

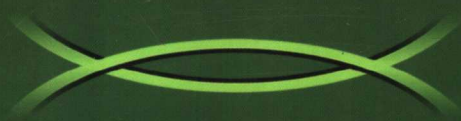


CLEANER PRODUCTION &
CIRCULAR ECONOMY

3

水资源循环经济 理论与技术

张凯 编著



科学出版社

www.sciencep.com

清洁生产与循环经济丛书 3

水资源循环经济理论与技术

张 凯 编著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书是《清洁生产与循环经济丛书》之三。介绍了水资源循环经济的基本理论,包括水资源承载力、水资源价值及核算、生态环境需水、水资源优化配置及非传统水资源利用;介绍了节约用水、水污染防治和非传统水资源利用的新技术;以循环经济“减量化、再利用、资源化”的原则和无害化的基础论述了水资源循环经济的模式,结合典型实例进行了分析说明,对水资源循环经济管理的相关内容进行了介绍。

本书以循环经济理念为指导,系统论述了发展水资源循环经济的理论、方法、技术和模式,适用于从事水资源循环经济研究的学者和有关单位,也可作为政府机构的决策者、环保部门的管理人员、科研院所的研究人员以及大专院校的师生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

水资源循环经济理论与技术/张凯编著. —北京:科学出版社,2007

(清洁生产与循环经济丛书 3)

ISBN 978-7-03-018347-7

I. 水… II. 张… III. 水资源-资源利用-研究 IV. TV213

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 001705 号

责任编辑:朱 丽/责任校对:郑金红

责任印制:钱玉芬/封面设计:王 浩

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007 年 1 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2007 年 1 月第一次印刷 印张:14 3/4

印数:1—4 000 字数:281 000

定价:35.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

前 言

水是基础性的自然资源,也是战略性的经济资源,是生命延续的必备条件,决定着人类社会的可持续发展。在传统的经济发展模式下,市场化和城市化进程的加快带来了严峻的水资源问题,水资源短缺和水环境污染已成为全球关注的热点。联合国郑重向全世界发出警告:“水不久将成为一项严重的社会危机。世界上石油危机之后的下一个危机就是水危机。”水资源已成为制约人类社会可持续发展的重要因素。于是,人们开始反思并探寻新的发展模式。循环经济就是在这一背景下应运而生的一种全新的经济发展模式,是实现可持续发展战略的必然选择,已得到世界各国的普遍认可。我国政府对循环经济也给予了高度重视,2005年7月2日,国务院发布了《国务院关于加快发展循环经济的若干意见》(国发〔2005〕22号),其中明确指出:“必须大力发展循环经济,按照‘减量化、再利用、资源化’原则,采取各种有效措施,以尽可能少的资源消耗和尽可能小的环境代价,取得最大的经济产出和最少的废物排放,实现经济、环境和社会效益相统一,建设资源节约型和环境友好型社会”。

因此,运用循环经济理论探讨水资源问题,发展水资源循环经济,具有重要的现实意义。发展水资源循环经济,应以无害化为基础,遵循“减量化、再利用、资源化”的原则,在水资源承载力范围内,合理开发利用水资源,减少水污染,提高水资源利用率,保护和改善水生态系统,实现水资源的持续利用。

本书的编写力图从循环经济的视角研究水资源问题,提供发展水资源循环经济的基本理论和技术,建立水资源循环经济模式,为循环经济的发展提供借鉴思路。由于循环经济是一个新兴的研究领域,可供借鉴的经验不多,因此,本书的出版,希望能够对循环经济的发展起到一定的推动作用。

本书承蒙山东大学崔兆杰教授、北京理工大学刘长灏老师的大力帮助和支持,在此表示诚挚的感谢!此外,书中参考了许多学者的研究成果,在此致以深深的谢意!

由于编者水平有限,书中难免会有错误和不妥之处,敬请广大读者不吝指正。

编 者

2006年8月

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 水资源含义及其特征	1
一、水资源的含义	1
二、水资源的特征	2
三、水资源的分类	5
第二节 水资源短缺与水环境污染	6
一、世界与我国水资源概况	6
二、水资源短缺	10
三、水环境污染	11
第三节 发展水资源循环经济的意义	15
一、水资源持续利用的提出	15
二、水资源持续利用的概念和内涵	16
三、发展水资源循环经济的意义	17
第二章 水资源循环经济的基本理论	21
第一节 水资源承载力	21
一、水资源承载力的概念	21
二、水资源承载力的研究方法	22
三、水资源承载力研究的发展趋势	24
第二节 水资源价值	25
一、水资源价值的内涵.....	26
二、水资源价值的表现.....	27
三、水资源价值的计量方法	28
第三节 生态环境需水	31
一、生态环境需水的概念	31
二、生态环境需水量分类	32
三、生态环境需水量特征	33
四、生态环境需水量研究方法	35
五、生态环境需水的调控措施	35
第四节 水资源优化配置	36

一、水资源优化配置的概念	37
二、水资源优化配置的原则、目标和方式	38
三、水资源优化配置的相关理论	39
四、水资源优化配置研究的发展趋势	41
第五节 非传统水资源利用	42
一、污水资源化	43
二、雨水资源化	47
三、微咸水利用	51
四、海水综合利用	52
五、跨流域调水	59
第三章 节约用水技术	65
第一节 节约用水	65
一、节约用水的内涵	65
二、节约用水的作用	66
第二节 工业节水技术	66
一、工业循环用水技术	66
二、生产工艺节水技术	67
三、污水处理回用	68
四、其他节水技术	69
第三节 农业节水技术	70
一、输水系统的节水技术	70
二、田间灌溉节水技术	71
三、田间农艺节水技术	73
四、化学节水技术	74
五、旱区雨水收集利用技术	74
六、管理节水技术	75
第四节 生活节水技术措施	76
一、加强节水宣传教育	76
二、采取有效的经济措施	76
三、推广应用节水器具	76
第四章 水污染防治技术	78
第一节 水污染的概念及来源	78
一、水污染的基本概念	78
二、水污染的主要来源	78
三、水体主要污染物及其环境效应	82

第二节 污水处理技术	85
一、污水处理的基本方法	85
二、污水处理新技术	91
第三节 农业面源污染控制技术	93
一、概述	93
二、农业面源的污染源	93
三、农业面源污染的环境影响	94
四、农业面源污染控制技术与策略	95
第四节 城市雨水径流污染控制技术	97
一、概述	97
二、城市雨水径流中污染物的类型及来源	97
三、城市雨水径流污染控制技术	98
第五节 水环境修复技术	102
一、概述	102
二、物理方法	102
三、化学方法	103
四、生物方法	104
第五章 非传统水资源利用技术	107
第一节 污水回用技术	107
一、污水回用的基本处理方法	107
二、污水回用的处理工艺	110
第二节 雨水利用技术	116
一、雨水农业利用技术	116
二、城市雨水利用系统与技术	118
第三节 海水淡化技术	122
一、概述	122
二、蒸馏法淡化技术	122
三、膜法淡化技术	123
四、其他淡化技术	124
五、海水淡化的成本	125
第六章 水资源循环经济模式	126
第一节 水资源循环经济的减量化模式	126
一、水资源的农业减量化模式	126
二、水资源的工业减量化模式	128
三、水资源的生活减量化	137

第二节 水资源循环经济的资源化模式·····	138
一、水资源的农业资源化模式·····	138
二、水资源的工业资源化模式·····	142
三、水资源的生活资源化模式·····	151
四、社会层面的污水回用模式·····	161
第七章 水资源循环经济管理·····	175
第一节 概述·····	175
一、水资源管理的内涵·····	175
二、水资源管理的内容·····	175
三、水资源循环经济管理·····	177
第二节 水资源循环经济管理的原则·····	178
一、以科学发展观为统领·····	178
二、确保水安全·····	178
三、保护并修复水生态系统·····	178
四、厉行节约用水·····	178
五、防治水污染·····	179
六、多渠道开源·····	179
七、优化配置水资源·····	179
第三节 水资源循环经济管理的方法·····	179
一、法律·····	179
二、经济·····	180
三、科学技术·····	181
四、行政·····	181
五、宣传教育·····	181
第八章 水资源循环经济实践研究——以山东潍坊海化开发区为例·····	182
第一节 山东省潍坊市海化开发区水资源现状·····	182
一、海化开发区基本概况·····	182
二、水资源现状及特点·····	183
第二节 水资源供需预测分析·····	188
一、预测方法概述·····	188
二、灰色预测的建模原理与方法·····	189
三、需水量预测·····	192
四、可供水量预测·····	192
五、水资源供需分析·····	193
第三节 水资源循环经济模式的建立·····	193

一、企业内部层面	193
二、企业间层面	195
三、社会层面	207
第四节 水资源循环经济优先项目	214
一、人工湿地雨水收集利用工程	214
二、住宅区雨水收集利用示范项目	214
三、工业区污水收集、处理及回用工程	214
四、生活污水收集处理及中水回用工程	214
五、水资源信息系统	215
六、盐田改造项目	215
七、地下卤水补充工程	215
八、海水淡化工程	216
第五节 效益分析	216
一、环境效益分析	216
二、经济效益分析	216
三、社会效益分析	217
第六节 推动水资源循环经济的对策建议	217
一、加大宣传力度,强化公众意识	217
二、制定实施相关的法规政策	217
三、建立完整合理的水价体系	218
四、研究并实施相关水质标准	218
五、健全水资源信息管理体系	218
六、发挥市场机制,发展投资多元化	219
七、推进科技进步,建立人才支持体系	219
参考文献	220

第一章 绪 论

第一节 水资源含义及其特征

一、水资源的含义

水资源(water resources)一词很久以前就已出现,随着时代的进步其内涵也在不断地丰富和发展。

在国外,较早采用“水资源”这一概念的是美国地质调查局(USGS)。1894年,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进行观测。在《大不列颠大百科全书》中,水资源被定义为“全部自然界任何形态的水,包括气态水、液态水和固态水的总量”。1963年,英国通过了水资源法,该法将水资源定义为“具有足够数量的可用水源”。在1988年联合国教科文组织(UNESCO)和世界气象组织(WMO)共同制订的《水资源评价活动——国家评价手册》中,水资源被定义为“可供利用或有可能被利用、具有足够数量和可用质量,并可适合某地水的需求而能长期供应的水源。”

中国大约从20世纪70年代起,水资源逐渐成为热门话题。1994年《环境科学词典》将水资源定义为特定时空下可利用的水,是可再利用资源,不论其质和量,水的可利用性是有限制条件的。《中国大百科全书——大气科学·海洋科学·水文科学卷》中,水资源的定义是“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。”《中国大百科全书——水利卷》中,水资源的定义为“自然界各种形态(气态、液态或固态)的天然水,供评价的水资源是指可供人类利用的水源,即具有一定数量和可利用的质量,并在某一地区能够长期满足某种用途的水资源。”《中国大百科全书——地理卷》将水资源定义为“地球上目前和近期人类可以直接或间接利用的水,是自然资源的一个重要组成部分。随着科学技术的发展,被人类利用的水在增多。”

目前,关于水资源的确切含义仍无公认的定义。一般认为,水资源具有广义和狭义之分。狭义的水资源是指人类在一定的经济技术条件下能够直接利用的淡水。广义的水资源是指能够直接或间接使用的各种水和水中物质,在社会生活中具有使用价值和经济价值的水都可称为水资源。本书中所讨论的水资源主要以地球上有限的可利用的淡水资源为主。

二、水资源的特征^[1,2]

水资源是一种特殊的自然资源,其特殊性不仅在于它是人类不可或缺的母体资源,而且还具有生活资料和生产资料的双重经济特征,同时水资源还属于整个社会,是整个人类的共同财富,因而还具有社会特征。

(一)水资源的自然特征

1. 流动性

水资源(特别是流域地表水资源)具有很强的流动性,这是水资源最普遍的特性。水的物质形态在常温下是一种流体,总是从能量高的地方向能量低的地方流动。受地心引力的作用,水从高处向低处流动,由此形成河川径流。河川径流是大气水循环的重要环节。这一特点,为人类开发利用提供了方便,也为水资源管理增加了困难。因此,对它的开发利用要采用工程技术手段进行拦蓄和控制。

2. 循环性

水资源与不少矿产资源不同之处在于其在循环过程中不断地恢复和更新。水循环过程是无限的;同时,水循环受太阳辐射等条件的制约,每年更新的水量又是有限的。而且自然界中各种水体的循环周期不同,在定量估计水资源时,随统计时段的不同,水资源的恢复量也不同,这反映出水资源有动态资源的特点。

3. 有限性

水资源处在不断的消耗和补充过程中,在某种意义上水资源多有“取之不尽”的特点,恢复性强。虽然地球上的水资源总量十分巨大(大约有 13.86 亿 km^3),但是其中的 96.54% 为人类无法直接饮用的海水。淡水所占比例极少,约为 2.53%,而且多储存于冰川、雪山和深度为 750m 以下的地下,便于取用的淡水资源仅占全球水的总量的 0.02%。从水量动态平衡的观点来看,某一期间的水量消耗量接近于该期间的水量补给量,否则将会破坏水平衡,造成一系列不良的环境问题。可见,水资源的储量是有限的,并非取之不尽、用之不竭。

4. 关联性

水资源是生态环境的基本要素,是生态环境系统结构与功能的组成部分。水以其存在形态与系统内部各要素之间发生着有机联系,构成生态系统的形态结构。另外,由于水资源是母体资源,水对自然和社会的存在与发展,比其他可替代资源显得更为重要和珍贵,水资源状况的重大改变(如形态、数量、质量、水事活动等变化)将引起自然和人类行为的相应变化,具有极强的关联性。

5. 不均匀性

水资源在自然界中具有一定的时间和空间分布。时空分布的不均匀性是水资源的又一特性。水资源的时空分布主要由降水的时空性决定,受地理位置和气候条件影响、降水地区分布不均匀。水资源时空分布不均匀的特点,给水资源的管理

工作带来了很大的难度：一方面可能造成旱涝灾害频繁，农业收成不稳定和水资源供需矛盾紧张；另一方面会大大加重水资源持续开发利用在生态环境保护、经济技术投入等方面的难度。

6. 多态性

水呈现为多个相态，包括液态水、固态和气态的水。水量转化意味着水的相变，包括液态水、固态水的汽化，水汽凝结降水等反复过程。降水在地球表面形成的地表水、土壤水、地下水的聚集，也可因热力场条件不同，而呈液态与固态形式。各种自成体系的水体，其边界并非封闭，而是与外界物质能量交换有联系的开放系统。例如，地表蓄水体，在重力与分子力作用下，发生的渗流、越流，可使地表水与地下水相互转换；在热力作用下，这些水体又可通过蒸发与凝结，与大气水分相互转化。

(二) 水资源的经济特征

水资源的经济特征是由其自然特征所决定的，主要表现为水资源的稀缺性、垄断性、商品性、外部性和多功能性。

1. 稀缺性

资源稀缺性是经济学的基础。在过去，相对于人们的需求而言，其水资源供给是充足的，不存在着稀缺，但随着人口的增加和工农业的发展，人们对水的需求不断增加，终于导致 20 世纪 70 年代以来的水资源危机，水资源也渐渐地向商品化转变。目前世界水资源的特点是总量多，可利用的少，特别是淡水资源，具有稀缺性。

2. 垄断性

水资源受区域自然条件的限制，在供给上呈现明显的区域性。水资源大多在当地开发，在输水工程覆盖范围内使用和消耗。水资源很难在市场上广泛流通，水市场具有一定的区域性，受到输水工程范围的控制，范围相当有限。因此，水资源市场形成垄断性，区域内只有一家或几家水务企业从事水资源开发利用和供水，很难形成市场竞争。

3. 商品性

水资源具有生活资料和生产资料的双重属性：一方面，水是最重要的生活资料，是生存环境的重要组成部分，包括人类生存与发展需要而必需的水资源（具有竞争性），以及维持生态系统和水环境而必需的水资源（具有非排他性的公共物品特征），必须由社会（或政府）提供；另一方面，水资源又是生产资料，在利用过程中又能够创造价值，如用于工业、农业和其他行业的用水，同时又具有竞争性、排他性、收益关联性等私有物品特征，这部分水资源可以从市场中获得。由此决定了水资源既具有一些公共商品的特点（如部分的非排他性，像水源地、生态环境水等）又具有私人商品的特性（如生产用水，具有竞争性），即“混合商品”的特征。

4. 外部性

水资源的自然特点是水资源经济外部性产生的根源。水的流动性、循环性、有限性和关联性的特点决定了水会对与之相联系的任何事物相应产生影响。外部性是指一种经济行为直接影响他人时,却没有给予相应的支付或得到报偿,包括外部经济性和外部不经济性。由于水资源同时具有公共商品与私人商品性质。公共商品性质决定水资源使用过程中普遍存在外部性。在人类生活用水和生产用水过程中,水很少完全被消耗掉。用水后总是有水又进入水层或河流中。水中的溶解成分对水质有很大的影响,而水质在许多情况下关系到水能否直接使用,并影响到其他一些公共利益。因此,在某个流域中,上游的用水者使用后流入河流中的水的水质、水量和排水的时间对下游用水者有很大影响。

5. 多功能性

水具有多种用途,可以满足人类许多不同的需求。在经济建设中水可以发挥多种作用,如市政供水、灌溉、水力发电、航运、水产养殖、旅游娱乐、稀释与降解污染物质及改善、美化环境等。城乡生活用水、生态环境用水以及边远贫困地区的灌溉用水具有一定的公益性,工业用水、水力发电、水产养殖和利用水域旅游娱乐则更具有更多经济效益。

(三)水资源的社会特征

水资源不但具有经济特征,还具有社会特征。人类活动直接介入了水,利用了水,影响了水。随着人类进步,经济活动频繁,人类活动对水的影响越来越普遍、越来越大、越来越深刻。人类的社会活动影响了水,水的变化也影响人类的社会活动。

1. 不可替代性

水资源在人类生活、维持生态系统完整性和物种多样性中所起的作用,任何其他自然资源都无法替代。水资源对社会经济有多种用途,除极少数的生产部门(像水力发电生产的电能、水路交通的运输)外,其他资源是无法替代的;所以水资源是一种战略性资源。

2. 利害二重性

水过多过量会带来水灾、洪灾、涝灾,过少会出现旱灾;水被污染了则污染环境,破坏生态,而土地、森林、矿产等资源是越多越好,越富积越好。一方面水是重要的资源,另一方面水又是自然资源的重要组成部分,是环境生命的血液,它兼有资源与环境的双重作用,水若被污染,不仅损坏了环境,也失去了资源作用。

3. 利用方式多样性

为了满足需求,人类对同一水体可以从不同的角度加以利用,比如利用水的浮力发展航运,利用水体中的营养物质从事水产养殖与捕捞,利用河流湖泊形成的景观发展旅游娱乐,利用水体的自净能力改善环境,利用水的热容量为火力发电、化

工业生产提供冷却媒介,利用水能发电,这些都不消耗水量。另外,市政供水、工业用水、灌溉等则要消耗水量且影响水质。再者,防洪与兴利既是矛盾的,又是统一的,将洪水存蓄起来,既减缓洪涝灾害,又为兴利储备了水源。水资源通过调蓄可以综合利用。

4. 影响的广泛性

对水资源开发的方式多种多样,从中可获得更大的社会、经济和生态环境效益;同时也可能产生一定的负面影响。例如,在河道上建坝,要改变地表和地下径流的天然状态(流量、流速、水位等),产生淹没和浸没,进而影响到土地利用、生态环境和产业布局与结构;围湖造田则会在一定程度上影响行洪蓄洪能力,甚至影响河流、湖泊及其湿地和水生生态系统的结构。这些影响,有的是短期的,有的是永久的,有的可能是不可逆转的。水利工程修建对生态系统的影响十分复杂,有些生物对某些影响可以通过自身固有的自适应机制进行调整,适应变化了的环境,以保持种群的生存繁衍,有些影响则无法使生物种群适应。尤其是在水利工程规划设计不当时,产生的不利影响将是十分广泛、深刻和持久的。

5. 社会共享性

水资源不仅仅是一种简单的经济商品,它属于整个社会,是整个人类的共同财富。国际社会认识到,获得水的权利是人的一项基本权利。国际水与环境会议宣布,“重要的是首先承认以能够付得起的价格获得清洁的水和卫生条件是每个人的基本权利”。在一些干旱地区,作物的灌溉是粮食生产的根本。在我国的西部一些地区,水资源不仅决定了人们的生活质量,而且决定经济发展水平,对水资源的占有成为他们最基本的生存权利。

三、水资源的分类

根据分类原则不同,水资源可以划分为许多类型。最常用的方法,是根据水的生成条件和水与地球的相互位置关系(或者说是赋存条件)来划分的。

(一) 大气水

大气水指赋存于地球表面之上大气圈中的水,如云、雾、雨等。

(二) 地表水

地表水指聚集赋存于地球表面之上,以地球表面为依托而存在的液态水体。根据其生成要素、聚集形态、汇水面积、水量大小、运动、排泄方式的不同可分为江、河、湖、海等。

(三) 地下水

地下水指聚集赋存于地球表面之下各类岩层(空隙)之中的水。根据地下水的埋藏条件,地下水可分为包气带水、上层滞水、潜水、承压水。上层滞水是指赋存于包气带中局部隔水层或弱透水层上面的重力水。它是由大气降水和地表水等在下

渗过程中局部受阻聚集而成。潜水是指赋存于地表之下第一个稳定隔水层之上,具有自由表面的含水层中的重力水。承压水是指充满于两个隔水层之间的含水层中的水。

根据含水介质空隙的不同,地下水又可分为孔隙水、裂隙水和岩溶水。

此外,根据地下水的温度、化学成分及特有的生成、埋藏条件,还可划分出一些特殊类型的地下水。如地下热水、矿水、咸水、卤水、多年冻土带水等。

第二节 水资源短缺与水环境污染

一、世界与我国水资源概况

(一) 世界水资源概况

地球表面积约 5.1 亿 km^2 , 水圈内全部水体总储量达 13.86 亿 km^3 。海洋面积 3.61 亿 km^2 , 占地球总表面积的 70.8%; 海洋水量为 13.38 亿 km^3 , 占地球总储水量的 96.54%。这部分巨大的水量属于高含盐量的咸水体(含盐量为 35g/L), 除极少量水体可作为冷却水外, 很难直接作为居民饮用水以及工农业生产用水。此外, 地球上陆地面积为 1.49 亿 km^2 , 占地球总表面积的 29.2%, 水量仅为 0.48 亿 km^3 , 占地球水储量的 3.5%。

在陆地有限的水体中并不全是淡水, 淡水量为 0.35 亿 km^3 , 占全球水储量的 2.53%, 占陆地水储量的 73%; 其中的 0.24 亿 km^3 (占淡水储量的 69.6%) 分布于冰川、多年积雪、两极和多年冻土中, 现有技术条件难以利用。便于取用的淡水资源仅占全球水的总量的 0.02%。因此, 可被人类利用的淡水资源量是很有限的, 加之还受时空、地域、经济技术等因素的影响和制约, 能被人类直接开发利用的水量就更有限了。全球水体的储量及存在形态见表 1.1^[3]。

表 1.1 地球水储量

水体种类	水储量		咸水		淡水	
	/万亿 m^3	/%	/万亿 m^3	/%	/万亿 m^3	/%
海洋水	1 338 000	96.54	1 338 000	99.04	0	0
地表水	24 254.1	1.75	85.4	0.006	24 168.7	69.0
冰川与冰盖	24 064.1	1.736	0	0	24 064.1	68.7
湖泊水	176.4	0.013	85.4	0.006	91.0	0.26
沼泽水	11.47	0.000 8	0	0	11.47	0.033
河流水	2.12	0.000 2	0	0	2.12	0.006
地下水	23 700	1.71	12 870	0.953	10 830	30.92

续表

水体种类	水储量		咸水		淡水	
	/万亿 m ³	/%	/万亿 m ³	/%	/万亿 m ³	/%
重力水	23 400	1.688	12 870	0.953	10 530	30.06
地下冰	300	0.022	0	0	300	0.86
土壤水	16.5	0.001	0	0	16.5	0.05
大气水	12.9	0.000 9	0	0	12.9	0.04
生物水	1.12	0.000 1	0	0	1.12	0.003
全球总储量	1 385 984.6	100	1 350 955.4	100	35 029.2	100

(二)我国水资源概况

1. 我国水资源数量

据统计,我国多年平均(1956~1979)降水量约 6190km³,折合降水深度为 648mm,与全球陆地平均降水深度 800mm 相比低 20%。根据分析计算,全国多年平均地表水资源量为 27 115 亿 km³,多年平均地下水资源量为 8288 亿 km³,扣除两者之间的重复计算的水量 7279 亿 km³,可以得到我国多年平均水资源总量为 28 124 亿 km³,大约为多年平均年降水量的 45.4%。我国水资源总量统计结果见表 1.2^[4]。

表 1.2 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 总量/ ×10 ⁸ km ³	年水资源 总量/ ×10 ⁸ km ³
		总量/ ×10 ⁸ km ³	深/ mm	总量/ ×10 ⁸ km ³	深/ mm		
黑龙江流域片(中国境内)	903 418	4476	496	1166	129	431	1352
辽河流域片	345 027	1901	551	487	141	194	577
海滦河流域片	318 161	1781	560	288	91	265	421
黄河流域片	794 712	3691	164	661	83	406	744
淮河流域片	329 211	2803	860	741	225	393	961
长江流域片	1 808 500	19 360	1071	9513	526	2464	9613
珠江流域片	58 041	8967	1554	4685	807	1115	4708
浙闽台诸河片	2 398 038	4216	1758	2557	1066	613	2592
西南诸河片	851 406	9346	1098	5853	688	1544	5853
内陆诸河片	3 321 713	5113	154	1064	32	820	1200
额尔齐斯河片	52 730	208	395	100	190	43	103
全国	9 545 322	61 889	648	27 115	284	8288	28 124

2. 我国水资源的特点

我国位于亚洲东南部,太平洋西岸,地势西高东低,地形复杂多样。在气候上东南部季风强烈,西北部大陆性气候特别明显。年降水资源由丰沛的东南部向北向西递减,降水资源量年际、年内变化较大,受其影响和控制,我国水资源呈现出以下特点。

(1) 水资源总量多,人均占有量少

我国水资源总量在世界各国家中仅次于巴西、俄罗斯、加拿大、美国和印度尼西亚,位居第6位。然而我国人口众多,按人口统计,多年平均年人均占有水资源量约2200m³,仅为世界平均值的1/4,约相当于日本人均占有量的1/2、美国的1/4、俄罗斯的1/12、巴西的1/20、加拿大的1/44。部分国家人均占有的水资源量见表1.3^[3]。

表 1.3 部分国家人均占有水资源量

国家	人均占有量/m ³	国家	人均占有量/m ³	国家	人均占有量/m ³
中国	2200	巴西	45 900	巴基斯坦	3300
日本	4400	俄罗斯	29 100	印度	2200
德国	2100	美国	9600	孟加拉国	19 600
加拿大	98 500	印度尼西亚	12 700	澳大利亚	18 743

(2) 地区分布不均匀

第一,水资源地区分布不均匀。我国降水量从东南沿海向西北内陆递减,依次可划分为多雨、湿润、半湿润、半干旱和干旱五个地带。我国有45%的土地处于降水量小于400mm的干旱和半干旱地带。由于降水不均的影响,造成了我国水土资源严重不平衡的现象。

第二,东西差异明显。东南部外流区域地广水丰,人口密集,土地垦殖利用率高,耕地总面积占全国的63.76%,径流占全国总量的95.56%。西北部内占全国土地面积的36.24%,而径流仅占全国的4.44%。西北地区储有冰川约3万亿m³,平均年融水量250亿m³,是西北内陆河流的主要径流源。由于全球气候变化,近年来西北地区气温升高,冰川融水速度加快,储量以每年1.25%的速度衰减,加剧了西北地区地表水资源的紧缺。

第三,南北不平衡。长江流域以南,国土面积占全国的36.5%,耕地面积占全国的36.0%,人口占全国的54.4%,但水资源却占全国的81%,人均占有水量4180m³,约为全国人均值的1.8倍。其中西南地区水资源尤其丰富,人均占有水量达38400m³,约为全国人均值的17倍。黄淮海流域水资源仅占全国的8%,而耕地面积却占全国的40%。

第四,地下水分布不均衡。全国地下水储量约8300亿m³,约占水资源总量的