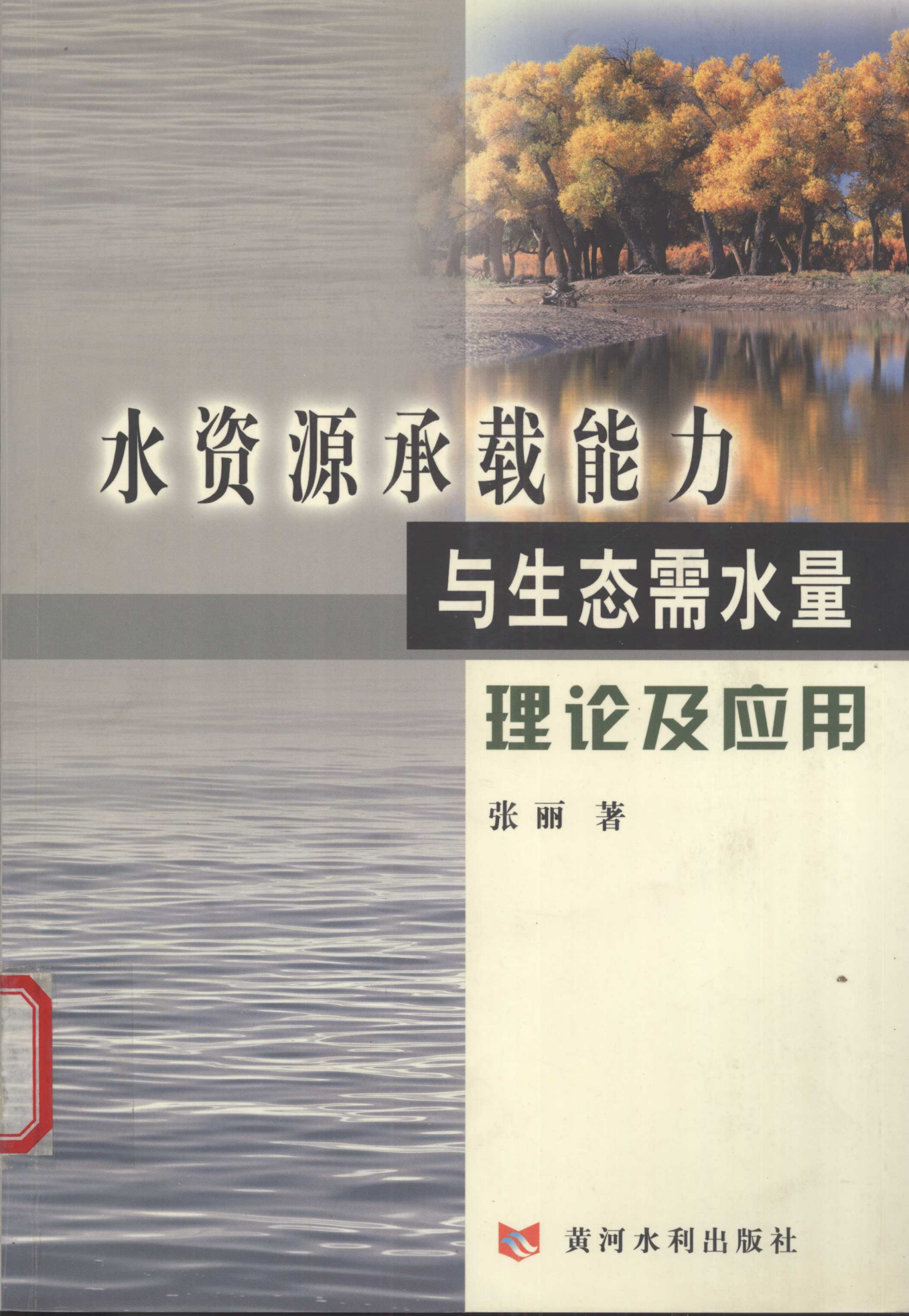




水资源承载能力

与生态需水量

理论及应用

张丽 著



黄河水利出版社

水资源承载能力与生态需水量 理论及应用

张 丽 著

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书从可持续发展思想出发,阐述了水资源承载能力的定义、特点、内涵、影响因素及其与可持续发展的关系;研究了水资源可持续承载能力的表征指标;针对流域特点,建立了基于水资源的流域可持续发展评价指标体系,提出了可持续发展的评价和判别方法;为保证在良好生态的前提下进行水资源承载能力研究,根据生态适宜性理论,建立了干旱区典型天然植物生长状况与主要环境因子之间的偏态单峰对数正态分布模型;基于此关系模型,提出了干旱区天然植被生态需水量计算方法;对黑河流域进行了生态需水量及水资源承载能力实证研究。

本书为一部研究水资源承载能力及生态需水量的专著,具有较强的科学性、知识性、方法性,可供水文水资源、资源、环境等专业的科研单位,高等院校,生产、管理及决策部门工作人员使用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

水资源承载能力与生态需水量理论及应用/张丽著. —郑州:
黄河水利出版社, 2005. 5

ISBN 7-80621-908-0

I. 水… II. 张… III. ①水资源—承载力—研究 ②生态
系统—需水量—研究 IV. TV21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 025512 号

策划组稿:王路平 电话:0371-66022212 E-mail:wlp@yrcp.com

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话及传真:0371-66022620

E-mail:yrcp@public.zz.ha.cn

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm×1 092 mm

1/16

印张:7.25

字数:166 千字

印数:1—1 000

版次:2005 年 5 月第 1 版

印次:2005 年 5 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7-80621-908-0/TV·401

定价:18.00 元

序

水资源是基础自然资源,是生态环境的控制性因素,又是战略性经济资源,是一个国家综合国力的重要组成部分。在 20 世纪,人类进行大规模的水利建设来开发利用水资源,取得了兴利除害的重大成就。但人口的膨胀、经济的发展和水资源不合理的开发利用,使全世界面临着水资源短缺危机和由此产生的生态危机,水资源现状已经阻碍、约束了经济发展,威胁着人类的生存。正如布伦特兰夫人在《我们共同的未来》的报告中所说:“过去我们关心的是发展对环境带来的影响,而现在我们则迫切地感到生态的压力,如土壤、水、大气、森林的退化对发展所带来的影响。在不久以前我们感到国家之间在经济方面相互联系的重要性,而现在我们则感到在国家之间的生态学方面的相互依赖的情景,生态与经济从来没有像现在这样互相紧密地联系在一个互为因果的网络之中。”

我国水资源的人均占有量少,时空分布变异性大,与土地资源的匹配状况不理想,生态环境相对脆弱。中国工程院在国务院和有关部委的大力支持下,组织了涵盖多学科的 43 位两院院士和近 300 位院外专家,分析了当前我国水资源的现状和面临的问题,提出我国水资源的总体战略为:必须以水资源的可持续利用支持我国社会经济的可持续发展。这就要求我国社会经济发展要与水资源和生态环境相互协调,要在保证生态的良性循环发展的前提下发展经济,不能超越水资源的承载能力。张丽博士撰写的《水资源承载能力与生态需水量理论及应用》一书,正是在这一思想指导下的研究成果。

水资源承载能力与生态需水量研究课题,影响因素众多,是长期而艰巨的研究课题,不仅关系到社会经济的发展、产业结构的调整,而且关系到生态环境的演变和未来人类的生存条件,意义和难度同样重大,是目前科学界研究的热点。张丽博士在充分调研国内外研究的基础上,从基本概念、基本理论出发,对水资源承载能力和生态需水量进行了系统的研究,提出了不少新的见解和方法,特别是对水资源承载能力表征指标和水资源支撑社会可持续发展评判的探讨,提出的水资源可持续承载能力分析方法和干旱区天然植被生态需水量计算方法等,均有开拓和创新,具有较高的理论水准和实践价值。该书对水资源承载能力和生态需水量进行了全面、深入的研究,是作者多年来在水资

源领域辛勤耕耘的结果。相信该书的出版将有助于深化水资源承载能力和生态需水量的研究,有助于区域可持续发展规划的制定,有助于我国水资源支撑社会可持续发展总体战略的实施。

中国工程院院士 

2005年3月2日

前 言

随着科学技术的飞速发展,人类以发展经济为重点开发利用水资源,成功地完成了发展经济和提高人民生活水平的基本目标,但人口的膨胀、经济的发展和水资源的不合理开发利用不仅使全世界面临的水资源短缺危机更为严重,同时也留给 21 世纪一系列复杂的生态问题。中国是世界上的人口大国,又是一个发展中的大国,面临着更为严重的水资源危机和生态危机。水资源是一切生命生存和生态环境演化所依赖的基本要素,它对生命和非生命系统的维持作用是其他资源不可比拟的,同时,没有生态的良性循环发展,就无法实现我国水资源的总体战略——以水资源的可持续利用支持我国社会经济的可持续发展,也就不可能实现人类社会的可持续发展。那么,我国的水资源能否支撑将来 16 亿人口的水需求?能否维持我国生态环境的良性发展?能否支撑我国社会经济的可持续发展?我国水资源在维持良好生态的前提下支撑社会经济可持续发展的能力究竟有多大?这就提出要基于生态的良性循环发展来研究水资源的承载能力,即要根据流域社会经济可持续发展的要求,研究流域生态环境的需水量,在保证生态环境需水的前提下发展经济;研究流域内有限水资源对生态环境以及社会发展规模的承载能力,从资源的可能性出发,弄清楚有限的水资源长期持续支撑社会经济发展规模、维持良好生态环境的能力,以确保流域的生态平衡及社会经济的可持续发展。因此,本书对于生态需水量及流域水资源承载能力的研究、对流域的综合发展及发展规模都具有相当重要的现实意义和战略意义。

黑河是我国干旱地区第二大内陆河,发源于祁连山,干流全长 821 km。流经青海、甘肃和内蒙古 3 省(区),在我国西北地区占有十分重要的地位。但多年来,由于上中游地区社会生产和经济发展大量用水,使黑河下游地区来水量不断减少,造成河湖干枯、林木死亡、草场退化、沙尘暴肆虐等,使得生态环境日趋恶化,不仅影响到流域的生存空间和经济发展,对西北、华北地区乃至全国的生态环境也有较大影响,引起了社会各界的广泛关注。此外,黑河下游额济纳旗为蒙古族同胞耕牧生息之地,同时这里有长达 500 km 以上的边防线,保护该区域的生态环境,避免“罗布泊”和“楼兰”悲剧在这里重演,对于稳定民族经济、促进民族团结、保障国防建设等都有着深远的意义。在国家西部大开发及“再造一个山川秀美的大西北”的有利形势下,黑河流域面临着新的发展机遇,同时也出现了新的问题。因此,迫切需要根据流域社会经济可持续发展和国家西部大开发的要求,研究流域的生态环境需水量,并以可持续发展为指导原则,研究流域内有限水资源对生态环境以及社会经济的承载能力,以确保黑河流域的生态平衡及社会经济的可持续发展。第 5 章利用本书提出的生态需水量和水资源承载能力理论与方法,对黑河流域进行了生态需水量、水资源支撑社会可持续发展和承载能力研究,分析了西部大开发和新欧亚大陆桥的建立对黑河流域带来的机遇和挑战以及黑河流域可持续发展战略,提出生态环境保护是黑河流域可持续发展的前提,而水资源可持续利用是流域可持续发展的基础,研究了流域产业结

构存在的问题及今后产业结构的布局和调整方向,探讨了流域内人口发展和城市化与可持续发展的关系以及今后的发展方向。

本书是作者在博士论文《基于生态的流域水资源承载能力研究》、主持研究的河南省科技攻关项目《区域水资源承载能力研究》(编号:0224090005)和《黑河流域水资源承载能力研究》等科研工作的基础上整理编写而成的。华北水利水电学院省级特聘教授周振民先生对全书进行了审核,提出了建设性意见。

作者在主持研究项目和编写本书的过程中,得到了很多老师和同行们的帮助。感谢河海大学水资源环境学院董增川教授在项目研究及本书编写过程中对解决问题的思想方法给予的热忱指导和帮助;感谢河海大学水资源环境学院崔广柏教授、芮孝芳教授、郝振纯教授、梁忠民教授等提出的许多中肯的建议;感谢黄河水利委员会勘测规划设计有限公司张会言副总工程师,何宏谋、杨丽峰、丁大发、李福生等高级工程师在项目研究中提供的热情帮助;感谢华北水利水电学院研究生石萍、李婧为本书的编写所做的工作。本书编写过程中参考过的大量文献资料已尽可能一一列出,在此向所有参考文献的作者表示衷心的感谢。

水资源承载能力与生态需水量研究课题是目前水资源学科热门的课题,难点和争议较多,因而,本书对有些问题的分析、研究还不够完善,恳请广大专家批评指正,以便在今后的研究中改进。也希望本书的出版,能引起更多学者和全体公民对这一课题的关心和研究,使其在大家共同努力下,理论更加完善、更加准确地指导实践应用,从而缓解目前的水资源危机和生态危机状况,实现我国以水资源的可持续利用支持社会经济可持续发展的总体战略,实现人类可持续发展的目标。

作 者

2005 年 2 月

目 录

序	陈志恺
前 言	
第 1 章 绪 论	(1)
1.1 水资源及其可持续利用	(1)
1.2 承载能力的起源、演化与发展	(5)
1.3 水资源承载能力的概念	(6)
1.4 水资源承载能力与可持续发展	(9)
1.5 水资源承载能力研究方法及应用	(10)
1.6 水资源承载能力研究取得的共识与存在的问题	(15)
1.7 本书的研究内容、方法与技术路线	(19)
第 2 章 水资源可持续承载能力及系统分析方法	(21)
2.1 水资源承载能力的内涵	(21)
2.2 水资源承载能力的特性	(22)
2.3 水资源承载能力的影响因素	(23)
2.4 水资源可持续承载能力	(24)
2.5 水资源可持续承载能力与优化配置的关系	(26)
2.6 水资源可持续承载能力指标	(27)
2.7 水资源可持续承载能力的数学描述	(27)
2.8 水资源可持续承载能力系统分析	(28)
第 3 章 生态需水及生态需水量	(33)
3.1 生态需水概述	(33)
3.2 生态需水量计算方法	(35)
3.3 生态适宜性理论及高斯正态模型	(39)
3.4 干旱区天然植被生长环境因子分析	(40)
3.5 干旱区天然植被生长与环境因子关系模型	(41)
3.6 干旱区天然植被生态需水计算方法	(45)
3.7 计算实例	(47)
第 4 章 基于水资源的流域可持续发展评判	(54)
4.1 流域及其可持续发展	(54)
4.2 评价指标体系的概念、结构及构建原则	(54)
4.3 基于水资源的流域可持续发展评价指标体系	(56)
4.4 指标计算方法及评价方法	(58)

4.5 权重的确定..... (63)

第 5 章 黑河流域水资源承载能力及可持续发展实证研究 (65)

5.1 黑河流域及其水资源概况..... (65)

5.2 黑河下游植被生态状况及需水量预测..... (74)

5.3 水资源支撑社会可持续发展评价及承载能力计算..... (81)

5.4 可持续发展战略..... (93)

第 6 章 结论与展望..... (101)

6.1 结 论 (101)

6.2 展 望 (104)

参考文献..... (105)

第1章 绪 论

1.1 水资源及其可持续利用

1.1.1 水资源的作用

1.1.1.1 水资源是生命之源

水是地球上一切生命的来源,具有滋生万物的能力,也是人类的生命之源。原始的生命起源于水,通过进化从水生到陆生,随时随地都离不开水。水是一切生命新陈代谢活动的介质,整个生命活动的联系和协调、营养物质的运输、代谢物的运送、废物的排泄、激素的传递等都与水密切相关。如:水作为人体三大营养物质之一,在结构营养物质和调控营养物质被人体吸收时,起的是“媒介”作用,水的使命是将这两类营养物质运输到人体细胞之内。如果没有水,这两类营养物质将被细胞拒之门外,可能导致“脱水”致死。因此,人的生命离不开水。

水体形成的江、河、湖、海是人类文明的摇篮。人类发展历史表明,古人是逐水栖居的,许多大江大河,如埃及的尼罗河、中国的黄河、印度的恒河和古巴比伦的两河流域,都是人类文明始创与发展的发源地,其中一个重要的因素就是水资源相对丰富。早期的黄河流域,特别是中下游地区优越的地理环境和自然条件,十分适宜原始人类的生存。大片的黄土高原和黄土冲积平原,温和的气候,充沛的雨量,特别适宜农作物的生长和原始农业的发展。黄河流域为我国古代文明的发展提供了极为丰富的水资源和其他有利的条件,是我国经济文化发展最早的地区之一。因此,炎黄子孙都把黄河称为中华民族的母亲河。

1.1.1.2 水资源是社会经济发展的重要物质基础

水资源是基础自然资源,是工业之血液、农业之命脉,对城市和国民经济的发展具有举足轻重的作用,因此水资源又是战略性经济资源。许多河流的中下游地区均是经济社会文化发达、人口城镇密集的要地,近代世界和我国的一些著名大城市也都是依水滨海而建的,一个很重要的因素就是这里水资源相对丰富,对这些地区社会经济发展有基本保证。

国家发展计划委员会强化国家资源管理课题组认为,水是一种有重大生态、经济和社会价值的资源,并且总结了水的五大功能:①水是国家综合国力的重要组成部分;②水的开发利用程度标志着一个国家社会经济发展水平;③水的调蓄能力决定着一个国家应变能力的大小;④水的开发潜力(包括开源和节流)为一个国家发展后劲之所在;⑤国家水资源供需失去平衡会导致一个国家社会经济的波动。因此,国家发展计划委员会在确定我国未来工业布局的规划时,将水资源的赋存量作为工业项目布局的重要指标,将水资源量

作为衡量经济发展的主要驱动力之一。由中国科学院院士周立三主持的国情分析研究小组也将水资源作为国力测度的指标之一。国外通常认为用水量和用水效率是衡量一个国家或地区经济发展、社会文明程度的一个重要尺度,经济越发达、文明程度越高,用水效率和用水量也越大。

人类发展历史不断证明,人类的生存及现代文明建设,都和水有直接联系,治水是兴国安邦的根本大计。综观我国历史,从大禹治水开始,无论是秦皇汉武、唐宗宋祖,还是清朝康熙、乾隆皇帝,每个有作为的统治者都把水利作为施政的重点。我国历史上出现的繁荣昌盛的时期,无不得力于对水利的重视,得力于水利建设及其成效。可谓水利兴则国泰民安,水利衰则社会动荡,可见水资源对人类社会经济发展的重要性。

1.1.2 水资源危机

水资源作为一切生命之源,作为人类社会经济发展的重要物质资源保证,是有限度的。在过去的一个世纪,随着科学技术的飞速发展,人类以发展经济为重点开发利用水资源,创造了世界经济奇迹,成功地完成了发展经济和提高人民生活水平的基本目标,但人口的膨胀、经济的发展和水资源不合理的开发利用使全世界面临着严重的水资源危机及由此带来的生态危机。

目前,随着人类人口的增长、生产的发展和生活水平的提高,用水量以每年接近 5% 的速度递增,照此下去,每 15 年用水总量就翻一番,水资源将严重短缺。联合国发出警告,除非各国政府采取有力措施,否则到 2025 年,世界上将有近 1/3 的人口(23 亿人)无法获得安全的饮用水。在缺水的背后,不仅会引发一系列社会问题,而且存在着粮食、土地或能源之争,可能成为邻国之间或同一民族的不同地区之间发生争执甚至爆发战争的根源。中东一些国家的战争无不隐含着水事之争。国际上就有“19 世纪争煤,20 世纪争石油,21 世纪争水”和“21 世纪国际投资和经济发展,一看人,二看水”的说法。

中国水资源总量为 2.8 万亿 m^3 ,居世界第四位,仅次于加拿大、巴西和俄罗斯,略多于美国和印度尼西亚,占世界水资源总量的 7%,也就是说,中国以世界上 7% 的水养活了占世界 22% 的人口,可以说,中国为世界水资源的供需平衡做出了贡献。

但中国面临着更为严重的水资源危机。中国虽然是世界水资源大国,但中国国土面积广阔,人口众多,人均占有水资源量只相当于世界人均水平的 1/4,世界排名 110 位,被列为世界 13 个人均水资源贫乏的国家之一。不仅如此,中国的气候属于季风气候,水资源的时空分布极不均匀,与土地资源的匹配状况也不理想,生态环境相对脆弱,因此中国水资源面临的态势是水多、水少、水脏、水浑和水生态失衡。水多是指洪涝灾害,以及水资源时空分布与经济布局和要求不匹配;水少指水量型和水质型缺水;水脏指水环境遭到破坏,使水源水质达不到生活和工农业用水的质量要求;水浑指水土流失,使水资源难以对土壤、草原和森林等资源起保证作用;水生态失衡指江河断流、湖泊萎缩、湿地干枯、土壤沙化、森林草原退化导致土地荒漠化等一系列由水问题引起的生态退化。

目前,全国有 18 个省(区、市)人均占有水资源量低于全国平均水平,其中北方有 9 个省(区、市),包括北京、天津在内,人均占有水资源量低于 500 m^3 ,供需矛盾十分突出。为了解决用水问题,北京市自 20 世纪 60 年代以来,累计超采地下水 40 亿 m^3 ,致使城区形

成超过 100 km² 的地下水漏斗;河北省平原区 1980~1990 年 10 年间,年平均超采地下水 30 亿 m³。不仅水资源短缺的北方地区有缺水问题,连南方一些湿润的地区,由于缺乏供水设施以及严重的水源污染,也出现缺水问题。而且,水资源作为自然资源是支撑国民经济发展的先导资源,随着人口的增长和经济的发展,在一定时期内,经济社会各部门对水的需求量将会持续增加,人均水资源占有量将会不断下降,水污染又使实际可利用水资源量进一步减少,加之新的水源工程开发难度越来越大,因而水资源短缺的危机日益加剧。水资源已经成为我国,特别是某些区域社会经济发展的“瓶颈”资源。

1.1.3 水资源与生态环境

水资源的形成过程是不同存在形态的水体在陆地、海洋、大气、生物之间循环的自然水文过程。这种水文循环不但在水资源形成过程中起举足轻重的作用,而且通过水文循环,支持物质循环、能量转换和信息传递的运转,直接影响气候的变化,对形成江、河、湖、海等水域生态系统以及森林、草地、湿地、荒漠等陆地生态系统,都具有重要意义。

在自然界中,水以其存在形态与周围各要素发生着有机联系,构成生态系统的形态结构;水以其运动形式作为营养物质和能量传递的载体,不停地运转,逐级分配营养和能量,从而形成系统的营养结构;水在生态系统中永无休止地运动,必然产生系统与外部环境之间的物质循环和能量转换,因而形成系统功能。在生生不息的生物圈中,生物地质化学循环也是靠水的运动和调节进行的。总之,生物圈内所有物质虽以不同形态进行着无休止的循环运动,但在任何物质循环过程中,都离不开水的参与。因此,水资源是生态环境的基本要素,是生态环境结构与功能的组成部分。水资源在生态系统结构与功能中的作用,是其他任何要素无法替代的。没有水的自然生态环境是不堪设想的,即使在荒漠化的环境中,水也是存在的。同时,生态环境对水的量变与质变十分敏感。

水资源与生态系统之间既相互依赖,又相互制约,并互为因果。水资源的开发利用可以改变生态环境状况,生态环境(自然的和人文的)的优劣也能制约或影响水资源的开发。开发合理得当,能使荒野变成文明秀丽的景色,环境的潜在资源也可变成宝贵的现实资源(如旅游资源等);而良好的生态系统具有调蓄洪水、涵养水源等作用,如此就会形成两者相互促进的良性循环。开发利用不当,则会造成生态环境恶化和污染,对水资源的质和量都会产生不利影响。

在 20 世纪,由于工业化、城市化的进程加快,人类对水资源的需求也急速增加,致使水资源短缺,形成了城市用水和工业用水挤占农业用水、农业用水又挤占生态环境用水的局面,造成了自然植被衰退、森林草原退化、尾间湖泊消失、土地沙化、水土流失、灌区次生盐碱化、沙尘暴肆虐、地表地下水体污染、河床淤积、地下水大面积超采、海水倒灌等一系列严重的生态后果,使得有效水资源量减少,水资源短缺愈加严重,不仅使国民经济遭受了重大损失,而且已严重威胁到人类的生存环境,引起了全世界的广泛关注。

为了保护环境,维持生态平衡,必须保持河流等水域生态系统的生态需水量,以维持水体的自净能力,满足水生生物和鱼类的生长,维持江、河、湖、海的生存与演化,保证水上通航、水上运动、旅游观光等各项环境功能;必须保证森林、草原等陆地生态系统正常发展的生态需水量,以维持系统滋养生物、涵养水源、释放氧气、净化空气、调节大气温度和湿

度等功能,保证人类居住在良好的生态环境中,实现人类社会的可持续发展。

1.1.4 我国的水资源可持续利用对策

可持续发展涉及经济、社会、生态、资源的相互依赖关系,经济、社会能否实现可持续发展,关键是资源和生态能否提供可持续的供给。

水资源作为地球上一切生命之源和人类文明的摇篮,它和土地一起构成地球上自然资源的母体资源。因此,在可持续发展进程中,水资源与社会、经济、生态有着密不可分的关系,是基础自然资源和战略性经济资源,其作用如同血液对人体生命一样重要。

中国是世界上的人口大国,又是一个发展中的大国。为保护人类能世代延续与发展,走可持续发展的道路是中国和世界各国的共同选择,也是必然选择。我国自然资源存量在总量上可称为地大物博,但按人口平均计量则是资源小国。我国的水资源更是如此。我国人均占有水资源量只相当于世界人均值的 $1/4$,在经历了 20 世纪较大规模的水资源开发后,现在又处在工业化、城市化和现代化阶段,这一阶段将对自然资源,特别是水资源形成巨大需求,从而使本来就捉襟见肘的水资源更为紧张,更加重了水资源危机。

针对面临的水资源危机及其所带来的生态危机,中国工程院在国务院和有关部委的大力支持下,组织了涵盖地理、地质、气象、水文、农业、林业、水利、土地、水土保持、生态环境、城市建设、环境工程、社会经济等有关学科的 43 位两院院士和近 300 位院外专家,经过潜心研究,提交了《中国可持续发展水资源战略研究报告》,报告一是提出了八个方面的战略性转变:①要从无序、无节制地与洪水争地转变为有序、可持续地与洪水协调共处的战略;②要从传统的粗放型灌溉农业和旱地雨养农业转变为以建设节水高效的现代灌溉农业和现代旱地农业为目标的农业用水战略;③要从不重视节水、治污和不注意开发非传统水资源转变为节流优先、治污为本、多渠道开源的城市水资源可持续利用战略;④要从末端治理为主转变为源头控制为主的综合治污战略;⑤要从不重视生态环境用水转变为保证生态环境用水的水资源配置战略;⑥要从单纯地以需定供转变为在加强需水管理基础上的水资源平衡战略;⑦要从以超采地下水和利用未经处理的污水维持经济增长,转变为在大力节水、治污和合理利用当地水资源的基础上,采取南水北调的战略措施,保证北方地区社会经济的可持续发展;⑧要从缺乏生态环境意识的低水平开发转变为与生态环境建设相协调的水资源开发战略。二是提出了水资源管理体制、水资源投资机制和水价政策三项改革。这些战略及改革措施的提出,均是为了保证实现我国水资源的总体战略,即以水资源的可持续利用支持我国社会经济的可持续发展。

当中国的人口达到 16 亿时,中国的人均水资源量将从现在的 $2\,200\text{ m}^3$ 降至 $1\,760\text{ m}^3$,非常接近国际公认的水资源紧张标准,水资源的形势十分严峻。我国的水资源能否支持将来 16 亿人口的水需求,能否维持我国生态环境的良性发展,能否支持我国社会经济的可持续发展,在维持良好生态的前提下支持社会经济可持续发展的能力究竟有多大,这些问题对国家的综合发展和发展规模是至关重要的,是政府十分关心的问题,也是科学界迫切需要研究的问题。

因此,本书拟根据社会经济可持续发展的要求,研究在保证生态需水的前提下,流域或区域内有限水资源对社会经济发展规模的承载能力,以确保流域或区域生态平衡及社

会经济的可持续发展。

1.2 承载能力的起源、演化与发展

承载能力概念的起源、演化、发展与可持续发展概念有着基本相同的经历。

承载力一词原为物理力学中的一个物理量,指物体在不产生任何破坏时所能承受的最大负荷,具有力的量纲,可以通过野外或室内的力学试验得到具体数据,在某些情况下(如在材料弹性范围内或在一定试验资料基础上)也可通过力学理论或经验公式计算得到。当人们研究区域系统时,普遍借用了这一概念,以描述区域系统对外部环境变化的最大承受能力。随着研究的深入,承载力被发展为现在的承载能力,成为描述发展限制程度最常用的概念。

最初借用承载力一词的学科是群落生态学,其含义是“某一特定环境条件下(主要指生存空间、营养物质、阳光等生态因子的配合),某种生物个体存在数量的最高极限”。对多种生物的研究表明,种群开始时缓慢增长,环境条件较好时,增长加快,数量急剧增加,待种群数量达到一定值超过其承载容量后,由于环境阻力限制,种群会大批死亡而导致种群数量骤然下降,然后再重新回到新的平衡,用数学式表示为:

$$\frac{dN}{dt} = rN \frac{K - N}{K} \quad (1-1)$$

式中 N ——种群数量;

t ——时间;

r ——种群在无限环境下的增长系数,即内禀自然增长率;

K ——种群增长最高水平,称为该物种的环境承载量。

可以说,在地球进化史上,所有生物的发展都遵循这一规律,而惟一例外的是人类。

承载力理论在实践中的最初应用领域是畜牧业。在北美、南美及亚洲草原地区,由于草地开垦、过度放牧等原因,土地开始退化。为有效管理草原和取得最大经济效益,一些学者将承载力理论引入到草原管理中,随之草地承载力、最大载畜量等相关概念相继被提出。应该说,承载力理论在这一领域的应用取得了成效,即使在今天,草原生态学家仍在使用这一概念,用以指导畜牧业生产。

随之出现的另一概念是土地承载力,这一概念是在全球人口不断增加、耕地面积日趋减少、人类面临粮食危机的背景下产生的。工业化革命以后,全球性区域发展的规模与速度加剧,特别是人口的急剧增长,导致一些地区超出其应有的区域经济负荷,特别是超出其土地资源的承载能力,进而导致环境恶化和资源短缺,而这又进一步加剧了区域经济的不稳定,最终导致若干地区出现粮食危机。面临饥饿与贫困的威胁,土地粮食生产引起了各国政府的高度重视,于是生物学家和生态学家将承载力的概念发展并应用到人类生态学中,以研究现有土地到底可容纳多少人口。与土地承载力并用的相关概念还有区域人口承载容量、土地负载力、地域容量、地域潜力等。

随着工业化国家经济的迅速发展,环境污染与资源短缺问题日渐明显,八大公害事件的发生向全人类敲响了警钟。到 20 世纪 60 年代,即使普通公众也意识到了工业化引起

的环境退化问题。与此同时,医学的发展大大提高了人的寿命,而人类生存所需的自然资源不但没有增长,反而急剧减少,人类在历史上又一次面临承载力的问题。但与以往有所不同,主要表现在以下两个方面:

第一,这一次人口承载容量面临的问题不是发生在少数地区,而是遍及全球。其主要原因是,一方面,发达国家随着经济的迅速发展,对资源的需求量不断增加,在本国资源不能自给的情况下,开始向其他国家掠夺资源;另一方面,发展中国家因贫困等原因,对资源的破坏不断加剧,从而导致全球资源存储量不断减少,各国对资源的竞争也日趋激烈。发生在全球的诸多战争中,实际上有许多是为争夺资源而发生的。

第二,此次全球的承载力限制不仅仅发生在土地资源,而且扩展到了森林资源、矿产资源、环境资源、水资源……根据世界资源报告,1960~1990年30年间,有大约1/5的热带森林消失,在20世纪80年代,全球森林、疏林和灌木丛覆盖面积减少了32%。与此同时,人类对水资源的利用强度和需要量持续上升,在1940~1990年间,从江河、湖泊、水库、地下蓄水层和其他水源抽取的淡水量增加了4倍多,而污染又严重破坏了许多江河、湖泊和地下水源的水质,大大减少了淡水资源的供应。在全球许多地区,淡水压力越来越大,不少地区甚至缺乏基本的淡水供应。工业化发展导致的另一后果是对能源消耗的迅速增长,而能源增长主要依赖于石油、煤炭和天然气等矿物资源。根据全球统计结果,1993年全球能源消耗达到 3.38×10^{10} t,相当于1.63亿桶石油,比1973年增加了40%。其他资源如矿产资源、渔业资源也在不断减少……

所有这些,都引起人们对全球资源的重新评估,提出我们的环境到底可承受多少污染,全球不可再生资源 and 可再生资源到底能承载多少人口,由此,环境承载力、资源承载力、生态承载力、绿洲承载力等承载力的概念相继应运而生。

综上所述,随着土地退化、环境污染和人口膨胀等问题的出现,承载力的概念被延展并应用到整个自然界,使得在不同的发展阶段,产生了不同的承载力概念,承载力概念和意义也发生着相应的变化。这种承载力概念的演化与发展是对发展中出现的问题的反映。从表面上看,不同承载力概念之间在意义上有较大转变,但实际上是相通的,一脉相承的,都是用以描述区域系统对外部环境变化的最大承受能力,即描述发展限制程度的概念。在20世纪80年代可持续发展的概念提出后,被世界各国普遍接受,并作为人类今后的发展目标,承载力研究也应建立在可持续发展的框架下。

1.3 水资源承载能力的概念

自资源承载能力的概念出现后,虽然已广泛应用,但迄今世界上并没有一个公认的自然资源承载能力的确切定义。一般认为,资源承载能力是指一定区域内、一定物质生活水平条件下,某资源可持续供养人口数量的规模。也有人把它定义为:一个国家或地区,按人口平均的资源数量和质量,对该空间内人口的基本生存与发展的支持能力。

在各种自然资源承载能力研究中,土地资源承载能力研究是开始最早、规模最大也最为成熟的。早在1921年,由于人地矛盾加剧,R. F. Park 和 E. W. Burgess 就提出了土地承载能力的概念,随后美国的 Allan、Conklin Carneiro Brush 等人分别对土地资源承载能

力进行了研究。1978 年联合国粮农组织(FAO)发起了“发展中国家土地的潜在人口支持能力研究”,开始了土地资源的系统研究。1986 年我国也开始了题为“中国土地资源生产力及人口承载量”的研究。研究者认为,土地资源承载能力通常是指一个区域在一定的农业技术条件下,土地用于食物生产所能供养的人口数量;或在一定生产条件下,土地资源生产力所能承载一定生活水平下的人口限度。

水资源作为一种资源,其承载能力合乎上述定义的内容,但由于水资源的特殊性,如水是地球上一切生命之源,是人类文明的摇篮,是生物物种和旅游等多种资源的载体,是土壤、森林和草原等多种资源的保证资源等,其承载能力也应有其特殊性。与其他资源承载能力一样,目前,许多学者根据自己的理解赋予了水资源承载能力不同的定义,水资源承载能力一词也广泛应用于研究缺水地区的工业、农业和城市及整个经济发展的水资源供需平衡,但至今还没有一个统一的定义。分析这些定义,可以归纳为两种观点,一种观点是水资源开发容量论或水资源开发规模论,另一种观点是水资源支撑持续发展能力论。现分述如下。

1.3.1 水资源开发规模论

水资源开发规模论认为,水资源承载能力是在一定社会技术经济阶段,在水资源总量不变的基础上,通过合理分配和有效利用所获得的最合理的社会、经济与环境协调发展的水资源开发利用的最大规模或在一定经济技术水平和社会生产条件下,水资源可供给工农业生产、人民生活 and 生态环境保护等用水的最大能力,也即水资源的最大开发容量,但强调在这个容量下水资源可以自然循环和更新,并不断地被人们利用,造福于人类。这种观点认为水资源承载能力分析的目的是为了揭示水资源、区域经济和人口之间的关系,合理地充分地利用水资源,使经济建设与水资源保护同步进行,促进社会经济持续发展。

冯尚友认为,水资源对地区发展的支撑能力,并不仅仅体现可供水量的多少,更需要从水资源对人类社会所产生的利害关系全面考虑、综合评价。因此,一个地区的水资源承载能力应由三个部分组成,即水资源量的承载能力、水资源质或水环境承载能力和地区水害防御能力。水资源量的承载能力是指“水资源可供地区人口、生态环境、工农业生产和社会其他领域用水的能力”。水资源最大承载能力或极限承载能力“因地区水的丰缺程度而有不同的含义:对水资源紧缺和贫乏的地区,水资源的最大承载能力是指在合理分配人口、环境和生产用水的条件下,水资源可供水量的增长率为零时的总可供水量(包括当地和域外可能调引的可用水量);对水资源丰富的地区,水资源的最大承载能力是指在合理满足各种用水的条件下,人口的发展达到零增长或经济增长达到零增长时的可供水量”。水环境承载能力是指“一定水域、一定时期内,为了维持水域生态环境和人类健康环境,实施设定的水质和环境质量目标对人类活动的支持能力”。水害防御能力是指“对水具有危害的一面进行防御,从而支持地区经济、社会发展的能力,就是根据地区自然、社会条件,依设立的防灾目标,采用工程和非工程措施相结合的防御体系,所能保护和支持地区社会发展的能力”。

高彦春、刘昌明则把这种水资源开发规模论叫做水资源开发利用的阈限,认为区域水资源的开发是在一定自然条件和社会经济技术水平的约束下进行的,在整个时间进程中,

其开发总量呈现出阻尼因子作用下的增长模式。整个水资源开发过程可以分为连续而递进的三个阶段,即初始阶段、过渡阶段和饱和阶段。用 LOGISTIC 模型可以表示为:

$$\frac{dW_t}{dt} = r_t \cdot W_{t_0} \cdot (1 - W_t/Q_{\max}) \quad (1-2)$$

式中 W_t ——水资源在整个开发过程中 t 时段开发利用状态量;

W_{t_0} ——水资源开发利用的起始状态量;

r_t ——水资源开发利用在第 t 时段内的增长率;

$Q_{\max}$ ——水资源开发阈值。

1.3.2 水资源支撑持续发展能力论

目前多数的观点认为,水资源的最大开发规模或容量,与水资源作为一种社会持续发展的支撑能力比较,范围要小得多,含义也不尽相同,因此将水资源承载能力定义为对经济和环境的支撑能力,即水资源支撑持续发展能力论。

国家“九五”科技攻关项目“西北地区水资源合理配置与承载能力研究”大纲中定义水资源承载能力为“在某一具体历史发展阶段下,以可预见的技术、经济和社会发展水平为依据,以可持续发展为原则,以维护生态环境良性循环发展为条件,经过合理的优化配置,水资源对该区社会经济发展的最大支撑能力”。

李令跃、甘泓对水资源承载能力的定义与上述定义相似,为“在某一具体历史发展阶段下,以可预见的技术、经济和社会发展水平为依据,以可持续发展为原则,以维护生态环境良性发展为条件,在水资源得到合理开发利用下,该地区人口增长与经济发展的最大容量”。

王建华认为所谓区域水资源承载力就是指“在将来不同的时空尺度上,以预期的经济技术发展水平为依据,在对生态环境不构成危害的条件下,经过合理的水资源优化配置,某一区域内水资源持续供养区域经济规模和人口数量的最大能力”。

联合国教科文组织的定义为:“一个国家或地区的资源承载力是指在可以预见的期间内,利用本地能源及其他资源和智力、技术等条件,在保证其社会文化准则的物质生活水平条件下,所能持续供养的人口数量。”

1.3.3 两种观点评述

对于上述两种观点,前者从水资源承载的主体——水资源系统出发,试图用一个具体的量,如供水能力,作为水资源的承载能力的指标,比较直观;后者则从水资源承载的客体——人类社会经济系统出发,期望从水资源承载能力的真正意义上来描述它,用人口和社会经济规模作为水资源的承载能力的指标,比较抽象。虽然两者考虑问题的角度不同,但下列几点是相同的:

(1)两种承载能力论都认为水资源承载能力中,承载的主体是水资源系统,承载的客体是范围较广的人类社会经济系统,包括与之密切相关的生态系统,或更准确地说是某一具体状态下可养活的人口及其生活质量。即使是开发规模论,也不否认这一点。

(2)两种承载能力论都认同可持续发展原则,认为人类社会、经济、生态环境与水资源