

GUANGYI 广义水环境承载理论 与评价方法 SHUIHUANJING

彭静 李翀 等 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

广义水环境承载理论 与评价方法

彭静 李肿 等 著



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书阐述了广义水环境承载可持续性的评价理论和方法,全书共分六章。第一、二章主要论述有关水环境承载的基础知识、研究进展以及本研究的基本思路。第三章主要阐述广义水环境及承载理论,第四章主要讨论水环境承载的可持续性评价指标体系构建,第五章为应用案例,主要对白洋淀流域保定市的水环境承载力进行模拟和分析,第六章为结论与研究展望。

本书可供水利部门、环境保护部门、经济发展规划部门的管理者和决策者以及相关专业的科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

广义水环境承载理论与评价方法/彭静,李翀等著.

北京:中国水利水电出版社,2006

ISBN 7-5084-3828-0

I. 广... II. ①彭...②李... III. 水环境—承载力—研究 IV. X143

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 062281 号

书 名	广义水环境承载理论与评价方法
作 者	彭 静 李 翀 等 著
出版 发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales @ waterpub.com.cn 电话: (010)63202266(总机), 68331835(营销中心)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	850mm×1168mm 32开本 6.375印张 171千字
版 次	2006年6月第1版 2006年6月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	18.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

可持续发展是我国经济社会发展的基本战略，而环境承载力的大小是决定可持续发展速度和规模的重要因素。随着人口的增加和经济的持续快速增长，我国在资源和环境方面承受的压力显著增大。日趋严峻的水资源短缺和水生态环境恶化态势，已成为我国经济社会可持续发展的关键制约因素，亟待有效解决。

水环境是人类生存和经济发展的一个极其重要的基础系统。在自然力和人类活动的共同影响下，水环境系统与经济、社会系统组成交互影响的复杂复合系统，其学科基础涉及到自然、经济、社会学科的不同方面。因此，对于水环境与经济社会关系的研究，需要在多学科交叉融合中不断深入，创新发展。

在水利部“948”技术创新与推广转化项目(CT200322)的资助下，我们开始了本书的研究工作。研究团队来自不同的学科专业背景，大家精诚合作，努力探索，在两年时间内，圆满完成了项目研究任务。归纳其中之主要内容，将本书呈现予读者。

本书基于水环境与人类经济社会活动的关系分析，综合人类学的环境观和生态学的环境观，提出了广义水环境的概念，拓展认识和界定了水环境和水环境承载的内涵意义和特征。研究认为，水环境实现可持续承载的机制，源于其系统内水的循环、自净和水生态系统固有

的自我组织、自我维持和对外界胁迫的恢复能力。由此，初步构建了广义水环境承载的理论分析体系。同时，从水环境的水源、资源、纳污、生态等四个主要功能过程，兼顾考虑社会调节活动对水环境功能的影响，设计并构建了水环境承载的可持续性评价指标体系。指标体系以指数—指标—变量的分级框架模式，即1个指数、6个分类指标、36个表征变量，评价区域水环境承载与经济社会荷载之间的相互关系。并进一步建立了基于GIS的水环境承载能力分析评价平台，实例分析了白洋淀区域的水环境承载特征。

经济社会发展与水环境承载之间的关系，包含着极其丰富而又复杂的方方面面内容。在本书的研究中，仅仅从水环境承载评价方法的一个侧面，对相关的理论和评价方法进行了探索，初步构建了水环境承载可持续性的理论和指标体系框架。这一框架，还需要在进一步的研究中不断补充、完善。

水环境承载的实质，反映了经济与环境的关系，这一关系，是一种动态发展、反馈、调整的过程。经济在不断发展，社会在不断进步，人类对自然、对与自然关系的认识也在不断升华。以人与自然和谐为主线的可持续发展，必将随着科学发展观对经济社会的统领而不断推进。为实现国家提出的“十一五”期间生态环境恶化趋势基本遏制的目标，建设资源节约型、环境友好型社会，水环境科技面临着前所未有的挑战。

参加本书编写工作的有：前言，彭静；第一章，彭静、廖文根；第二章，彭静、赵奎霞；第三章，彭静；

第四章，彭静、赵奎霞、李翀、廖文根；第五章，李翀、禹雪中；第六章，彭静、李翀。全书由彭静、李翀统稿。参加本书研究工作的还有：骆辉煌、彭期冬、马巍、徐天宝、马莉青。

在本书的研究过程中，一直得到中国水利水电科学研究院何少苓副总工程师的指导、帮助和鼓励，在此表示衷心的感谢！

由于时间和水平有限，书中不免有疏漏之处，敬请读者不吝指正。

作 者

2006 年 4 月于北京

目 录

前言

1 可持续发展与水环境承载	1
1.1 可持续发展及我国的可持续发展战略	1
1.2 可持续发展与水环境承载的可持续性	3
1.3 我国的水资源水环境承载现状	4
1.4 研究目标与技术思路	11
2 可持续发展相关研究进展	19
2.1 国外研究进展	19
2.2 国内研究进展	27
3 广义水环境及承载理论	71
3.1 水环境概念的拓展	71
3.2 水环境承载力	77
3.3 水环境系统承载分析	86
3.4 水环境可持续承载机制	89
3.5 水环境承载的可持续性及其判别	95
4 水环境承载指标体系及评价方法	102
4.1 指标体系的设计	102
4.2 指标体系的变量解释	108
4.3 评价模式与计算方法	110
4.4 国家有关统计数据结构调查	129
5 白洋淀区域水环境承载可持续性评价实例分析	138

5.1 流域概况	138
5.2 淀区概况	149
5.3 水环境承载可持续性评价平台的构建	153
5.4 区域水环境承载可持续性评价及分析	158
5.5 对策、措施与建议	170
6 结语	184
6.1 主要研究结论	184
6.2 研究展望	186
参考文献	188

1.1 可持续发展及我国的可持续发展战略

可持续发展的提出，最早是在 20 世纪 70 年代《世界自然保护大纲》中对该词的使用。1987 年发表的《我们的共同未来》研究报告，可持续发展正式向世人提出。5 年之后的联合国环境与发展大会（巴西里约会议），经各国首脑讨论，通过了《21 世纪议程》，自此，可持续发展被广泛接受并成为各国发展的理想模式。目前对可持续发展的一般定义是：既满足当代人的需求，又不危害后代人满足其需求的发展。

随着可持续发展概念的提出，在经济、社会、人口、资源、环境等不同的领域，都对可持续发展的内涵、意义与应用等进行了大量论述和研究（Boyden S. , Dovers, S. , 1992; Arrow K. et al, 1995; Braden J. B. , 1999; United Nations, 1999; 牛文元, 1994; 刘建康, 1997; 姜学民, 1999; 钱易, 唐孝炎, 2000; 钱正英, 张光斗, 2001; 左其亭等, 2005)。从这些研究中，可以看出，从不同的角度，对可持续发展有不同的理解。但归纳起来，在可持续发展的内涵中，逐渐明确并深化的三个基本原则，就是公平性、持续性和共同性。可持续发展的公平性，是指发展不仅要在本代人之间保持公平，而且还要兼顾代际之间的公平。可持续发展的持续性，是指当代人不能只为了自己的发展需求而损害后代发展所需的条件，特别是资源和环境条件。挪威首相布伦特兰将可持续性直接指向为“不损害支持地球生命的自然系统：空气、水、土壤，不超出其源于环境的承载能力”。可

持续发展的共同性，则指可持续发展是全球发展的共同目标，需要全球的努力和共同行动。

由此可见，在可持续发展中包含了发展与可持续性两个方面，涉及到经济、社会、资源、环境等各个系统。这其中的发展，不同于传统意义上物质财富的增长，发展的根本目的在于改善人类的生活质量，发展是在不损害环境条件下经济稳定而持续的增长。在“自然—社会—经济”的复合巨系统中，发展受到社会、资源、环境等要素的约束。驱动可持续发展，就是要能动地调整自然社会复合系统，使人类在不超越资源和环境承载力的条件下，促进经济发展、保护资源永续利用，提高生活质量。根据已有的研究，总结可持续发展的内涵特征（张坤民，温宗国，杜斌等，2003），可以概括成如下方面。

（1）可持续发展鼓励经济增长，这特别对发展中国家和落后国家具有重要意义。但发展不仅仅重视增长数量，更追求改善质量。

（2）可持续发展以资源为基础，与环境承载能力相协调。发展的同时必须保护环境，维持地球的生命支持系统，保证以持续的方式使用可再生资源，使人类的发展不超越地球环境的承载能力。

（3）可持续发展以改善和提高生活质量为目标，同社会进步相适应。

（4）可持续发展承认自然资源的多元价值。这不仅体现在环境对经济系统的支撑和服务上的经济价值，还体现在环境支撑生命系统的生命价值和丰富社会文化的景观和文化价值等方面。

可以看出，可持续发展是人类在经历了伴随经济高速增长而带来的资源耗竭和环境退化后，总结自身发展历程，明智选择的新的发展模式，并且已经成为人类社会发展战略的基本原则和指导思想。

纵观全球自然条件和经济格局，可以肯定的是，可持续发展是没有绝对标准的，不同的国家、不同的地区，因自然条件、经

济水平、社会体制和发展阶段的不同，可持续发展的目标和模式都将各不相同。

自 1992 年联合国环境与发展大会以来，中国积极实施可持续发展战略，10 多年来的实践经验表明，可持续发展的战略适合于中国人口众多、人均资源匮乏、生态环境脆弱的基本国情。传统的发展，在中国以“高投入、高消耗、高污染、低效益”为特点的经济增长模式，明显地带来了资源严重短缺、生态环境持续恶化的后效，已经严重制约了经济社会的进一步发展。随着时代的进步，可持续发展模式也成为中国在 21 世纪经济社会发展的必然选择。

2003 年，国务院颁布了《中国 21 世纪初可持续发展行动纲要》，总结了我国经济发展的成就与问题，明确了我国实施可持续发展战略的指导思想、目标与原则，并提出了近阶段发展的重点领域，制定了相应的保障措施。我国实施可持续发展的指导思想，是“坚持以人为本，以人与自然和谐为主线，以经济发展为核心，以提高人民群众生活质量为根本出发点，以科技和体制创新为突破口，坚持不懈地全面推进经济社会与人口、资源和生态环境的协调，不断提高我国的综合国力和竞争力”，将“持续发展，重视协调”作为可持续发展的第一原则。在提出的可持续发展的 6 个重点领域中，包括了经济发展、社会发展、资源优化配置及合理利用与保护、生态保护与建设、环境保护与污染防治、能力建设等方面。可见，经济、社会与资源、环境的协调发展，是我国实施可持续发展战略的根本宗旨。

1.2 可持续发展与水环境承载的可持续性

在可持续发展的社会、经济、资源、环境基本框架中，环境是重要的支撑要素。根据可持续发展的内涵，可以认为，将发展限制于资源和环境的承载能力之内，即保障资源和环境的可持续承载，是保障发展可持续性的前提条件。

水环境是环境系统中最为关键的一个子系统。水既是生命的

元素，又是经济发展的重要资源，对人类的生存和发展具有不可替代的地位和作用。水环境的多元价值属性，体现在水环境系统提供生活、生产和生态用水的生命、资源和景观价值；提供上述使用后弃水的容纳场所并进行水流交换和自净修复的环境价值等。因此，水量（资源）、水质（质量）和水生态（生命）是水环境不可分割的三个主要方面。保障水环境承载的可持续性，是保障经济社会可持续发展的基本前提。

1.3 我国的水资源水环境承载现状

伴随着人口的增加和经济的持续快速增长，我国在资源和环境方面承受的压力显著增大。由于在资源开发利用过程中对环境保护及治理的相对滞后，我国已出现了水资源短缺和水生态环境恶化的严峻水问题，并且这种恶化趋势尚未得到有效控制，成为制约我国经济社会可持续发展的关键因素，亟待有效解决。

中国虽然是世界水资源大国，水资源总量为 2.8 万亿 m^3 ，居世界第四位。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值的 1/4，世界排名第 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，由于中国的气候属于季风气候，水资源的时空分布极不均匀，长江以北水系流域面积占全国国土面积的 64%，水资源量却只占全国的 19%，干旱缺水成为北方地区的主要自然灾害。随着经济社会的发展和城市化进程的加速，我国水资源短缺与水环境恶化态势日益严重，造成地区间争水、城乡争水、工农业争水、超采地下水和挤占生态用水等问题，并已成为制约国民经济可持续发展和直接影响人民健康的重要因素。

1.3.1 水资源量及其开发利用

我国水资源总量约 2.8 万亿 m^3 ，近几年水资源总量如图 1-1 所示，除 1998 年丰水年水量较多之外，其余年际变化不大。

我国幅员辽阔，江河众多，流域面积在 100 km^2 以上的河流有 5 万余条。由于人口、地形和气候的地域差异显著，我国降水

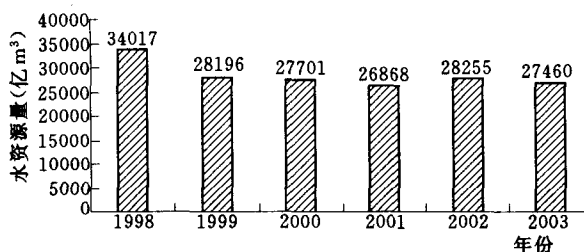


图 1-1 全国水资源总量

(资料来源：中国水资源公报)

时空分布极不均匀，水资源量的自然分布总体呈如下特点。

(1) 水资源与土地资源组合极不均衡。北方与南方水资源拥有量相差悬殊，南方长江、珠江、东南诸河和西南诸河片多年平均单位面积水资源总量在 $50 \text{ 万} \sim 110 \text{ 万 m}^3 / \text{km}^2$ ，而北方六大流域片多年平均单位面积水资源总量在 $4 \text{ 万} \sim 30 \text{ 万 m}^3 / \text{km}^2$ ，其中海河、黄河、内陆河流域片单位面积水资源拥有量比南方片少 5 倍以上。

(2) 水资源年内、年际变化很大。受季风气候的影响，我国大部分地区冬春少雨，夏秋多雨。汛期 6~9 月降雨量可占全年降雨量的 70%~80%。水资源年际变化也十分明显，流域存在连续丰水年或枯水年的现象，致使我国旱涝灾害频繁，更加剧了北方流域片的水资源短缺态势，许多河流出现季节性断流。

上述水资源、土地资源及人口在分布上的失配状况，导致不同流域之间水资源的利用率具有很大差别。根据全国水资源公报统计数据，2003 年全国水资源平均利用率约为 19.4%，而海河流域却高达 117.4%，辽河流域达到 55.9%，黄河流域达 42.8%，见图 1-2。与世界普遍认为的 40% 的合理开发利用水平相比较，各区域相差较大，其中西南诸河开发利用率 1.6%，仍处于很低的水平。

1.3.2 供用水量

随着经济社会的发展和人口的增加，我国供用水量总体呈增

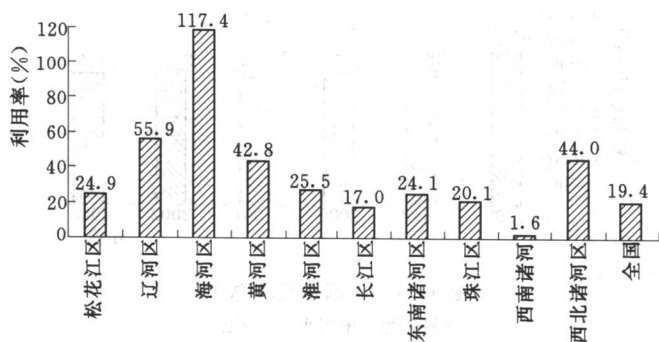


图 1-2 全国流域分区水资源利用率 (2003 年)

(资料来源: 中国水资源公报)

长态势。近年来, 随着节水型社会建设的深入, 我国供用水量也有所减少。据 2003 年统计, 全国供水总量 5320.4 亿 m^3 , 占当年水资源总量的 19.4%。其中, 地表水源供水量 4286.0 亿 m^3 , 占总供水量的 80.6%, 地下水源供水量 1018.1 亿 m^3 , 占总供水量的 19.1%, 其他水源供水量 16.3 亿 m^3 , 占总供水量的 0.3%。与 2002 年相比, 全国总供水量减少了 176.9 亿 m^3 , 见图 1-3。

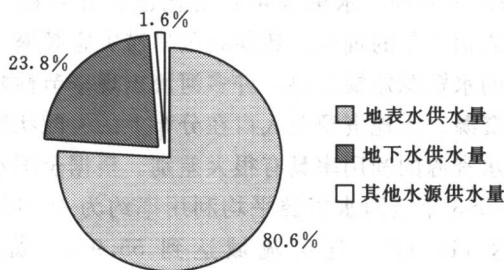


图 1-3 全国供水量组成 (2003 年)

(资料来源: 中国水资源公报)

在地域分布上, 松花江、辽河、海河、黄河、淮河、西北诸河等北方六区供水量占全国总供水量的 44%, 长江(含太湖)、东南诸河、

珠江、西南诸河等南方四区供水量占全国总供水量的 56%。

2003 年在全国总用水量的 5320.4 亿 m^3 中,生活用水量 630.9 亿 m^3 ,占总用水量的 11.9%;工业用水量 1177.2 亿 m^3 ,占总用水量的 22.1%;农业用水量 3432.8 亿 m^3 ,占总用水量的 64.5%;包括城市环境用水和部分河湖湿地人工补水的生态用水量 79.5 亿 m^3 ,占总用水量的 1.5%。与 2002 年相比,生活和工业用水量增加,而农业用水量减少,全国总用水量减少 176.9 亿 m^3 。

随着科技进步和节水型社会建设的深入,近年来我国单位用水量略呈下降趋势。至 2003 年,我国人均用水量 412 m^3 ,城镇居民人均生活用水量 212L/d,农村居民人均生活用水量 68L/d,万元 GDP 用水量 448 m^3 ,万元工业增加值用水量 222 m^3 ,农田灌溉亩用水量 429 m^3 ,表 1-1 为 2003 年全国流域分区用水指标。

表 1-1 全国流域分区用水指标 (2003 年)

流域分区	人均 GDP (万元/人)	人均 用水量 (m^3 /人)	万元 GDP 用水量 (m^3 /万元)	农灌亩均 用水量 (m^3 /亩)	人均生活用水量 (L/d)		万元工业 增加值 用水量 (m^3 /万元)
					城镇 人口	农村 人口	
松花江区	1.075	554	511	510	170	64	241
辽河区	1.275	350	275	399	189	60	94
海河区	1.272	288	225	248	172	54	87
黄河区	0.760	320	419	355	155	40	141
淮河区	0.925	231	248	212	167	54	115
长江区	1.002	393	386	440	234	68	324
东南诸河区	1.636	439	262	539	228	103	180
珠江区	1.127	526	461	820	281	115	237
西南诸河	0.410	459	1114	609	160	66	329
西北诸河区	0.878	2096	2288	768	204	48	179
全 国	0.905	412	448	429	212	68	222

资料来源:《中国水资源公报》。

目前全国已累计解决农村 2.82 亿人饮水的困难, 4 亿多农村人口喝上自来水, 城市自来水基本上已经普及。但是, 目前我国 669 座城市中, 有 400 多座城市缺水 (其中比较严重缺水的有 110 座), 每年缺水量约 300 亿~400 亿 m^3 ; 全国约有 3 亿农村人口喝不上符合标准的饮用水; 全国农田受旱面积年均达 3 亿亩, 年均减产粮食 280 多亿公斤。水资源供需矛盾不断突出, 已经成为我国经济社会发展的主要制约因素之一。

1.3.3 水环境与水生态状况

我国水环境与水生态的问题主要表现在以下几方面。

1.3.3.1 江河湖库污染日趋严重

近 20 多年来, 伴随经济高速增长、人口发展以及城市化进程加速, 我国污染负荷排放量逐年持续增加, 导致大量废污水未经任何处理直接排入江河湖库, 造成我国总体水环境质量呈现恶化发展趋势。据 2003 年全国 13.46 万 km 河流的调查评价, 水质 IV 类和劣于 IV 类的河长占总评价河长的 37.4%; 北方地区河流水体污染尤为严重, 海河、淮河、辽河、黄河等水资源一级区符合和优于 III 类水的河长比例不足 40%; 东部地区局部河网水污染严重, 水质型缺水日益加剧。全国水环境污染状况较 2002 年更为严重。

与 20 世纪 80 年代改革初期相比, 目前我国水污染的范围已由城市向农村、由内陆向近海、由地表向地下扩展; 水污染的形式结构则呈现点源与面源污染共存, 新旧污染与二次污染交互作用, 区域及流域气、水、土污染相互复合的格局。

1.3.3.2 河湖湿地萎缩、生态功能衰退

由于长期以来水土资源的无序开发利用, 我国江河断流、河湖湿地萎缩已成为一个严重的生态环境问题。尤其是在北方缺水地区, 生态用水被肆意剥夺, 引发了一系列严重的生态环境问题。如黄河断流趋于频繁, 海河流域中下游平原地区的河流基本干涸, 湿地严重萎缩、生物多样性下降, 入海水量显著减少, 河口生态状况恶化, 西北干旱、半干旱地区湖泊干涸与咸化趋于

严重。

全国约 75% 的湖泊出现不同程度的富营养化, 不少湖泊藻类爆发频繁; 太湖、滇池、巢湖等湖泊水体透明度明显下降, 水生态系统全面退化。全国因围垦而消失的天然湖泊近 1000 个, 围垦湖泊面积达 130 万 hm^2 以上, 失去调蓄容量 350 亿 m^3 以上, 导致湿地生态系统的调蓄洪水、生物多样性维持、水体净化等各种生态服务功能日益下降。沿海地区的快速发展, 导致大量海滨滩涂和湿地被征用, 加之近岸海域污染逐年加重, 使得海岸带生境退化, 生物栖息地遭到破坏, 底栖类生物受到严重污染, 近海水域赤潮现象频繁发生。

1.3.3.3 地下水超采与污染严重

由于地表水资源的匮乏和水污染的加剧, 我国地下水超采现象十分严重。据统计, 全国以城市和农村井灌区为中心形成的地下水超采区数量已从 80 年代初的 56 个发展到目前的 164 个, 超采区面积从 8.7 万 km^2 扩展到 18 万 km^2 , 引起地面下沉、水质变硬、海水倒灌等严重生态问题。在地下水量大量超采的同时, 城市地下水污染问题也十分严重, 在全国调查的 118 个城市中, 64% 的城市地下水受到严重污染, 33% 的城市地下水轻度污染, 仅有 3% 的城市地下水基本清洁。

1.3.3.4 水土流失问题突出

水土流失生态恶化趋势没有得到有效遏制。目前全国水土流失面积为 356 万 km^2 , 占国土面积的 37%, 每年流失的土壤总量达 50 亿 t。全国每年因水土流失新增荒漠化面积 2100 km^2 , 每年因水土流失而损失的耕地面积达 7 万多 hm^2 , 黄土高原每年水土流失带走的氮、磷、钾就达 4000 万 t, 相当于全国一年的化肥产量。从成因分析, 水力、风力、冻融侵蚀及滑坡、泥石流等重力侵蚀形式多样, 分布类型复杂, 治理难度较大。

严重的水土流失, 导致土地退化、草场沙化、生态恶化, 造成河道、湖泊泥沙淤积, 加剧了江河下游地区的洪涝灾害。牧区草原沙化严重, 全国牧区 33.8 亿亩可利用草原中有 90% 出现不