

昆明科学发展智库丛书

基于水环境承载力的 滇池流域生态补偿机制研究

陈自娟 / 著



科学出版社

昆明科学发展智库丛书

基于水环境承载力的滇池 流域生态补偿机制研究

陈自娟 著



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书以滇池流域为主要研究对象,从水环境承载力的视角,研究探讨人们广泛关注的滇池流域生态补偿问题。运用水环境承载力评价指标体系,着重量化分析水质、水量与人口、经济规模的均衡关系。借助理论分析和模型计算从“两个维度、四个方面”,深入探讨并揭示水环境承载力与流域社会经济发展的辩证关系及作用机理。在滇池流域水生态问题及其成因分析基础上,本书运用 DEA 绩效分析法对滇池污染治理经济政策的效果进行评价,找出滇池流域生态补偿机制存在的主要问题。并根据滇池流域水环境承载力的现状,提出以水环境承载力为核心,充分发挥市场和政府积极作用的“准市场化治理模式”,以期形成“源头治理、全程控制”的长效作用机制。

本书可供生态经济、环境科学、公共管理等学科的师生和科研工作者及其他相关专业人士参考。

图书在版编目(CIP)数据

基于水环境承载力的滇池流域生态补偿机制研究 /陈自娟著. —北京:科学出版社, 2018.6

ISBN 978-7-03-056136-7

I. ①基… II. ①陈… III. ①滇池—流域—生态环境—补偿机制—研究 IV. ①X522

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 317914 号

责任编辑:张 展 孟 锐 / 责任校对:王 翔

责任印制:罗 科 / 封面设计:墨创文化

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>

成都锦瑞印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018年6月第 一 版 开本:B5 (700×1000)

2018年6月第一次印刷 印张:10.5

字数:220千字

定价:78.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

流域生态补偿是协调流域内利益主体之间经济关系、促进社会经济与生态环境协调发展最有效的途径之一。流域生态补偿不仅要考虑当代人之间的公平,也要考虑当代人与子孙后代在资源环境利用上的代际公平。流域最基本的特征及构成要素是水,水又是生命之源,水生态系统是人类赖以生存和发展的前提和基础。如今,水资源不仅是经济社会发展最重要的基础性资源,也是供给日趋紧张的稀缺性资源。一方面,随着经济社会的快速发展和人口规模的不断扩大,人们对水资源量的需求越来越大;另一方面,随着工业化和城镇化进程的加快,生产、生活排污等对水环境的污染加剧,造成人均可利用的水资源日益减少。水的问题已经成为经济社会可持续发展的重要制约因素。水环境承载力已成为区域资源环境承载力最核心的组成部分,也是区域经济社会发展、空间规划发展的科学依据,更是评判社会经济与水环境系统是否协调的重要指标之一。

水环境承载力具有自然和社会两方面的属性,自然属性指对区域内污染物排放的最大容纳限度和水资源需求量的满足程度,包含水质和水量两个方面;社会属性指对流域范围内社会经济可持续发展所能提供的最大支撑能力,包括所能承受的人口规模、产业发展规模及其布局与比例等。水环境承载力的双重属性与流域社会经济发展直接相关,抑或支持促进抑或限制阻碍。因此,如何在既定的时空条件下,改善现有水环境承载力,促进流域生态环境与社会经济的可持续发展,是流域生态补偿需要解决的根本性问题,也是实现区域经济社会持续健康发展需要解决的重要问题。流域生态补偿机制构建的目的,就是通过有效调节流域内利益主体间的经济关系,确保区域经济社会发展与区域水环境承载力,进而与整个区域的资源环境承载力相协调。毫无疑问,科学界定水环境承载力的定义,构建科学的水环境承载力评价体系以及流域社会经济与水环境承载力作用机理模型,客观地反映二者间的辩证关系,以水环境承载力为核心,建立和完善科学有效的流域生态补偿机制,是区域经济社会发展过程中十分重要的理论和现实问题。

滇池流域是云南省最重要的人口和经济聚集地之一,滇池水环境状况及承载能力决定了流域内社会经济发展的速度、规模与质量,流域社会经济发展状态又反作用于滇池水资源环境状况。本书以滇池流域为主要研究对象,从水环境承载力的视角,研究探讨人们广泛关注的滇池流域生态补偿问题。首先,通过系统分析国内外相关文献资料,在科学界定水环境承载力、流域生态补偿、流域生态补偿机制等核心概念的基础上,运用区域经济学、生态经济学和福利经济学的相关

理论，深入剖析了生态系统服务的时空流动性特征，并在总结国内外流域生态补偿实践的基础上，提出分析流域生态补偿机制的基本框架。其次，以水环境承载力的内涵、外延及主要特征、评价的具体方法等分析为基础，尝试构建水环境承载力评价体系，明确评价的步骤，在合理筛选影响因子的基础上，借助指标评价法和综合表征法对水环境承载力进行评价，并着重对水质、水量和人口与经济规模均衡点作量化分析。第三，从流域社会经济发展对水环境质量影响、水环境质量变化对流域社会经济发展影响两维视角，水质、水量、水资源可持续利用及流域人口规模四个方面，借助理论分析和模型计算，深入分析水环境承载力与流域社会经济发展之间的辩证关系，揭示实现水环境承载力和社会经济协调发展的内在机理。第四，结合滇池流域实际，在水资源供给能力和需求量、滇池流域水环境容量评价基础上，耦合社会—经济—环境三个层面，用人口规模、水资源可持续利用、入湖污染负荷变化及水体水质变化四大指标，对滇池流域的水环境承载力进行综合性的评价，指出现状与安全状态下的差距。在分析滇池流域水生态问题及其成因的基础上，对滇池流域生态补偿实践从四个方面作重点分析，并运用DEA 绩效分析方法对其效果进行评价，找出了滇池流域生态补偿机制方面存在的主要问题。最后，根据滇池流域水环境承载力现状，针对滇池流域生态补偿机制方面存在的问题，从基本框架、补偿标准核算体系、补偿方式、实现途径、效率评价及保障等方面，提出以水环境承载力为核心、通过充分发挥市场和政府积极作用，特别是市场机制在水资源和水环境容量所有权分配中作用的“准市场化滇池治理机制”，以期形成从强调生产和消费“末端”污染治理向强调从源头上、全程治理的长效机制，还提出与“准市场化滇池治理机制”相关的对策与建议。

目 录

第1章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究进展	3
1.2.1 流域生态补偿内涵	3
1.2.2 流域生态补偿机制研究	4
1.2.3 水环境承载力研究	5
1.3 研究目的和意义	8
1.3.1 研究目的	8
1.3.2 研究意义	9
1.4 主要研究内容	10
1.5 研究方法与技术路线	12
1.5.1 研究思路	12
1.5.2 研究方法	12
1.6 本研究的主要创新与不足	13
1.6.1 主要创新	13
1.6.2 不足之处	14
1.7 小结	15
第2章 相关理论及文献综述	16
2.1 核心概念的界定	16
2.1.1 水环境、承载力与水环境承载力	16
2.1.2 流域及流域生态系统	16
2.1.3 流域生态补偿	17
2.1.4 流域生态补偿机制	17
2.2 流域生态补偿的理论与实践	17
2.2.1 国内外流域生态补偿的理论研究	17
2.2.2 生态系统服务的时空流动性分析	20
2.2.3 科斯定理和庇古手段在流域生态补偿中的运用	21
2.2.4 国内外流域生态补偿的实践	21

2.2.5 我国流域生态补偿的问题及解决办法	24
2.3 水环境承载力理论与实践	25
2.3.1 水环境承载力的理论基础	25
2.3.2 水环境承载力的实践	27
2.3.3 水环境承载力研究的问题及发展趋势	27
2.4 小结	28
第3章 流域生态补偿机制的基本框架	30
3.1 流域生态补偿的基本原则	30
3.1.1 生态与经济社会相协调的原则	30
3.1.2 生态系统服务的供需原则	30
3.1.3 价值转移原则	31
3.1.4 公平原则	31
3.1.5 政府引导, 市场调控的原则	32
3.2 流域生态补偿类型及主客体	32
3.2.1 流域生态补偿的类型	32
3.2.2 流域生态补偿的主体	33
3.2.3 流域生态补偿的客体	33
3.3 流域生态补偿成本与标准	33
3.3.1 确定流域生态补偿成本	33
3.3.2 流域生态收益与补偿标准	34
3.3.3 实践中流域生态补偿标准的确定	34
3.4 流域生态补偿方式	36
3.4.1 政府补偿方式	36
3.4.2 市场化生态补偿	36
3.4.3 准市场化生态补偿	37
3.5 流域生态补偿地资金渠道	37
3.6 流域生态补偿绩效评价	38
3.7 小结	39
第4章 水环境承载力分析及其与社会经济发展的作用关系	40
4.1 水环境承载力有关问题分析	40
4.1.1 水环境承载力的内涵与外延	40
4.1.2 水环境承载力与水环境容量、水资源承载力关系	40
4.1.3 水生态系统构成	41

4.1.4 水环境承载力的主要特征	42
4.2 水环境承载力研究方法的具体内容	42
4.3 构建水环境承载力评价体系	43
4.3.1 水环境承载力评价的作用及流程	43
4.3.2 影响水环境承载力大小的因素	44
4.3.3 对水环境承载力的评价	45
4.4 水环境承载力与流域社会经济的关系及作用机理	48
4.4.1 水环境承载力与流域社会经济是一对矛盾综合体	48
4.4.2 流域社会经济发展与水环境承载力的作用机理	49
4.5 水环境承载力对流域社会经济协调发展的重要意义	53
4.6 小结	53
第5章 以水环境承载力为依据构建流域生态补偿机制	54
5.1 水环境保护是流域生态补偿的重点领域	54
5.2 水环境承载力是构建流域生态补偿机制的重要依据	54
5.2.1 水环境承载力为流域生态补偿提供理论基础	55
5.2.2 水环境承载力是确定流域生态补偿范围和层次的重要依据	56
5.2.3 水环境承载力为流域生态补偿标准确立和运行绩效评价提供 技术支撑	56
5.2.4 水环境承载力的特性影响流域生态补偿的方式和途径	58
5.3 流域生态补偿是水环境承载力与社会经济协调发展的必然选择	59
5.4 构建以水环境承载力为基础的流域生态补偿机制	60
5.4.1 确定流域生态补偿范围、主客体	60
5.4.2 构建准市场化的流域生态补偿模式	60
5.4.3 建立流域生态补偿绩效评价体系	64
5.5 小结	65
第6章 滇池流域水环境承载力评价及其与流域社会经济发展的关系	66
6.1 滇池流域水资源及其分布	66
6.1.1 自然概况	66
6.1.2 水文水系、水库	67
6.1.3 水体功能	70
6.2 滇池流域水资源供给能力及需求量	70
6.2.1 滇池流域水资源量	70
6.2.2 滇池流域水资源需求量	71

6.3 滇池流域水环境容量评价	72
6.3.1 入湖河流水环境容量	72
6.3.2 滇池湖体水环境容量	81
6.3.3 滇池流域污染负荷状况及湖滨带的消纳能力分析	84
6.3.4 以松华坝为代表的水源区水环境容量	89
6.4 滇池流域水环境承载力评价及结果分析	93
6.4.1 指标体系法评价及其结果分析	93
6.4.2 综合表征法评价结果分析	97
6.5 滇池流域水环境承载力与社会经济发展的关系	98
6.5.1 水环境承载力对滇池流域人口规模的制约	98
6.5.2 滇池流域社会经济发展对水资源可持续利用的影响	100
6.5.3 滇池流域社会经济发展对入湖污染负荷的影响	101
6.5.4 滇池流域社会经济发展对滇池水体水质的影响	104
6.6 小结	105
第7章 滇池流域生态补偿实践及绩效评价	106
7.1 滇池流域水生态问题及其成因	106
7.1.1 滇池流域主要水生态问题	106
7.1.2 滇池水生态问题的成因	107
7.1.3 滇池流域水生态问题治理的难点	107
7.2 滇池流域生态补偿实践	109
7.2.1 跨流域调水生态补偿实践	109
7.2.2 以松华坝为代表的水源地生态补偿实践	112
7.2.3 滇池湖滨生态区生态补偿实践	114
7.2.4 入滇河道生态补偿实践	115
7.3 滇池流域生态补偿政策绩效评价	116
7.3.1 政策绩效评估方法	116
7.3.2 滇池流域生态补偿政策综合绩效评估	119
7.4 滇池流域生态补偿存在的问题	121
7.4.1 补偿范围和利益相关者不清晰	121
7.4.2 补偿方式和资金来源单一	121
7.4.3 补偿标准、实现形式不能满足现实需要	122
7.4.4 生态补偿长效机制还未形成	122
7.5 小结	123

第 8 章 构建适应滇池流域水环境承载力的生态补偿机制	124
8.1 滇池流域生态补偿机制的基本框架	125
8.1.1 滇池流域生态补偿的范围	125
8.1.2 滇池流域生态补偿的类型	125
8.1.3 滇池流域生态补偿的主体与对象	125
8.2 滇池流域“准市场化”生态补偿模式	126
8.2.1 滇池流域生态补偿标准核算体系	126
8.2.2 滇池流域生态补偿实现途径选择	133
8.3 滇池流域生态补偿的实现形式	134
8.4 滇池流域生态补偿机制运行效率评价	135
8.4.1 生态补偿最佳状态下的流域水环境承载力评价及系统协调度分析	135
8.4.2 生态补偿对流域社会经济增长的贡献	136
8.5 完善滇池流域生态补偿机制的政策保障	137
8.6 小结	138
第 9 章 主要结论及建议	140
9.1 主要结论	140
9.2 建议及展望	142
参考文献	145
附录	155

第1章 绪 论

1.1 研究背景

我国人均占有的水量只有世界人均占有量的 1/4, 在全国 657 个城市中有 300 多个城市缺水, 其中 100 个城市严重缺水。长期以来, 我国湿地、河滨、湖滨、海岸带等生物水生态生存空间不断被压缩和减少。近 30 年来, 湿地自然保护区湿地面积总体上呈急速下降趋势, 净减少总量为 8152 平方千米, 占全国湿地净减少总量的 9%, 尤其是沿海滩涂湿地有一半的面积消失。我国有 252 个地级以上城市沿河湖而建, 围海、围湖、围河建城规模不断扩张, 筑堤占地、取直河道、围湖造田、围垦湖泊的现象愈演愈烈, 中华人民共和国成立以来, 因人为建城造田因素导致消亡的天然湖泊超过 1000 个。据 2015 年发布的数据, 全国河流堤防总长度约 41.37 万千米, 占全国河流总长度的近 30%, 大量的堤防建设尽管起到了防洪安全作用, 但同时也阻断了河流与河漫滩之间的横向连通性, 导致大量河漫滩生态空间不断萎缩和消失, 水生态环境严重超载形势日益加剧。黄河、淮河、辽河等地表水资源开发率分别达到 56%、74%、51%, 海河流域更是接近满负荷开发, 远远超过了国际公认的 40% 的水生态资源开发警戒线。同时, 全国主要污染物排放总量也大幅超过环境容量, 据测算, 全国范围化学需氧量超环境容量 1.8 倍, 约 1/3 河道的化学需氧量超过环境容量^①。因此, 我国的水问题是集合了水环境、水资源和水生态三个方面的矛盾综合体。

根据国务院印发的《水污染防治行动计划》(即“水十条”)精神内涵, 在推动经济社会发展的过程中, 必须充分考虑水资源、水环境承载能力, 以水定城、以水定地、以水定人、以水定产。只有解决好水的问题, 才能协调和实现经济社会的可持续发展。从流域角度来看, 水污染防治是流域环境问题的关键, 原环境保护部(现已更名为: 生态环境部)部长陈吉宁指出“水污染防治, 防在前、治在后, 预防是环保的第一要务。相对于防, 治是个显性的指标; 相对于治, 防容易被忽视”^②。

2005 年, 党的十六届五中全会首次提出了加快建立生态补偿机制, 从政策制定和实践探索上, 把如何保护生态环境的问题提到了前所未有的高度。自此以后, 国务院每年都把生态补偿机制建设列为年度重要任务之一, 并于 2010 年将生态补

① 秦昌波, 熊善高, 万军, 等. http://news.cenews.com.cn/html/2015-05/20/content_28583.htm.

② 陈吉宁. 十三五时期环保要以提高环境质量为核心. http://www.shengyidi.com/news/d_2092767/, 2015-11-10.

偿列入立法计划。2012年,党的十八大大全方位开启了大力推进生态文明建设的新征程,尤其是对建立资源有偿使用制度和生态补偿制度等方面作出了深刻阐述和具体部署。随后的十八届三中、四中、五中、六中全会都对加快建立健全生态补偿机制提出了更加明确具体的制度安排和实施要求。2015年以来,中共中央先后印发了《关于加快推进生态文明建设的意见》《生态文明体制改革总体方案》,对生态文明制度建设进行了新的顶层设计,明确要求探索并建立适合我国国情的多元化的生态补偿机制,加快形成受益者付费、保护者得到合理补偿的有效的运行机制。根据中央对生态补偿的最新部署要求,国务院及时制定出台了《关于健全生态保护补偿机制的意见》等一系列配套政策文件和方案,至此基本形成了符合我国国情、具备实践操作的生态保护补偿制度体系,也为调动全社会参与生态保护的积极性、构建经济增长与生态保护双赢、实现人与自然和谐发展提供了坚强的制度保障。

从全国各地实践来看,探索和完善流域生态补偿机制的步伐不断加快,呈现出了百花齐放的局面。早在2011年,陕西省率先拿出600万元补偿金对渭河上游的甘肃省定西、天水两市进行补偿,这也是我国首例省际生态补偿;2011年以来,安徽、浙江在新安江流域开展水环境横向补偿试点,明显改善了流域水环境质量;南水北调中线工程实施以来,北京、天津等受水区与部分水源区开展了对口协作,共谋发展;2016年,广东与福建、广西分别签署汀江—韩江流域、九洲江流域补偿协议,拨付两省5亿元生态补偿金。与省际补偿相比,省内的补偿实践推进速度更快,力度更大,涉及范围也更广,协调相对简单,效果也更好。浙江省率先开展全流域生态补偿,河南省对重点流域实行超标罚款和达标奖励双向补偿机制,山东、江苏、河北、江西等地积极开展不同模式的生态补偿试点。虽然我国流域生态补偿的探索和实践已有一定的进展,但谁开发谁保护、谁受益谁补偿的利益协调格局还没有真正形成,保护区与受益区、流域上游与下游的权责体系并不对等,也未完全明晰。同时,由于生态补偿的范围窄、标准低、方式单一、法规滞后、权责不清等问题,严重影响了参与方的积极性,削弱了生态补偿的实效,甚至阻碍其发展。

滇池流域总面积2920平方千米,占昆明市域面积的13.8%,流域内辖“六区”,共计47个乡镇及办事处、338个村(居)委会、1321个自然村。2014年流域内GDP约占昆明市的80%,人口404万人(常住人口),约占全市的63%。滇池流域不仅是昆明主要社会经济活动区,也是昆明水污染防治的重点和难点区。滇池水资源状况是维系滇池盆地生态平衡的核心,也是支撑昆明市国民经济建设和社会事业发展的重要生态基础。目前,在滇池流域可持续发展的主要资源条件中,水资源供需矛盾表现十分突出,以滇池为主体的流域水环境污染严重,滇池污染与水资源问题已成为流域社会经济发展最显著的“短板”。由于滇池水体的富营养化严重,昆明市城市发展和城市品位的提高受到极大的制约,大量污染物的排放,为

滇池流域带来了巨大的生态压力。2014年,滇池全湖水质类别为劣V类,营养状态指数为66.97,属中度富营养。其中,滇池外海水质类别为劣V类,营养状态指数为64.68,属中度富营养;滇池草海水质类别为劣V类,营养状态指数为72.54,属重度富营养。2014年,进入滇池的污水量约为4.8亿立方米,化学需氧量38700吨,氨氮5200吨,总氮7300吨,总磷601吨。其中,生活污水2.98亿立方米,约占污水总量的62%。

自20世纪80年代以来,滇池保护与治理历时30余年,累计投入治理资金约500亿元。从“六五”期间重视水污染与水资源短缺问题,“七五”期间初步探索研究滇池流域污染治理技术,“八五”期间系统提出滇池污染综合治理办法,“九五”期间大力推进工业污染治理与城镇污水处理厂建设,“十五”期间的截污工程和生态修复,“十一五”期间提出滇池治理“六大工程”,到“十二五”期间国家和地方政府规划投入420亿元,重点实施“清污分流”“分质供水”“污染物削减”等措施。随着时间的推移,对滇池治理的认识在不断变化,各项污染治理政策措施层出不穷,对滇池治理成效的看法众说纷纭,不容否认的是,滇池流域水污染治理已出现成效,但面临的生态环境问题仍十分突出,需要进一步加大治理力度,创新治理模式,才能实现治理目标。

生态补偿制度作为一种处理世界生态环境问题的政策工具,在理论界得到了广泛关注,在实践操作中 also 日趋成熟,各地各流域都有一些相对成熟的经验。鉴于此,尽快建立起一套适应滇池流域水生态环境特点的生态补偿制度已经成为省、市级政府及社会各界的一项共识,并在相关地方性法规及文件中得到体现。生态补偿的核心内容就是如何科学有效地处理生态环境的保护方与受益方,以及破坏方与受害方之间的利益协调问题。具体到流域领域,就是通过有效的激励约束机制,使流域生态保护成果的受益方向流域生态保护投资方支付一定的费用,明确流域内履行生态补偿和生态保护职责的主体职能,最大限度实现流域生态保护外部性的内部化,从而实现持续恢复和改善流域生态环境的目的。因此,本书通过构建滇池流域的生态补偿机制,旨在破解滇池流域经济社会发展与生态环境保护之间的矛盾难题,有助于不断优化滇池流域水资源的合理配置,为推动形成流域不同区域利益协调、实现流域生态保护与补偿、开发与利用共赢提供有效途径和操作措施。

1.2 研究进展

1.2.1 流域生态补偿内涵

20世纪90年代开始,国内外学者就对流域生态补偿进行了一系列探索研究,但由于现实流域环境的差异性和复杂性,对流域生态补偿概念的内涵、主体界定、

标准划定、方法手段等重要问题还没有形成共识。赵光洲等(2010)将流域生态补偿定义为通过一定的政策手段让流域生态保护成果的受益者支付相应的费用,实现对流域生态环境保护投资者的合理回报和流域生态环境这种公共物品的足额提供。常杪等(2005)从产权的角度,将流域生态补偿定义为流域生态服务的受益方对提供者进行补偿,对破坏者进行收费。周映华(2007)认为,流域生态补偿是对人类的社会经济活动给流域生态系统造成的破坏及对流域造成的污染的补偿、恢复、综合治理,以及对因保护流域生态环境或因流域水污染而丧失发展机会的流域内的居民在资金、技术、实物上的补偿和政策上的优惠。流域生态补偿既包括下游对上游正外部性的补偿,也包括上游带来负外部性时对下游的补偿。中国生态补偿机制与政策研究课题组(2007)认为,流域生态补偿就是解决好流域生态环境这一特殊公共物品消费中的“搭便车”现象,激励流域生态环境“公共物品”的足额提供,激励流域上下游从事生态保护投资并使生态资本增值,实现对流域生态投资者的合理回报的各种行为和措施。包晓斌(2017a、b)认为,流域生态补偿是一种对流域生态环境进行保护和建设的经济手段。赵银军等(2012)认为,广义的流域生态补偿还应包括针对流域生态保护区以及区内因从事生态保护和建设而丧失发展机会的居民和企业,国家实行的资金、实物、技术和政策的补偿等。

1.2.2 流域生态补偿机制研究

国际上对流域生态补偿机制的研究,起源于流域管理和规划。20世纪80年代,美国田纳西州为减少土壤侵蚀,就通过制定流域管理计划对流域周边土地拥有者进行了补偿。20世纪90年代,哥斯达黎加就鼓励对国内相关流域上游进行植树造林并给予投资者一定的经费资助;哥伦比亚考卡河流域灌溉者协会对调节和改善河流径流的行为和个人进行激励奖励。Sommerville(2010)利用问卷调查法研究了居民对生态补偿利益分配的认识,以及政府对社区生态补偿政策实施的影响和效果评价。结论显示,当地居民获得较高的纯收益和公平的利益分配有助于推动生态补偿机制的顺利实施;糟糕的政府管理和从事农业机会成本损失较大的居民缺乏利益协调分配机制是生态补偿实施的最主要障碍。

国内范英英(2006)对昆明市松华坝水源区的生态补偿标准、补偿资金来源、补偿实施流程、监督保障机制等进行了分析研究,并提出了相应的对策建议。李云驹等(2011)通过机会成本法、意愿调查法和生态服务功能价值法,对松华坝水源区内不同生态补偿措施和标准进行了研究比较,具体测算了水源区坡地退耕还林、平地退耕还林、种植结构调整和水土保持的补偿标准及生态服务功能的大小,评估了生态补偿措施的实际绩效。中国生态补偿机制与政策研究课题组(2007)对流域生态补偿标准的核算分类和操作方式进行了研究,认为补偿标准应该包括赔偿和补偿两个部分,赔偿是上游地区因污染超标等问题对下游地区造成的损失进行相应赔偿,补

偿是下游地区对上游地区环境保护投入的补偿;流域生态补偿方式可以分为政策补偿、资金补偿、产业补偿和市场补偿,前三种补偿方式主要依靠政府力量和行政手段来实施。耿涌等(2009)运用水足迹理论,对碧流河流域生态补偿进行了实证研究,构建了相应的流域生态标准计量流程和测算模型。张兴国等(2011)从实物期权理论的视角,探讨了流域生态补偿标准中机会成本的核算问题。卢艳等(2011)以海河流域为研究对象,构建了水质和污染物总量的生态补偿标准测算模型。王彤等(2010)基于供给需求理论,以水库流域为研究对象,探索建立了流域生态补偿标准测算体系。麻智辉等(2012)从市场途径、政府途径和社会途径等多方面探讨并构建流域生态补偿协调管理机制、生态补偿财政转移支付机制、流域生态共建共享沟通机制和补偿评价标准体系及补偿费使用监督机制等。张化楠等(2017)基于主体功能区视角,从补偿依据、补偿标准和补偿方式三个方面,以生态保护总成本法确定生态补偿标准,通过地方政府间跨区域协商管理机制和财政转移支付机制,实行下游优化和重点开发区对上游限制和禁止开发区的财政转移支付。

总的来说,基于目前国内现有研究文献和实践做法,研究者对生态补偿机制的相关内涵、模型设计、补偿标准、补偿渠道、补偿核算体系、政策效果评价等方面进行了许多探讨研究,但往往都局限在某一个研究对象,或具体的研究领域,或定性的理论分析,对整个流域生态补偿机制的体系构建、政策实施效果的定量评价、市场方式的补偿、生态服务功能核算等进行的全方位、系统化的研究,尤其是针对滇池流域生态补偿的系统化研究还不多见。

1.2.3 水环境承载力研究

水环境承载力概念自20世纪90年代正式提出以来,就被应用于环境规划管理、生态经济、可持续发展等领域。从国外研究成果来看,主要是基于生态学的角度,集中对海湾、流域、湖泊等水体进行探讨,如北美湖泊协会^①对湖泊承载力的概念进行了研究;美国URS公司^②对佛罗里达州流域进行过生态系统调查,并研究了其生态承载力;US Environmental Protection Agency^③对研究区域内的湖泊环境承载力进行研究,并提出了保护和改善湖泊水质及其周围生态环境的对策建议。也有部分学者从水资源的消耗承载限度、环境经济学中利益最大化与评估方法、城市供水发展规划与管理以及全球经济社会可持续发展等视角对水环境承载力进行了专门研究。从国内研究成果来看,研究范围比较广,对区域、流域以及具体河流与湖泊的水环境承载力都进行了探讨,研究内容主要集中在水环境承载

① North American Lake Management Society [EB/OL]. <http://www.nalms.org/glossary/lkword-c.htm> (undated).

② Committee to review the Florida Keys Carrying Capacity Study, National Research council. Interim review of Florida Keys Carrying Capacity Study [Z]. Washington D.C National Academy press, 2001.

③ United States Environmental Protection Agency [EB/OL]. 2002.Four Township Environmental Carrying Capacity Study.<http://www.Kbs.Mso.Eda/frwrc/publications/Enveapacity.Pdf>.1-26.

力的概念界定、研究方法和指标体系三个方面。

1. 水环境承载力定义

总体上，水环境承载力的定义可以大致分为狭义和广义两种，具体如表 1-1 所示。随着研究和实践的不断深入，关于水环境承载力的内涵也在不断扩展和丰富，主要包含三方面内容：一是要满足一定的环境质量标准；二是相应的污染物容量；三是可支撑的社会可持续发展规模。前两项是水体自我维持、自我调节能力和纳污能力，这是水环境承载力的支撑部分；第三点是在前两项条件具备的前提支撑下，水体保护改善的一个实现目标，这是水环境承载力的压力部分。

表 1-1 不同学者对水环境承载力的定义

定义类型	主要研究者	定义内容	侧重点
狭义	廖文根等(2002)	水环境系统功能可持续正常发挥前提下接纳污染物的最大能力(即纳污能力)和承受其对基本要素改变的能力(即系统调节能力)	水环境基本要素是指水体、河道、河岸，其中水体包括水量、水流条件和水质条件；河道包括河道形式、河床地形、底泥；河岸包括河岸形态、河岸植被、景观等。此定义赋予了水环境承载力更具体丰富的涵义，从力学的角度分析，增加了缓冲弹性力，也是水环境的一种调节能力
	汪恕诚(2001)	在一定的水域，其水体能够被继续使用并仍保持良好生态系统时，所能容纳污染物的最大能力	侧重于水体的纳污能力，更多地关注水质
	崔树彬(2003)	水环境承载力也就是通常所说的水环境容量或者说是水环境(水体)纳污能力、水环境容许污染负荷量	着重从水环境的纳污及自净能力方面来研究
	郭怀成等(1995)	在某一时期，某种状态或条件下，某地区的水环境所能承受的人类活动作用的阈值(能力)	侧重于人类经济发展行为在规模、强度或速度上对水环境造成的压力
广义	贾振邦等(1995)	一定的自然环境条件和特定的社会经济发展模式下，区域水环境(包括水资源和水污染)对社会经济发展的支撑能力	考虑了自然条件和社会经济发展两种因素
	李清龙等(2004)	在某一特定的时期，某种状态或条件下(一定的时空条件下)，在一定的环境质量目标要求下，某流域(区域)水环境在自我维持、自我调节能力和水环境功能(生态环境系统良好健康发展)可持续正常发挥的前提下，所支撑的人口、经济及社会可持续发展的最大规模	体现了在特定条件下某区域的水生态环境的状况，社会经济生活水平及两者的协调状况
	曾维华等(1997)	在某一流域或者区域内，在某一时期特定技术经济水平和社会生产条件下，在水环境维持水系统功能结构不发生明显改变的情况下，所能承载的人口与工农业发展规模阈值	体现特定条件下水环境与社会经济发展规模的关系

资料来源：根据相关资料整理。

2. 水环境承载力研究方法

目前,国内外对水环境承载力的研究还没有形成一个统一的方法体系。总体上,学者们主要从四方面展开研究。张文国等(1998)认为,采用模糊优选模型较矢量模法更能较好地研究水环境承载力的实质;李如忠等(2005)则认为,采用水环境承载力模糊随机优选模型能有效弥补了评价模糊优选和矢量模法存在的不足;汪彦博等(2006)认为,采用系统动力学方法更能使水环境承载力指标体系细化和量化;王俭等(2007)则认为,相对而言,采用人工神经网络方法来构建区域水环境承载力评价模型是科学可行的。涂峰武(2006)构建了湖泊流域水环境承载力模型,并通过西湖洞庭的实证分析预测其水资源承载力。基于以上所有方法,使用最广泛的是指标体系综合法,约占应用方法总量的43.5%(杨维等,2008)。

3. 水环境承载力指标体系

如何反映“社会-经济-环境”系统协调状态下的发展规模与质量,是水环境承载力研究的核心目标,也是构建水环境承载力指标体系的出发点和落脚点。根据已有研究成果,构建水环境承载力指标体系,可大致分为目标层、准则层和指标层。目标层是水环境承载力指标体系研究的硬性标准和原则目的,准则层和指标层应根据区域(或流域)的实际情况选取。

钱华(2003)将水环境承载力指标体系的指标层分为18个指标,准则层分为人口、生态和经济3个层面;赵彦红(2005)则对水环境承载力的指标层简化为9个指标,相对来说更便于研究测度;潘军等(2005)在研究永定河上游、山西桑干河等流域水环境承载力问题时,将指标体系的指标层分为12个指标,准则层指标分为工业、农业、人口、水资源和水污染5个层面;孙新新(2007)在对宝鸡市水环境承载力进行研究时,借鉴了此方法,并在指标层选取了17个指标;赵丹婷等(2011)根据评价指标筛选原则,建立了南四湖流域水环境承载力评价指标体系,包括水环境承载力、水环境压力、水环境承载状态和社会经济调控能力4部分,共有57个具体指标;李艳等(2011)在对现有的水环境承载力评价指标体系进行简化剔除关联度较小的指标后,构建了辽宁省水环境承载力评价指标体系。王玉凤等(2015)选取了14个评价指标,并对各评价指标值进行无量纲化处理后,设计了济南市水环境承载力评价指标体系;汪嘉杨等(2017)在对太湖流域水环境承载力进行评价时从社会经济、水资源、水质状态、投资管理等方选取指标,并引入变异系数法进行各指标权重赋值。

总体上讲,水环境承载力指标体系的构建,一方面既要符合不同研究对象的实际,另一方面更要考虑到指标数据的连续性、获得性以及计量统计处理的难度。指标过少容易影响结果的精准性,指标过多容易造成因素交叉影响和计算繁琐。所以,必须通过科学合理的方法对指标体系的各项指标进行筛选和取舍。