

水资源

规划与利用

SHUIZIYUAN
GUIHUA YU LIYONG

万红 张武 主编

第 1 卷



电子科技大学出版社

University of Electronic Science and Technology of China Press

水资源(910)百家谈设计图

水 资 源

规 划 与 利 用

SHUIZIYUAN
GUIHUA YU LIYONG

万 红 张 武 主 编



1. 水资源规划与利用 / 万红, 张武主编. — 成都: 电子科技大学出版社, 2010. 200页. 21cm. ISBN 978-7-312-03120-1
I. ①水… II. ①万… ②张… III. ①水资源—规划—研究 IV. ①TV112.3
2. 水资源规划与利用 / 万红, 张武主编. — 成都: 电子科技大学出版社, 2010. 200页. 21cm. ISBN 978-7-312-03120-1
I. ①水… II. ①万… ②张… III. ①水资源—规划—研究 IV. ①TV112.3
3. 水资源规划与利用 / 万红, 张武主编. — 成都: 电子科技大学出版社, 2010. 200页. 21cm. ISBN 978-7-312-03120-1
I. ①水… II. ①万… ②张… III. ①水资源—规划—研究 IV. ①TV112.3
4. 水资源规划与利用 / 万红, 张武主编. — 成都: 电子科技大学出版社, 2010. 200页. 21cm. ISBN 978-7-312-03120-1
I. ①水… II. ①万… ②张… III. ①水资源—规划—研究 IV. ①TV112.3
5. 水资源规划与利用 / 万红, 张武主编. — 成都: 电子科技大学出版社, 2010. 200页. 21cm. ISBN 978-7-312-03120-1
I. ①水… II. ①万… ②张… III. ①水资源—规划—研究 IV. ①TV112.3
6. 水资源规划与利用 / 万红, 张武主编. — 成都: 电子科技大学出版社, 2010. 200页. 21cm. ISBN 978-7-312-03120-1
I. ①水… II. ①万… ②张… III. ①水资源—规划—研究 IV. ①TV112.3
7. 水资源规划与利用 / 万红, 张武主编. — 成都: 电子科技大学出版社, 2010. 200页. 21cm. ISBN 978-7-312-03120-1
I. ①水… II. ①万… ②张… III. ①水资源—规划—研究 IV. ①TV112.3
8. 水资源规划与利用 / 万红, 张武主编. — 成都: 电子科技大学出版社, 2010. 200页. 21cm. ISBN 978-7-312-03120-1
I. ①水… II. ①万… ②张… III. ①水资源—规划—研究 IV. ①TV112.3
9. 水资源规划与利用 / 万红, 张武主编. — 成都: 电子科技大学出版社, 2010. 200页. 21cm. ISBN 978-7-312-03120-1
I. ①水… II. ①万… ②张… III. ①水资源—规划—研究 IV. ①TV112.3
10. 水资源规划与利用 / 万红, 张武主编. — 成都: 电子科技大学出版社, 2010. 200页. 21cm. ISBN 978-7-312-03120-1
I. ①水… II. ①万… ②张… III. ①水资源—规划—研究 IV. ①TV112.3

 电子科技大学出版社
University of Electronic Science and Technology of China Press

· 成 都 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

水资源规划与利用 / 万红, 张武主编. — 成都:
电子科技大学出版社, 2018.3
ISBN 978-7-5647-5884-4

I. ①水… II. ①万…②张… III. ①水资源管理—
研究②水资源利用—研究 IV. ① TV213

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 051560 号

水资源规划与利用

万红 张武 主编

策划编辑 罗雅
责任编辑 刘凡

出版发行 电子科技大学出版社
成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦九楼 邮编: 610051

主 页 www.uestcp.com.cn

服务电话 028-83203399

邮购电话 028-83201495

印 刷 成都市火炬印务有限公司

成品尺寸 185mm×260mm

印 张 12.25

字 数 308 千字

版 次 2018 年 3 月第 1 版

印 次 2018 年 3 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5647-5884-4

定 价 38.00 元

版权所有 侵权必究

前 言

随着人口增长、经济社会发展,对水资源的需求量不断增加,水资源短缺和水环境污染问题日益突出,严重地困扰着人类的生存和发展。水问题已不再局限于某一地区或某一时段,而成为全球性、长期的关注焦点。如何应对水问题,不仅要靠科学技术和经济基础来保障,更要靠水行政主管部门的合理规划与科学利用。水资源规划与利用正是在这一背景下形成的,它是水利工作的重要组成部分,对水资源的合理开发利用、优化调配和有效管理利用具有重要的指导作用。

本教材是高等院校水利水电类本科专业的通用教材,是根据全国高等院校水利水电类精品规划教材出版计划编写完成的。作为专业课程教材,全国高等院校水利水电类精品规划教材编写会议上与会专家讨论了本教材的编写大纲,确认了教材的主要内容,并对核心内容提出了建设性的意见。本教材本着少而精、易掌握,同时不失系统性、完整性、严谨性和实用性的原则编写,使之具有科学性、先进性的特点,满足好教好学的要求,使学生掌握水资源规划及利用的基本原理和分析方法,能把所学的理论方法在工程实践中加以应用。

本教材内容涉及水资源的开发利用、水库兴利调节、水库洪水调节、水能计算及水电站在电力系统中的运行方式、水电站主要参数的选择、河流综合利用规划与水库群调节、水资源管理与水库调度、水资源评价及系统分析等内容。本教材内容成熟,简明扼要,讲解清楚,适合水利水电工程本科专业教学使用,也可供相关领域的技术人员和管理人员参考。感谢关心和支持本教材编写、出版的所有专家和编辑同志。

同时,由于水资源规划与利用工作的复杂性和特殊性,编撰本书确实有一定难度。书中错误和缺点在所难免,欢迎广大读者不吝赐教。

编 者

2017年12月

目 录

| | |
|----------------------------|----|
| 第一章 概 论 | 1 |
| 第一节 水资源的概念与特性 | 1 |
| 第二节 水能资源概述 | 4 |
| 第三节 全球与中国水资源状况 | 6 |
| 第四节 可持续发展与水生态文明建设 | 9 |
| 第二章 水资源规划的主要内容 | 13 |
| 第一节 水资源规划的基本内容 | 13 |
| 第二节 水资源优化配置 | 19 |
| 第三节 实施水资源规划管理的意义及要求 | 22 |
| 第三章 水资源的综合利用 | 27 |
| 第一节 水资源综合利用概述 | 27 |
| 第二节 水力发电 | 27 |
| 第三节 防洪与治涝 | 32 |
| 第四节 灌 溉 | 35 |
| 第五节 其他水利部门 | 39 |
| 第六节 各水利部门间的矛盾及其协调 | 43 |
| 第四章 水库兴利调节 | 47 |
| 第一节 概 述 | 47 |
| 第二节 水库特性曲线、特征水位和特征库容 | 48 |
| 第三节 兴利调节的作用及分类 | 55 |
| 第四节 水库兴利设计保证率 | 58 |
| 第五节 设计代表期 | 61 |
| 第六节 兴利调节计算的原理与方法 | 63 |
| 第七节 年调节水库兴利调节计算 | 65 |
| 第八节 多年调节计算的概率法 | 66 |
| 第五章 水库洪水调节 | 73 |
| 第一节 概 述 | 73 |



| | | |
|-------------|------------------|------------|
| 第二节 | 水库调洪的基本原理 | 79 |
| 第三节 | 水库调洪计算的基本方法 | 81 |
| 第四节 | 其他情况下的水库调洪计算 | 84 |
| 第六章 | 水库调度 | 89 |
| 第一节 | 水库调度的意义及调度图 | 89 |
| 第二节 | 水电站水库调度 | 91 |
| 第三节 | 水库灌溉调度 | 98 |
| 第四节 | 水库防洪调度 | 103 |
| 第五节 | 水库优化调度简介 | 106 |
| 第七章 | 水资源供需平衡预测 | 109 |
| 第一节 | 简 述 | 109 |
| 第二节 | 经济社会发展预测 | 111 |
| 第三节 | 需水量预测 | 114 |
| 第四节 | 可供水量计算 | 125 |
| 第五节 | 供水预测 | 129 |
| 第六节 | 节水目标与措施 | 131 |
| 第七节 | 节水方案与投资 | 134 |
| 第八节 | 水资源保护措施 | 137 |
| 第八章 | 水资源评价 | 142 |
| 第一节 | 水资源评价的要求和内容 | 142 |
| 第二节 | 水资源数量评价 | 146 |
| 第三节 | 水资源质量评价 | 159 |
| 第四节 | 水资源综合评价 | 162 |
| 第五节 | 水资源开发利用评价 | 164 |
| 第九章 | 水资源系统分析 | 167 |
| 第一节 | 水问题的严峻性 | 167 |
| 第二节 | 水资源系统分析的必要性和目标 | 168 |
| 第三节 | 水资源系统决策结构性分析 | 174 |
| 第四节 | 水资源系统模型的建立与识别 | 176 |
| 第五节 | 水资源系统分析优化技术与模拟技术 | 180 |
| 第六节 | 水资源系统分析方法及其效用 | 185 |
| 参考文献 | | 188 |

第一章 概 论

第一节 水资源的概念与特性

一、水资源的概念

随着 1894 年美国地质调查局水资源处的成立,“水资源”一词正式出现并被广泛接纳。在经历了人类不同发展时期后,出现了多种对水资源的不同界定,其内涵也得到不断的充实和完善。在《大英百科全书》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”。这个定义为水资源赋予了极其广泛的内涵,却忽略了资源的使用价值。在 1963 年英国的《水资源法》中,水资源又被定义为“具有足够数量的可利用水资源”,在这里则强调了水资源的可利用性特点。1988 年,在联合国教科文组织(UNESCO)和世界气象组织(WMO)共同制定的《水资源评价活动——国家评价手册》中,水资源则更详细地被定义为“可以利用或有可能被利用的资源,具有足够数量和可用的质量,并在某一地点为满足某种用途而可被利用”。当然,这也不是对水资源的最终定义。一般来说,水资源的概念存在着广义和狭义之分。广义的水资源,是指人类能够直接或间接利用的地球上的各种水体,包括天上的降水、河湖中的地表水、浅层和深层的地下水(包括土壤水)、冰川、海水等。

狭义的水资源,是指与生态环境保护和人类生存与发展密切相关的、可以利用的,而又逐年能够得到恢复和更新的淡水,其补给来源为大气降水。该定义反映了水资源具有下列性质:①水资源是生态环境存在的基本要素,是人类生存与发展不可替代的自然资源;②水资源是在现有技术、经济条件下通过工程措施可以利用的水,且水质应符合人类利用的要求;③水资源是大气降水补给的地表、地下产水量;④水资源是可以通过水循环得到恢复和更新的资源。

对于某一流域或局部地区而言,水资源的含义则更为具体。广义的水资源就是大气降水,地表水资源、土壤水资源和地下水资源是其三大主要组成部分。对于一个特定范围,水资源主要有两种转化途径:一是降水形成地表径流、壤中径流和地下径流并构成河川径流,通过水平方向排泄到区域外;二是以蒸发和散发的形式通过垂直方向回归到大气中。因为河川径流与人类的关系最为密切,故将它作为狭义水资源。这里所说的河川径流包括地表



径流、壤中径流和地下径流。水资源的一般组成如图 1-1 所示。

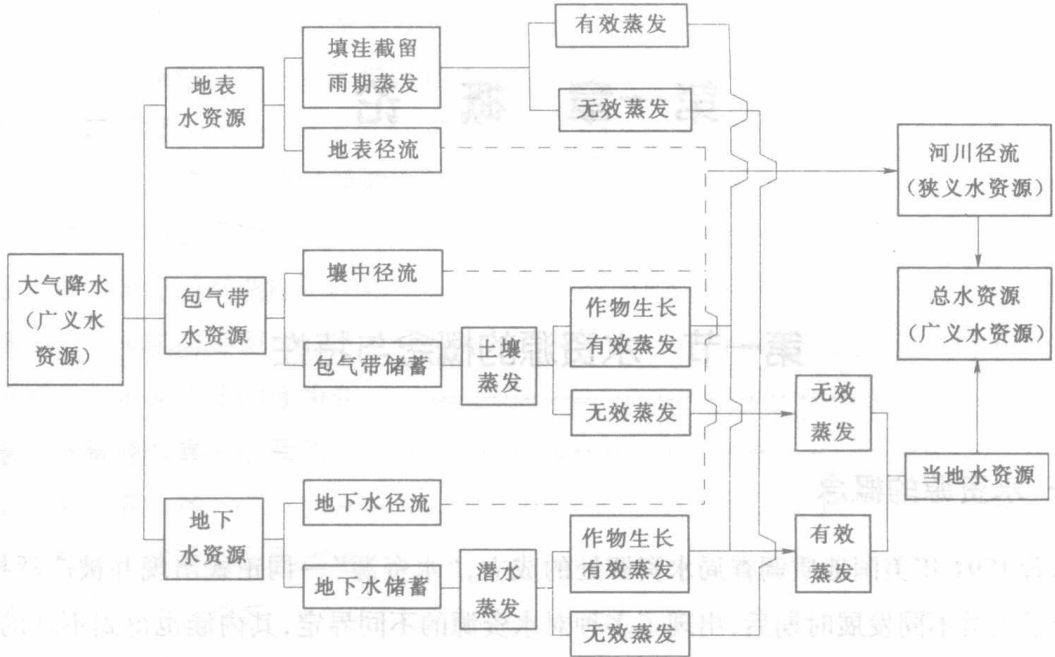


图 1-1 流域水资源组成示意图

从图 1-1 中可以看出,常说的“水资源”(或计算的水资源量)有两种不同的含义。一般在流域或区域水资源规划中,常常用到的是狭义水资源,即河川径流。另外,为了避开人类活动的影响,便于对比分析,人们又经常计算天然状态下的水资源量,并将其作为一个流域或区域水资源规划或配置的基础流量。本书在没有特别说明的情况下均把天然状态下的河川径流作为水资源量来计算。

二、水资源的特性

水资源是人类和所有生物不可缺少的一种特殊的自然资源。它具有以下特性。

(一) 流动性

自然界中所有的水都是流动的,地表水、地下水、土壤水、大气水之间可以互相转化,这种转化是永无止境的,没有开始也没有结束。这一特性是由水资源自身的物理性质决定的。也正是由于水资源这一固有特性,才使水资源可以恢复和再生,为水资源的可持续利用奠定了物质基础。

(二) 可再生性

自然界中的水不仅是流动的,而且是可以补充更新的,处于永无止境的循环之中,这就是水资源的可再生性。具体来讲,水资源的可再生性是指水资源在水量上损失(如蒸发、流失、取用等)后和(或)水体被污染后,通过大气降水和水体自净(或其他途径)可以得到恢复和更新的一种自我调节能力。这是水资源可供永续开发利用的本质特性。



(三) 多用途性

水是一切生物不可缺少的资源。不仅如此,人类还广泛地利用水,使水有多种用途,比如,工业生产、农业生产、水力发电、航运、水产养殖等用水。人们对水的多用途性的认识导致其对水资源依赖性日益加深,特别是在缺水地区,为争水而引发的矛盾或冲突时有发生。水的多用途性是人类开发利用水资源的动力,也是水被看作一种极其珍贵资源的缘由,同时也是水矛盾产生的外在因素。

(四) 公共性

水是流动的,不能因为水流经本地区就认为水归本地区所有,要把水资源看成是一种公共资源,这是由水资源的自然属性所决定的。另外,许多部门、行业都使用水,也要求把水资源看成是一种公共资源,这是由水资源的社会属性决定的。自2002年10月1日起施行的《中华人民共和国水法》第三条明确规定,“水资源属于国家所有。水资源的所有权由国务院代表国家行使”。第二十八条规定,“任何单位和个人引水、截(蓄)水、排水,不得损害公共利益和他人的合法权益”。

(五) 利与害的两重性

水是极其珍贵的资源,给人类带来很多利益。但是,如果水的集中过快(如暴雨洪水)、过多(如洪涝),又会给人类带来灾害。人们常说,水是一把双刃剑,比金珍贵;又凶猛于虎。这就是水的利与害的两重性。人类在开发利用水资源的过程中,一定要“用其利、避其害”。

(六) 有限性

虽然水资源具有流动性和可再生性,但它同时又具有有限性。这里所说的“有限性”是指,“在一定区域、一定时段内,水资源量是有限的,即不是无限可取的”。从全球情况来看,地球水圈内全部水体总储存量达到13.86亿 km^3 ,绝大多数储存在海洋、冰川、多年积雪、两极和多年冻土中,现有的技术条件很难利用。便于人类利用的水只有0.1065亿 km^3 ,仅占地球总储存水量的0.77%。也就是说,地球上可被人类所利用的水量是有限的。从我国情况来看,中国国土面积960万 km^2 ,多年平均河川径流量为27115亿 m^3 。在河川径流总量上仅次于巴西、俄罗斯、加拿大、美国、印度尼西亚。再加上不重复计算的地下水资源量,我国水资源总量大约为28124亿 m^3 。总而言之,人类每年从自然界可获取的水资源量是有限的。这一特性对我们认识水资源极其重要。以前,人们认为“世界上的水是有限的”,从而导致人类无序开发利用水资源,并造成水资源短缺、水环境破坏。事实证明,人类必须保护有限的水资源。



第二节 水能资源概述

一、水能资源定义

(一) 广义水能资源

人类开发利用水能资源的历史源远流长。根据《中华人民共和国可再生能源法释义》(全国人大常委会法工委编)对水能(hydropower resources)的定义是:风和太阳的热引起水的蒸发,水蒸气形成了雨和雪,雨和雪的降落形成了河流和小溪,水的流动产生了能量,称为水能。当代水能资源开发利用的主要内容是水电能资源的开发利用,以致人们通常把水能资源(water power resources)、水力资源(hydraulic power resources)和水电资源(hydroelectric resources)作为同义词,而实际上,水能资源包含着水热能资源、水力能资源、水电能资源和海水能资源等广泛的内容。

1. 水热能资源

水热能资源也就是人们通常所知的天然温泉。在古代,人们已经开始直接利用天然温泉的水热能资源,建造浴池,沐浴治病健身。现代人们也利用水热能资源进行发电和取暖。如冰岛,该国2003年水电发电量为70.8亿kW·h,其中利用地热(即水热能资源)发电就达14.1亿kW·h,全国86%的居民已利用地热(水热能资源)取暖。我国西藏地区已建成装机2.5万kW的羊八井电站,也是利用地热(水热能资源)发电。据专家预测,我国近百米内土壤每年可采集的低温能量(以地下水为介质)可达15000亿kW。目前我国地热发电装机容量为3.53万kW。

2. 水力能资源

水力能包括水的动能和势能,中国古代已广泛利用湍急的河流、跌水和瀑布的水力能资源,建造水车、水磨和水碓等机械,进行提水灌溉、粮食加工、舂稻去壳。18世纪30年代,欧洲出现了集中开发利用水力资源的水电站,为面粉厂、棉纺厂和矿山开采等大型工业提供动力。现代出现的用水轮机直接驱动离心水泵,产生离心力提水,进行灌溉的水轮泵站,以及用水流产生水锤压力,形成高水压直接进行提水灌溉的水锤泵站等,都是直接开发利用水力资源。

3. 水电能资源

19世纪80年代,当电被发现后,根据电磁理论制造出发电机,建成把水电站的水力能转化为电能的水力发电站,并输送电能到用户,使水电能资源开发利用进入了蓬勃发展时期。现在所说的水电能资源通常称为水能资源。在水能资源中,除河川水能资源外,海洋中还蕴藏着巨大的潮汐、波浪、盐差和温差能量。据估计,全球海洋水能资源为760亿kW,是陆地



河川水能理论蕴藏量的 15 倍多,其中潮汐能为 30 亿 kW,波浪能为 30 亿 kW,温差能为 400 亿 kW,盐差能为 300 亿 kW。当前人类对海洋水能资源的利用只有对潮汐能的开发利用技术达到了可以大规模开发的实用性阶段,其他能源的开发利用,都还需进一步研究。只有在技术经济的可行性上取得突破性成果,才能达到实用的开发利用程度。我们通常所说的开发利用海洋能,最主要是开发利用潮汐能。月球和太阳对地球海水面吸引力引起海水水位周期性的涨落现象,称为海洋潮汐。海水涨落就形成了潮汐能。从原理上讲,潮汐能是一种利用潮位涨落产生的机械能。11 世纪出现了潮汐磨坊,20 世纪初,德国和法国开始建造小型潮汐电站。据估算,全世界可开发利用的潮汐能为 10 亿~11 亿 kW,年发电量约 12400 亿 kW·h。我国潮汐能可开发资源装机容量为 2158 万 kW,年发电量为 300 亿 kW·h。目前世界上最大的潮汐电站是法国的朗斯潮汐电站,装机容量为 24 万 kW。我国于 1985 年建成的浙江江厦潮汐电站,装机容量为 3200kW,居世界第三位。此外,在我国海洋中,波浪能蕴藏量约 1285 万 kW,潮流能蕴藏量约 1394 万 kW,盐差能蕴藏量约 1.25 亿 kW,温差能约 13.21 亿 kW。综上所述,我国海洋能总计约 15 亿 kW,超过陆地河川水能理论蕴藏量 6.94 亿 kW 的 2 倍多,具有广阔的开发利用前景。现在,世界各国都大量投入,竞相研究如何开发利用蕴藏在海洋中的巨大能源的技术途径。

(二) 狭义水能资源

狭义水能资源指水体的动能、势能和压力能等能量资源,是自由流动的天然河流的出力和能量,称为河流潜在的水能资源,或称水力资源。

二、世界水能资源分布

据 1996 年《国际水力发电和坝工建设手册》统计的数据,全世界理论水能资源蕴藏量共 413095 亿 kW·h/a,其中技术可开发水能资源为 117549 亿 kW·h/a。全世界水电装机容量 1995 年底为 6.9 亿 kW,年发电量 21491.2 亿 kW·h,开发利用程度为 18.3%。多数发达国家一般都优先开发水电,至 20 世纪 70 年代末水电开发利用程度已较高;20 世纪 80 年代以来,继续开发水电的潜力已不大,如瑞士、法国、奥地利、西班牙、英国、美国、意大利和日本等国家的水能开发利用程度均在 50% 以上,最高达 74%。发展中国家过去由于政治和经济等原因,水能资源开发较缓慢,水电开发利用程度长期不高,但近三四十年来,尤其是 20 世纪 80 年代中期,水电开发速度大大加快,水能资源利用程度迅速提高。2010 年 8 月 25 日,云南省华能小湾水电站四号机组(装机容量为 70 万 kW)正式投产发电,成为中国水电装机突破 2 亿 kW 标志性机组,我国水力发电总装机容量由此跃居世界第一。

目前,世界上水电总装机容量超过 1000 万 kW 的有 16 个国家,水电装机容量排在前 5 位的国家分别为中国、美国、加拿大、巴西和俄罗斯。



三、我国水能资源分布

我国国土辽阔,河流众多,大部分位于温带和亚热带季风气候区,降水量和河流径流量丰沛;地形西部多高山,并有世界上最高的青藏高原,许多河流发源于此;东部则为江河的冲积平原;在高原与平原之间又分布着若干次一级的高原区、盆地区和丘陵区。地势的巨大高差,使大江大河形成极大的落差,如径流丰沛的长江、黄河等落差均超过 4000m^3 。因此,我国的水能资源非常丰富。据第三次全国性水能资源普查,我国水能资源理论蕴藏量为 6.76 亿 kW,其中可开发的水能资源为 3.78 亿 kW,如全部得到开发,所发电量可达 1.92 万亿 kW·h,约占世界可开发水能资源年发电量的 1/5,居世界首位。我国水能资源在地区分布上很不均匀,水能资源大部分集中在西南地区,中南和西北为次,华北、东北和华东地区所占比例很小。从各水系水能资源的分布看,长江是我国水能资源最丰富的水系,其水能资源主要分布在于中、上游及乌江、雅砻江、大渡河、汉水、资水、沅江、湘江、赣江、清江等众多支流。

四、中国河川水能资源的特点

中国河川水能资源的特点如下:

(1)资源量大,占世界首位。

(2)分布很不均匀,大部分集中在西南地区,其次在中南地区,经济发达的东部沿海地区的水能资源较少。而中国煤炭资源多分布在北部。形成北煤南水的格局。

(3)大型水电站的比重很大,单站规模大于 200 万 kW 的水电站资源量占 50%。已于 2009 年完工的长江三峡工程的装机容量为 2250 万 kW,多年平均年发电量为 840 亿 kW·h。位于雅鲁藏布江的墨脱水电站,经查勘研究,其装机容量可达 4380 万 kW,多年平均年发电量为 2630 亿 kW·h。

第三节 全球与中国水资源状况

一、全球水资源状况

从表面上看,地球上的水量是非常丰富的。地球表面积约 5.1亿 km^2 ,水圈内全部水体总储存量达到 13.86亿 km^3 。海洋面积 3.61亿 km^2 ,占地球表面积的 70.8%。海洋水量为 13.38亿 km^3 ,占地球总储存水量的 96.5%。但这部分巨大的水体属于高盐量的咸水,除极少数水体被利用(作为冷却水、海水淡化等)外,绝大多数是不能被利用的。地球上陆地面积为 1.49亿 km^2 ,占地球表面积的 29.2%,水量仅有 0.48亿 km^3 ,占地球总储存水量的 3.5%。就是陆面上的有限水体也并不全是淡水,淡水量仅有 0.35亿 km^3 ,占陆地水储存量的



73%,其中0.24亿 km^3 分布于冰川、多年积雪、两极和多年冻土中,现有技术条件下很难利用。便于人类利用的水只有0.1065亿 km^3 ,占淡水总量的30.4%,仅占地球总储存水量的0.77%。也就是说,虽然地球上水量丰富,但水资源总量极其有限。地球上水的组成,如图1-2所示。

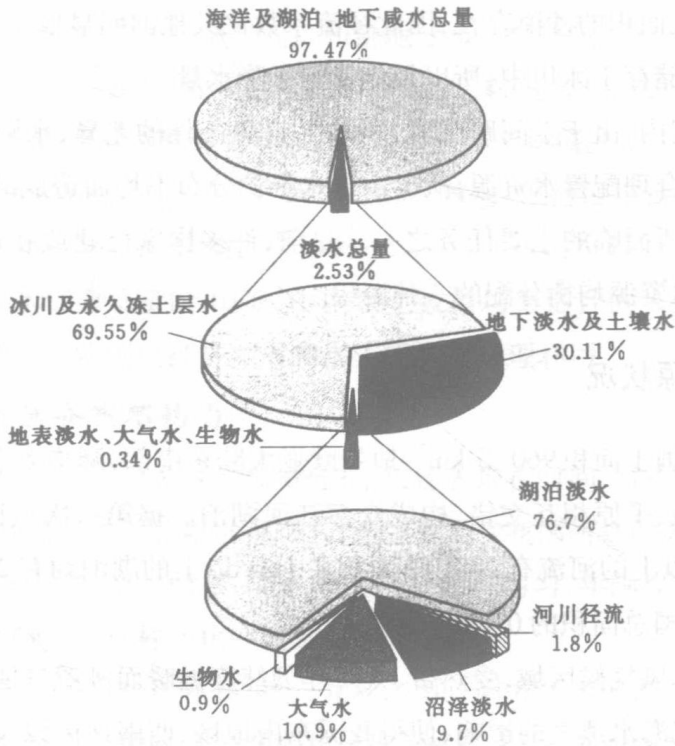


图 1-2 地球上水的组成

(根据联合国教科文组织 1978 年发布的数据)

同时,由于受地理位置和地形地貌的影响,水资源的空间分布是极不均衡的。表 1-1 列出了世界各大洲年降水及年径流分布状况。

表 1-1 世界各大洲年降水及年径流分布

| 洲名 | 面积(万 km^2) | 年降水 | | 年径流 | | 径流系数 |
|---------|----------------------|------|---------------------------|------|---------------------------|------|
| | | mm | $\times 10^3 \text{km}^3$ | mm | $\times 10^3 \text{km}^3$ | |
| 亚洲 | 4347.5 | 741 | 32.2 | 332 | 14.41 | 0.45 |
| 非洲 | 3012 | 740 | 22.3 | 151 | 4.57 | 0.2 |
| 北美洲 | 2420 | 756 | 18.3 | 339 | 8.2 | 0.45 |
| 南美洲 | 1780 | 1596 | 28.4 | 661 | 11.76 | 0.41 |
| 南极洲 | 1398 | 165 | 2.31 | 165 | 2.31 | 1 |
| 欧洲 | 1050 | 790 | 8.29 | 306 | 3.21 | 0.39 |
| 澳大利亚 | 761.5 | 456 | 3.47 | 39 | 0.3 | 0.09 |
| 大洋洲(各岛) | 133.5 | 2704 | 3.61 | 1566 | 2.09 | 0.58 |
| 全球内陆 | 14902.5 | 798 | 118.88 | 314 | 46.85 | 0.39 |

资料来源:《中国大百科全书》(水利卷,1992年)。



由表 1-1 可见,全球以大洋洲(澳大利亚除外)年降雨量最大,其水资源量也极为丰富,而澳大利亚由于降水稀少,荒漠和半荒漠面积达到 2/3,使得径流系数明显偏低;次之,降雨量较丰沛的是南美洲,而亚洲、非洲、北美洲、欧洲的降雨量都接近全球平均水平,非洲气候炎热,蒸发强烈,有大面积的沙漠存在,因此径流系数比其他洲明显偏小;南极洲降水虽然不多,但由于降水全部储存于冰川中,所以径流量等于降水量。

即使在同一个洲内,由于空间跨度大,再加上自然条件的差异,水资源的分布也是很均匀的。因此,如何合理配置水资源,减少由于水资源分布不均而造成的经济社会发展不平衡,是当前水利工作所面临的主要任务之一。目前,许多国家已建或在建大型调水工程,这也反映了人类对于水资源均衡分配的一种渴望。

二、我国水资源状况

我国地域辽阔,国土面积 960 万 km^2 ,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,构成众多江河湖泊。据第一次全国水利普查统计,流域面积在 10000 km^2 以上的河流有 238 条;面积在 1 km^2 以上的湖泊约有 2865 个,总面积约为 7.80 万 km^2 ,约占全国总面积的 0.8%。

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的影响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。

据统计,我国年平均河川径流量为 27115 亿 m^3 ,折合年径流深为 282mm。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。另外,我国地下水资源总量年平均为 7279 亿 m^3 。由于地表水与地下水之间存在相互转化,扣除其中重复计算部分,我国水资源总量大约为 28124 亿 m^3 。

虽然我国水资源总量较大,但人均占有量、平均降水深度较小。据计算,我国多年平均降水量约为 61889 亿 m^3 ,折合降水深度为 648mm,与全球陆地平均降水深 800mm 相比约低 20%。我国人均占有河川径流量约为 2086 m^3 ,仅相当于世界人均占有量的 1/4,美国人均占有量的 1/6,亩均水量约为世界亩均水量的 2/3。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,但我国的人口基数和面积基数大,人均和亩均水资源量都较小,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、气候条件,决定了它的水资源特点。主要表现如下。

(一) 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,居世界第 6 位,但它面积辽阔,需要养育的人口众多,这就导致了亩均和人均水资源量均较小。人均水资源量居世界倒数第 13 位,属于世界上的



贫水国。这是我国水资源的基本国情。

(二) 水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,导致水资源丰枯地区之间差异比较大,总体状况是南多北少,水量与人口和耕地分布不相适应。长江流域及其以南的珠江流域、浙闽台、西南诸河等四片,面积占全国的 36.5%,耕地占全国的 36%,水资源量却占全国总量的 81%,人均占有水资源量为 4180m^3 ,约为全国平均值的 1.6 倍;亩均占有水资源量为 4130m^3 ,为全国平均值的 2.3 倍。辽河、海滦河、黄河、淮河四个流域片,总面积占全国的 18.7%,接近南方四片的一半,耕地占全国的 45.2%,人口占全国的 38.4%,但水资源总量仅相当于南方四片水资源总量的 10% (本段以上数据均为估计的大致数据)。不相匹配的水土资源组合必然会影响国民经济发展和水土资源的合理利用。

(三) 水资源时间分布不均匀

我国水资源分布不均,不仅表现在地域分布上,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明显,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连续出现的特点。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形式排入海洋;而华北、西北和东北地区,年降水量集中在 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,为水资源充分利用带来不便;另一方面由于过分的集中降水或过分的干旱,易形成洪涝灾害和干旱灾害,都会对人民生活、生活带来影响。

第四节 可持续发展与水生态文明建设

一、可持续发展概述

(一) 可持续发展的定义及其评述

“可持续发展”这一术语,在世界范围内逐步得到认同并成为大众媒介使用频率最高的词汇之一。它很快拓展到一些学科,有关可持续发展方面的定义很多,不同学者和不同国家对可持续发展概念的理解不同,所下的定义也各不相同。侧重于生态方面的定义。1995 年召开的“全国资源环境与经济发展研讨会”上,给可持续发展的定义是:可持续发展的根本点



就是经济社会的发展与资源环境相协调,其核心就是生态与经济相协调;另一种定义则认为可持续发展即谋求在经济发展、环境保护和生活质量的提高之间实现有机平衡的一种发展。

有关可持续发展的定义有十几种之多,尽管上述定义的侧重点不同,表述方式各异,但它们的内涵是相近的,即“可持续发展就是在满足当代人需求的同时,不损害人类后代的需要,在满足人类需要的同时,不损害其他物种满足其需要能力的一种发展”。

(二)可持续发展理论对水资源发展有重要作用

1. 协调发展水资源

首先,水资源的发展,要与生产力和经济发展的要求协调。过多开发水资源,高于经济发展需要,科技力量跟不上,会造成水资源的极大浪费。我国水资源利用水平低下,天然降水利用率仅10%,而地处沙漠的以色列高达90%。可见,我国水资源利用水平大有潜力可挖,其途径就是协调生产力发展和科技进步。其次,与人口发展相协调。现在我国城市居民每人每天用水量为90L,而人口的增长又加大了对水资源的需求量,加剧了水资源危机。只有将解决人口问题与实现水源可持续发展相结合,重视人口的“质”和“量”,才能解决水资源发展问题。

2. 可持续发展

一切社会活动和经济活动都极大地依赖淡水供应的量和质,若用水无法保证,生产生活就无从开展。历史证明:西亚美索不达米亚退化,楼兰古城没落,我国西部地区贫穷落后,从一定程度讲都是缺水造成的。我国需水量已接近可利用水量的极限。因此,对水资源的开发利用,必须保证它的可持续性,保证子孙后代有足够的资源,这是水资源可持续发展的必由之路。

(三)水资源可持续发展评价的指标体系

1. 水资源利用可持续度

水资源利用可持续度是表示水资源对于发展的支持程度,是水资源对于发展用水量的满足程度,它的数值等于可供给的水资源总量与发展用水总量的比值。当水资源利用持续度值不小于1时,表明水资源对于发展不起限制作用,水资源不是发展的限制因子,发展可以持续。当水资源持续度值小于1时,表明水资源对于发展起限制作用。

2. 水资源利用可持续指数

在利用一定量水资源的发展模式中,产出越高,进一步发展对于水资源的依赖相对就越小,在受到水资源限制时继续发展的可能性越大,发展越有可能持续。相反,产出低,发展对于水资源的依赖程度相对较大,受到水资源限制时持续发展的可能性小,发展越难持续,越有可能走向衰退。水资源利用可持续指数是表示区域发展持续可能性的大小,在数值上是水资源利用的产出与用水量的比值,它既表明发展的程度,又表明水资源利用的节约程度。

3. 发展对于水资源的响应

发展对于水资源的响应就是一个区域的社会经济系统在其发展的基本的、不可代替要



素——水短缺时对于自身的组分和要素进行全方位多层次的改变以抵消这种短缺带来的负面效应,从而减少缺水带来的消极影响,最大限度实现经济社会发展的过程。对于水资源的响应包括由于物质刺激而导致的适应和由于信息反馈而引起的事前调整。信息反馈导致的事前调整具有充分的时间,因此调整的幅度大、程度深,可以最大限度地抵消不良影响。水资源的响应包括量变性响应和质变性响应。量变性响应主要是挖掘节水潜力,提高用水效率,推广节水技术。质变性响应包括寻找新的水源,进行产业重组等。水资源响应时间越长,对于外界刺激的调整越充分,与外界联系越紧密,就越容易使水资源短缺造成的影响弱化。

二、水生态文明建设

水利作为国民经济和社会发展的基础设施,在国家全面开展生态文明建设中肩负着十分重要的职责。面对经济发展、人口增加和全球气候变化,中国干旱缺水、洪涝灾害、水污染和水土流失等问题十分突出,淡水资源供需矛盾突出、饮用水安全形势严峻、局部水生态系统失衡,水资源和水环境问题造成巨大经济损失,危害群众健康,影响社会稳定和生态环境安全,严重制约了经济社会的可持续发展。有效节约和保护水资源,实现水资源的可持续利用,是中国全面建设生态文明、加快推进现代化进程中必须着力加以解决的重大课题。

近年来,中国提出了从传统水利向现代水利、可持续发展水利转变的治水新思路,进行了一系列卓有成效的探索。实践表明,这些思路与探索符合科学发展观的要求,是解决中国水资源问题的成功之路。

2013年1月4日,水利部印发《关于加快推进水生态文明建设的意见》(以下简称《意见》),这是全面推进水生态文明建设的具体部署。《意见》指出,长期以来,中国经济社会发展付出的水资源、水环境代价过大,导致一些地方出现水资源短缺、水污染严重、水生态退化等问题。加快推进水生态文明建设,从源头上扭转水生态环境恶化趋势,是在更深层次、更广范围、更高水平上推动民生水利新发展的重要任务,是促进人水和谐、推动生态文明建设的重要实践,是实现“四化同步发展”、建设美丽中国的重要基础和支撑,也是各级水行政主管部门的重要职责。

《意见》明确,水生态文明建设应把生态文明理念融入水资源开发、利用、治理、配置、节约、保护的各方面和水利规划、建设、管理的各环节,坚持节约优先、保护优先和自然恢复为主的方针,以落实最严格水资源管理制度为核心,通过优化水资源配置、加强水资源节约保护、实施水生态综合治理、加强制度建设等措施,大力推进水生态文明建设,完善水生态保护格局,实现水资源可持续利用,提高生态文明水平。

《意见》提出,水生态文明建设的目标是:最严格水资源管理制度有效落实,“三条红线”和“四项制度”全面建立;节水型社会基本建成,用水总量得到有效控制,用水效率和效益显