格水资源管理制度考核办法的通知	226
山东省人民政府办公厅关于印发山东省实行最严格水资源管理制度 考核办法的通知	231
建设项目水资源论证管理办法	235
山东省建设项目水资源论证实施细则	237
《建设项目水资源论证工作大纲》编制提纲	240
《建设项目水资源论证报告书》编写提纲	242
参考文献	244

第 1 章 水的赋存、水文循环与水资源形成

1.1 水的赋存与水文循环

1.1.1 水的赋存

自然界的水有气态、液态和固态三种形态。一是在大气圈中以水汽的形态存在；二是在地球表面的海洋、湖泊、沼泽、河槽中以液态水的形态存在，其中，以海洋贮存的水量最多，而冰川水（包括永久冻土的底冰）以固态的形态存在；三是在地球表面以下的地壳中也存在着液态的水，即地下水。

地球上的水，正是指地球表面、岩石圈、大气圈和生物体内各种形态的水。地球上各种水的储量见表 1-1。

表 1-1 地球水储量

水的类型	储水总量		咸水		淡水	
	水量/km ³	所占比例 / %	水量/km ³	所占比例 / %	水量/km ³	所占比例 / %
海洋水	1 338 000 000	96.54	1 338 000 000	99.54	0	0
地表水	24 254 100	1.75	85 400	0.006	24 168 700	69.0
冰川与冰盖	24 044 100	1.736	0	0	24 064 100	68.7
湖泊水	176 400	0.013	85 400	0.006	91 000	0.26
沼泽水	11 470	0.000 8	0	0	11 470	0.033
河流水	2 120	0.000 2	0	0	2 120	0.006
地下水	23 700 000	1.71	12 870 000	0.953	10 830 000	30.92
重力水	23 400 000	1.688	12 870 000	0.953	10 530 000	30.06
地下冰	300 000	0.022	0	0	300 000	0.86
土壤水	16 500	0.001	0	0	16 500	0.05
大气水	12 900	0.000 9	0	0	12 900	0.04
生物水	1 120	0.000 1	0	0	1 120	0.003
全球总储量	1 385 984 600	100	1 350 955 400	100	35 029 200	100

1.1.2 自然界的水文循环

在自然因素与人类活动影响下,自然界各种形态的水处在不断运动与相互转换之中,形成了水文循环。形成水文循环的内因是固态、液态、气态水随着温度的不同而转移变换,外因主要是太阳辐射和地心引力。太阳辐射促使水分蒸发、空气流动、冰雪融化等,它是水文循环的能源;地心引力则是水分下渗和径流回归海洋的动力。人类活动也是外因,特别是大规模人类活动对水文循环的影响,既可以促使各种形态的水相互转换和运动,加速水文循环,又可能抑制各种形态水之间的相互转化和运动,减缓水文循环的进程。但水文循环并不是单一的和固定不变的,而是由多种循环途径交织在一起,不断变化、不断调整的复杂过程。水循环是地球上最重要、最活跃的物质循环之一。

1.1.2.1 大循环与小循环

自然界水循环按其涉及的地域和规模可分为大循环和小循环,见图1-1。从海洋面上蒸发的水汽被气流带到大陆上空,遇冷凝结,形成降水,到达地面后,其中一部分直接蒸发返回空中,另一部分形成径流(即陆地上按一定路径运动的水流),从地面及地下汇入河流,最后注入海洋,这种海陆间的水分交换过程称为大循环。在大循环过程中陆地上空也有水汽向海洋输送,但与海洋向陆地输送的水汽比较,数量甚微,因此总的来说,水汽是由海洋向陆地输送的,上述大循环中海洋向陆地输送的水汽是指净输送量。

海洋上蒸发的水汽中有一部分在空中凝结成水又降落海洋,或从陆地蒸发的水在空中凝结后又降回陆地,这种海洋系统或陆地系统的局部水循环称为小循环。前者称海洋小循环,后者称内陆小循环。

内陆小循环对内陆地区的降水有重要作用,因内陆远离海洋,直接受海洋输送的水汽不多,需通过内陆局部地区的水循环使水汽随气流不断向内陆输送。水汽在内陆上空冷凝降水后,一部分形成径流,另一部分再蒸发为水汽向更远的内陆输送,依此循环。但愈向内陆,水汽愈少,这就是沿海湿润,内陆干旱的原因。

水循环使水处于不停的运动状态之中,但其循环并非是以恒定的通量稳定地运转的,有时剧烈,以致大雨倾盆,江河横溢;有时相对平静,几乎停止,以致久旱不雨,河流干涸。这种不稳定性不仅表现在年内各季,也表现在年际间。

水循环中水的存在、运动和变化,统称为水文现象,各种现象在时间或空间上的变化称为水文过程。水循环是一切水文现象的变化根源。水循环中的主要水文要素有降水、蒸发、径流及下渗等,其中河川径流与人类关系密切。

1.1.2.2 影响水文循环的因素

影响水循环的因素很多,但都是通过影响降水、蒸发、径流和水汽输送而起作用的。

归纳起来有三类:

- ①气象因素:如风向、风速、温度、湿度等;
- ②下垫面因素:即自然地理条件,如地形、地质、地貌、土壤、植被等;
- ③人类改造自然的的活动:包括水利措施、农林水保措施和环境工程措施等。

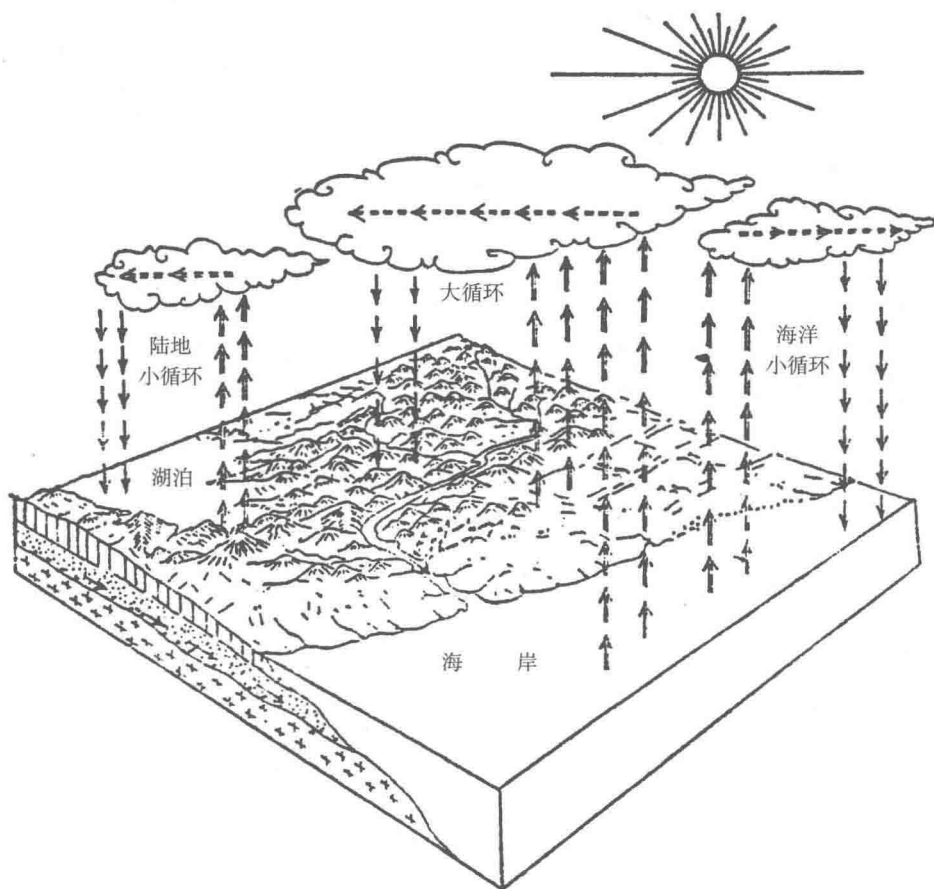


图 1-1 自然界水循环示意图

在这三类因素中，气象因素是主要的，因为蒸发、水汽输送和降水这三个环节，基本上决定了地球表面上辐射平衡和大气环流状况，而径流的具体情势虽与下垫面条件有关，但其基本规律还是取决于气象因素。

下垫面因素主要是通过蒸发和径流来影响水循环。有利于蒸发的地区，往往水循环很活跃，而有利于径流地区，则恰好相反，对水循环是不利的。

人类改造自然的的活动，改变了下垫面的状况，通过对蒸发、径流的影响而间接影响水循环。水利措施可分为两类：一是调节径流的水利工程如水库、渠道、河网等；另一个是坡面治理措施如水平沟、鱼鳞坑、土地平整等。农林措施如坡地改梯田、旱地改水田、深耕、密植、封山育林等。修水库以拦蓄洪水，使水面面积增加，水库淹没区原来的陆面蒸发变为水面蒸发，同时又将地下水位抬高，在其影响范围内的陆面蒸发也随之增加。此外，坡面治理措施和农林措施，也有利于下渗，而不利径流。在径流减小、蒸发加快后，降水在一定程度上也有所增加，从而促使内陆水循环加强。

1.1.2.3 我国水文循环的途径及主要循环系统

(1) 我国水文循环的途径：

我国地处西伯利亚干冷气团和太平洋暖湿气团进退交锋地区，一年内水汽输送和

降水量的变化,主要取决于太平洋暖湿气团进退的早晚和西伯利亚冷气团的强弱变化,以及七八月间太平洋西部的台风情况。

我国的水汽主要来自东南海洋,并向西北方向移动,首先在东南沿海地区形成较多的降水,越向西北,水汽量越少。来自西南方向的水汽输入也是我国水汽的重要来源,主要是由于印度洋的大量水汽随着西南季风进入我国西南地区,因而引起降水,但由于崇山峻岭的阻隔,水汽不能深入内陆腹地。西北边疆地区,水汽来源于西风环流带来的大西洋水汽。此外,北冰洋的水汽,借强劲的北风,经西伯利亚、蒙古进入我国西北地区,因风力较大而稳定,有时甚至可直接通过两湖盆地而达珠江三角洲地区,但所含水汽量少,引起的降水量并不多。我国东北方的鄂霍次克海的水汽随东北风来到东北地区,对该地区降水起着相当大的作用。

综上所述,我国水汽主要由东南和西南方向输入,水汽输出口主要是东部沿海。输入的水汽,在一定条件下凝结、降水成为径流。其中大部分经东北的黑龙江、图们江、绥芬河、鸭绿江、辽河,华北的深河、海河、黄河,中部的长江、淮河,东南沿海的钱塘江、闽江,华南的珠江,西南的元江、澜沧江以及台湾各河注入太平洋;少部分经怒江、雅鲁藏布江等流入印度洋;还有很少一部分经额尔齐斯河注入北冰洋。

一个地区的河流,其径流量的大小及其变化,取决于所在的地理位置,及在水文循环路线中外来水汽输送量的大小及季节变化,也受当地蒸发水汽形成的“内部降水”的多少所控制。因此,要认识一条河流的径流情势,不仅要研究本地区的气候及自然地理条件,也要研究其在大区域内水文循环途径中所处的地位。

(2) 中国主要水文循环系统:

根据水汽来源不同,我国主要有五个水文循环系统。

①太平洋水文循环系统:我国的水汽主要来源于太平洋。海洋上空潮湿的大气在东南季风与台风的影响下,大量的水汽由东南向西北方向移动,在东南沿海地区形成较多的降雨,越向西北降水量越少。我国大多数河流自西向东注入太平洋,形成太平洋水文循环系统。

②印度洋水文循环系统:来自西南方向的水汽也是我国水资源的重要来源之一。夏季主要是由于印度洋的大量水汽随着西南季风进入我国西南地区,也可进入中南、华东以至河套以北地区。但是由于高山的阻挡,水汽很难进入内陆腹地。另外,来自印度洋的是一股深厚、潮湿的气流,它是我国夏季降水的主要来源。由印度洋输入的水汽形成的降水,一部分通过我国西南地区的一些河流,如雅鲁藏布江、怒江等汇入印度洋,另一部分则参与了太平洋的水文循环。

③北冰洋水文循环系统:除前述北冰洋水汽经西伯利亚、蒙古进入我国西北外,有时可通过两湖盆地直到珠江三角洲地区,只是含水汽量少,引起的降水量不大。

④鄂霍次克海水文循环系统:在春季和夏季之间,东北气流把鄂霍次克和日本海的湿冷空气带入我国东北北部,对该区降水影响很大,降水后由黑龙江汇入鄂霍次克海。

⑤内陆水文循环系统:我国新疆地区,主要是内陆水文循环系统。大西洋少量的

水汽随西风环流东移,也能参与内陆水文循环。

此外,我国华南地区除受东南季风和西南季风影响外,还受热带辐合带的影响,把南海的水汽带到华南地区形成降水,并由珠江汇入南海。

1.2 水资源的含义

何谓资源?《辞海》对资源的解释是:“资财的来源,一般指天然的财源。”联合国环境规划署对资源的定义是:“所谓资源,特别是自然资源是指在一定时期、地点条件下能够产生经济价值,以提高人类当前和将来福利的自然因素和条件。”按《大英百科全书》的定义是:“人类可以利用的、天然形成的物质及其形成的环境——。”按《中国资源科学百科全书》的定义是:“人类可以利用的天然形成的物质与能量。”按《资源科学》的定义是:“各种有用的自然物。”广义上,人类在生产、生活和精神上所需求的物质、能量、信息、劳力、资金和技术等“初始投入”均可称为“资源”;狭义上,一定时间条件下,能够产生经济价值以提高人类当前和未来福利的自然因素的总称被称为“资源”。

资源的内涵和外延在不断地扩展、深化,不仅仅指可用于人类生产和生活部分的自然资源,还包括能给予人类精神享受的自然环境部分;资源是一切可被人类开发和利用的客观存在。实际上,资源的本质特性体现在其“可利用性”。毫无疑问,不能被人类所利用的不能称为资源。

水是一种重要的资源。水是人类及一切生物赖以生存的不可缺少的重要物质,也是工农业生产、经济发展和环境改善不可替代的极为宝贵的自然资源,同土地、能源等构成人类经济与社会发展的基本条件。

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。较早采用这一概念的是美国地质调查局(USGS)。1894年,该局设立了水资源处,其主要业务范围是对地表河川径流和地下水的观测。此后,随着水资源研究范畴的不断拓展,要求对“水资源”的基本内涵给予具体的界定。《大不列颠大百科全书》将水资源解释为“全部自然界任何形态的水,包括气态水、液态水和固态水的总量”,这一解释赋予了“水资源”十分广泛的含义。1963年英国的《水资源法》把“水资源”定义为:“(地球上)具有足够数量的可用水。”在水环境污染并不突出的特定条件下,这一概念赋予水资源比《大不列颠大百科全书》的定义更为明确的含义,强调了其在量上的可利用性。联合国教科文组织(UNESCO)和世界气象组织(WMO)共同制订的《水资源评价活动》中,定义“水资源”为:“可以利用或有可能被利用的水源,具有足够数量和可用的质量,并能在某一地点为满足某种用途而可被利用。”这一定义的核心主要包括两个方面,其一是应有足够的数量,其二是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。这一定义比英国《水资源法》中对“水资源”的定义具有更为明确的含义,不仅考虑了水的数量,同时还规定其必须

具备质量的可利用性。1988年8月1日颁布实施的《中华人民共和国水法》将“水资源”认定为“地表水和地下水”。《环境科学词典》(1994)定义水资源为“特定时空下可利用的水,是可再利用资源,不论其质与量,水的可利用性是有限制条件的”。《中国大百科全书》在不同的卷册中对水资源也给予了不同的解释,如在大气科学、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”;在水利卷中,水资源被定义为“自然界各种形态(气态、固态或液态)的天然水,并将可供人类利用的水资源作为供评价的水资源”。

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:水资源是一个看似简单却又非常复杂的概念。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。

综上所述,水资源可以被理解为是人类长期生存、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,水资源的概念具有广义和狭义之分。

狭义上的水资源是指一种可以再生的(逐年可得到恢复和更新),参与自然界水文循环的,在一定的经济技术条件下能够提供人类连续使用(不断更新、又不断供给使用),总是变化着的淡水资源。

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的物质,在社会生活和生产中具有使用价值和经济价值的水都可被称为水资源。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、经济和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。

1.3 我国水资源的形成

降水是水文循环的重要环节。我国降水的时空分布主要受上述五个主要的水文循环系统及其变化的控制,再加上诸多小循环的参与。降至地面的水,一部分产生地表

径流汇入河川、湖泊或水库形成了地表水，一部分渗入到地下贮存并运动于岩石的孔隙、裂隙或岩溶孔洞中，形成了地下水，还有一部分靠地球表面的蒸发（陆面蒸发）返回到大气中，以汽态的形态参与向大陆的输送。人们看到的滔滔不息的江河是地表水汇流的结果，而潺潺不断的涌泉则是地下水的天然露头，它们都是水循环过程中必然产生的自然现象。

在我国，降水是形成地表水和地下水的主要来源。因此，水资源的时空分布与降水的时空分布关系极为密切。降水多的地区水资源丰富，降水少的地区水资源缺乏，显示出水资源自东向西、自南向北由多变少的趋势。

河流是水循环的途径之一。降水落到地表后，除了满足下渗、蒸发、截蓄等损失外，多余的水量即以地面径流（又称漫流）的形式汇集成小的溪涧，再由许多溪涧汇集成江河。渗入土壤和岩土中的水分（其中一小部分水被蒸发到大气中）成了地下水，贮存于地下岩石的孔隙、裂隙和岩溶之中，并以地下径流的形式，非常缓慢地流向低处或直接进入河谷，或溢出成泉，逐渐汇入江河湖泊，参与了自然界的水分循环。

1.4 水量平衡

根据物质不灭定律，对任一区域，在给定的时段内，收入的水量和支出的水量之差额必定等于该区域内的蓄水变量，这就是水量平衡原理，依此原理可列出地球的水量平衡方程式。

水量平衡方程式是水文科学中广泛应用的极其重要的基本方程之一，它可以用来定量描述水循环要素间的相互关系和作用，由某些已知要素推断未知要素，或用来校核水文计算成果，对计算成果进行合理性分析等。

就多年平均情况而言，地球上海洋系统和陆地系统的蓄水变化都可看作为零，因此海洋系统的多年平均水量平衡方程式为：

$$\bar{E}_s = \bar{P}_s + \bar{R} \quad (1-1)$$

陆地系统的多年平均水量平衡方程式为

$$\bar{E}_l = \bar{P}_l - \bar{R} \quad (1-2)$$

式中 $\bar{E}_s$ 、 $\bar{E}_l$ ——分别为海洋和陆地的多年平均年蒸发量，mm；

$\bar{P}_s$ 、 $\bar{P}_l$ ——分别为海洋和陆地的多年平均年降水量，mm；

$\bar{R}$ ——从陆地注入海洋的多年平均年径流量，mm。

将以上两式相加，得到全球的多年平均水量平衡方程为

$$\bar{E}_s + \bar{E}_l = \bar{P}_s + \bar{P}_l \quad (1-3)$$

上式表明全球的多年平均年蒸发量等于全球的多年平均年降水量。

1.5 水资源概况及特点

1.5.1 地球水资源概况

水是地球上最丰富的一种化合物。全球约有 3/4 的面积覆盖着水，地球上的水总体积约有 13.86 亿 km³，其中 96.5% 分布在海洋，淡水只有 3 500 万 km³ 左右。若扣除无法取用的冰川和高山顶上的冰冠，以及分布在盐碱湖和内海的水量，陆地上淡水湖和河流的水量不到地球总水量的 1%。

降落到地上的雨、雪水，2/3 左右为植物蒸腾和地面蒸发所消耗，可供人们用于生活、生产的淡水资源每人每年约 1 万 m³。地球虽然有 70.8% 的面积为水所覆盖，但淡水资源却极其有限。在全部水资源中，97.5% 是咸水，无法饮用。在余下的 2.5% 的淡水中，有 87% 是人类难以利用的两极冰盖、高山冰川和永冻地带的冰雪。人类真正能够利用的是江河湖泊以及地下水中的一部分，仅占地球总水量的 0.25% 左右，而且分布不均。约 65% 的水资源集中在不到 10 个国家，而约占世界人口总数 40% 的 80 个国家和地区却严重缺水。世界各国和地区由于地理环境不同，拥有水资源的数量差别很大。按水资源量大小排队，前几名依次是：巴西、俄罗斯、加拿大、美国、印度尼西亚、中国、印度。若按人口平均，就是另一种结果了。世界各大洲水资源分布状况见表 1-2。

随着经济的不断发展，人们对淡水的需求不断增加，预测“2025 年，淡水资源紧缺将成为世界各国普遍面临的严峻问题”。

表 1-2 世界各大洲水资源分布状况

地区	面积/10 ⁴ km ²	年降水量		年径流量		径流系数	径流模数
		mm	km ³	mm	km ³		L/(s·km ²)
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	0.20	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 ^①	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

注：①不包括澳大利亚，但包括塔斯马尼亚岛、新西兰岛和伊里安岛等岛屿。

1.5.2 水资源的作用及特点

(1) 水资源的作用

水资源有许多自然特性和独特功能，如水能溶解多种物质，它能溶解植物所需的各种营养物质、盐类，并通过土壤的毛细管作用，被植物的根系吸收，供植物生长，