

DOI: 10.13476/j.cnki.nsbdtqk.2015.05.036

# 太湖流域跨界污染物消减量与生态补偿额关系

范晓芬<sup>1</sup>, 姜宏<sup>2</sup>, 石登荣<sup>1</sup>, 刘庄<sup>2</sup>

(1. 上海师范大学, 上海 200234; 2. 环境保护部 南京环境科学研究所, 南京 210042)

**摘要:** 跨界流域生态补偿标准的核算是当前生态补偿研究的热点, 在不考虑污染物通量情况下, 生态补偿标准和生态补偿额可作同一概念。以流域污染治理总成本和流域内各地区污染治理成本为媒介, 研究太湖流域各地区污染物消减量和地区之间生态补偿额的关系。研究认为, 某一地区实际消减量和理论上最优消减量的差值决定了生态补偿的方向和金额, 且两种消减量之间的差值和生态补偿额大小成正相关。

**关键词:** 污染物消减量; 污染物消减成本; 生态补偿额

**中图分类号:** X52 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-1683(2015)05-0995-05

## Relationship between pollutant reduction and ecological compensation in the Taihu Lake

FAN Xiaofen<sup>1</sup>, JIANG Hong<sup>2</sup>, SHI Dengrong<sup>1</sup>, LIU Zhuang<sup>2</sup>

(1. Shanghai normal University, Shanghai 200234, China;

2. Nanjing Institute of Environmental Sciences, Nanjing 210042, China)

**Abstract:** The calculation of ecological compensation amount in the transboundary basin is a hot topic of current ecological compensation. In this paper, the ecological compensation standard and ecological compensation amount can be considered as the same concept without considering pollutant flux. Based on the total cost of watershed pollution control and regional pollution control cost, the relationship between regional pollutant reduction and ecological compensation amount in each area of the Taihu Lake was investigated. Research results suggested that the difference between the actual reduction amount and the theoretically optimal reduction amount of a certain area determines the direction and amount of ecological compensation, and the difference has a positive correlation with the ecological compensation amount.

**Key words:** pollutant reduction amount; pollutant reduction cost; ecological compensation amount

流域是一个流动的、空间上连续的、独特而完整的系统<sup>[1]</sup>, 但由于人为的划分行政区, 导致跨界污染纠纷时有发生。行政区的划分赋予了流域环境污染、环境治理以及环境保护地域性, 各地区的自我保护意识使流域环境管理严重失调。国家、地区、相关单位以及学者都在努力寻找解决方法, 流域生态补偿就是解决方法之一。它是通过调整流域上下游相关利益者之间的环境利益和经济利益分配关系, 内化相关污染和破坏产生的外部成本的一种具有刺激性质的方法<sup>[2]</sup>, 依据“破坏者赔偿、受益者补偿、保护者受偿”原则, 经过责任主客体的认定、补偿方式的选择、补偿途径的确定以及补偿标准的核算来实施<sup>[3]</sup>。

生态补偿标准的核定作为整个生态补偿研究的核心内容, 众多学者提出了许多不同的确定方法, 如张翼飞等从支

付意愿的角度, 指出充分考虑利益主体的支付意愿是科学制定补偿标准的必要环节<sup>[4]</sup>; 段靖等认为生态补偿标准的下限为直接成本和机会成本之和, 提出了流域生态补偿直接成本和机会成本核算的一般性框架与核算方法<sup>[5]</sup>; 程艳军等通过对水资源价值进行评估来确定生态补偿标准<sup>[6]</sup>; 江中文通过比较机会成本法、费用分析法和水资源价值法计算出的补偿标准, 选择更适合的计算方法<sup>[7]</sup>; 禹雪中等采用水环境数学模型的方法描述污染物的空间影响关系, 把超量排放的环境影响和经济影响联系起来, 将水污染损失评估转化为经济损失评估, 从而确定补偿标准<sup>[8]</sup>等。这些方法从不同的视角、考虑不同的影响因子来确定补偿标准, 从而确定生态补偿额。

太湖流域地处长江三角洲南边, 北邻长江、南抵杭州湾、西接天目山、东濒东海, 横跨江苏、浙江、上海、安徽三省一

收稿日期: 2014-12-01 修回日期: 2015-08-15 网络出版时间: 2015-09-25

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20150925.1237.007.html>

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2012ZX07506-007-03)

作者简介: 范晓芬(1989), 女, 安徽芜湖人, 主要从事环境规划与管理方面研究。E-mail: 869864623@qq.com

通讯作者: 姜宏(1980), 女, 山东烟台人, 高级工程师, 主要从事流域水环境管理方面研究。E-mail: jhirig@hotmail.com

市。境内河道纵横交错,是典型的跨界流域。本文认为在不考虑污染物通量的情况下,生态补偿标准和生态补偿额可作同一概念,拟以污染物消减成本为中间量,研究不同污染物消减量差值和生态补偿额之间的关系,阐明不同污染物消减量差值对生态补偿额有间接决定关系。

## 1 核算方法

### 1.1 方法简介

本文利用赵来军提出的太湖流域工业污水及城市生活污水污染物消减成本函数和流域总成本最小模型<sup>[9]</sup>,计算太湖流域内江苏、浙江和上海三省市的实际污染物消减成本和最优污染物消减成本,即实际消减量和最优消减量情况下的工业污水污染物消减成本和城市生活污水污染物消减成本。

流域水生态补偿指对水资源生态功能或生态价值保护和恢复或损害的补偿,生态补偿额即为流域水资源因遭受污染而损失的价值和因受到保护而增加的价值。从污染治理成本的角度理解,对污染物的治理是为了使水资源生态功能不受损害甚至于变的更好,付出的治理成本等同于保护的水资源的生态价值。通常认为治理的越好,水资源的生态价值越高,但在同时考虑到生态价值和经济价值时,会选择以最小的治理成本获得最大的生态功能或生态价值<sup>[10]</sup>。

流域是一个整体,计算利益应以整体利益为中心,各地区应坚持在整体利益最大的基础上去实现各自的利益最大化。最优消减量是利用流域总成本最小模型计算出的,在符合相关规定的条件下,使流域污染物消减总成本最小的消减量,各地区按最优消减量分配去执行,虽然不能使其自己消减成本最小,但可以使整个流域的消减成本最小,这可以作为流域水环境治理追求的目标之一。在实际情况下,消减量往往和理想中的最优消减量有差距,从而导致了消减成本之间的差距,跨界流域生态补偿则是用来填补这个差距的一种简便快捷的方法。生态补偿额即认为是实际消减成本和最优消减成本之间的差值,以最优消减成本为标杆,计算实际消减成本与其之间的差值,从而确定地区之间的生态补偿额<sup>[9]</sup>。

### 1.2 三种消减量及其转化关系

根据实际情况及合理性,将污染物消减量分为实际消减量、应消减量以及最优消减量。实际消减量指某段时间某地区污染物的实际消减量;应消减量指符合国家和地方相关文件规定,并在消减能力的限制范围内,某段时间某地区应该消减的污染物的量;最优消减量在此是指使整个流域环境成本最小的消减量,该消减量是在应消减量的基础上确定的,所以满足相关要求及规定。流域各行政区的实际消减量是各地区根据当地实际消减能力和消减意愿确定的消减量,具有变动大、范围广的特点。应消减量包含于实际消减量中,是符合国家和地方相关文件规定及消减能力限制要求的那部分。最优消减量又包含于应消减量范围内,是使流域消减成本最小的那个点。三者之间关系紧密,可以进行单向转化。

实际消减量转化为应消减量要满足的条件如下:

(1) 各地区水质及污染物排放浓度均要达到国家、地方标准;(2) 整个流域要完成国家规定的污染物消减指标。

应消减量转化为最优消减量要满足的条件如下:

(1) 各地区污水处理设施能力有限,污染物去除率都达不到 100%,本研究规定工业污水处理设施的污染物消减率不超过污染物产生量的 90%;(2) 各地区污水处理设施(包括工业污水处理设施和城市生活污水处理设施)的处理能力都有一定的弹性范围,本研究规定上限取应消减量的 130%,下限取应消减量的 70%;(3) 流域污染物消减总成本最小。

### 1.3 消减量和消减成本

三种消减量所对应的消减成本分别为实际消减成本、应消减成本以及最优消减成本,将其拆分成工业污水污染物消减成本和城市生活污水污染物消减成本分别计算。污染物消减成本函数采用以下函数模型<sup>[11]</sup>

$$C = k_1 Q^{k_2} \eta^{k_3} \quad (1)$$

式中: $C$ 为污水处理成本(万元); $Q$ 为污水处理量(万 t); $\eta$ 为污染物处理效率,即污染物进出口浓度比; $k_1, k_2, k_3$ 均为系数。

在实际应用中,对函数进行转化,将其转化为关于污水处理量和污染物消减量的幂函数,即

$$AC = \alpha Q^\beta P^\gamma \quad (2)$$

其中: $AC$ 为污水处理成本(万元); $Q$ 为污水处理量(万 t); $P$ 为污染物消减量(万 t); $\alpha, \beta, \gamma$ 均为系数。

污水处理量通常情况下是一定的,消减成本关键取决于污染物消减量。三种成本之间的关系见图 1,可以看出消减成本随着消减量的增加而增加。

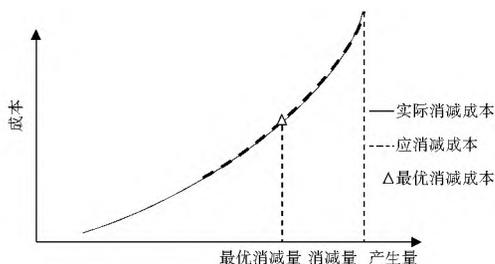


图 1 三种消减成本关系

Fig. 1 Relationship between three types of cost reduction

## 2 污染物消减量与生态补偿额关系分析

### 2.1 消减成本函数及计算模型

赵来军<sup>[9]</sup>根据 1997 年-2006 年的数据回归得到工业污水及城市生活污水污染物消减成本函数(见表 1)。利用污染物消减成本函数和流域污染物消减总成本最小模型计算太湖流域各地区的最优消减量<sup>[12-13]</sup>。

模型假设条件如下:

(1) 水环境容量为流域各地区的一种稀缺经济资源,而非可以无限量获取、无价格使用的公共财产资源;

(2) 流域各地区具有独立的决策机构及独立污染物消减成本函数;

(3) 流域中的污染物可以作分离处理<sup>[14-15]</sup>;

(4) 各地区污染物处理量具有一定弹性;

(5) 认为整个流域没有环境损害,污染物排放量都达到相关标准。

表1 工业和城市生活污水污染物消减成本函数

Tab. 1 Cost reduction functions of industrial and urban sewage pollutants

行政区	COD	
	工业	城市
江苏省	$AC_{(COD)} = 23.74Q^{1.052}P_{(COD)}^{0.901}$	$AC_{(COD)} = 955.5Q^{1.207}P_{(COD)}^{1.207}$
浙江省	$AC_{(COD)} = 67.74Q^{0.593}P_{(COD)}^{1.154}$	$AC_{(COD)} = 8.625Q^{3.662}P_{(COD)}^{3.662}$
上海市	$AC_{(COD)} = 0.0741Q^{2.234}P_{(COD)}^{2.277}$	$AC_{(COD)} = 951.8Q^{1.338}P_{(COD)}^{1.338}$

行政区	NH <sub>3</sub> -N	
	工业	城市
江苏省	$AC_{(NH_3-N)} = 133.7Q^{0.905}P_{(NH_3-N)}^{0.994}$	$AC_{(氨氮)} = 6028Q^{1.030}P_{(NH_3-N)}^{1.030}$
浙江省	$AC_{(NH_3-N)} = 3450Q^{0.427}P_{(NH_3-N)}^{0.449}$	$AC_{(氨氮)} = 23913Q^{2.024}P_{(NH_3-N)}^{2.024}$
上海市	$AC_{(NH_3-N)} = 23.88Q^{2.098}P_{(NH_3-N)}^{0.653}$	$AC_{(氨氮)} = 11067Q^{1.228}P_{(NH_3-N)}^{1.228}$

注: AC 为消减成本(万元); Q 为污水处理量(亿 t); P 为污染物消减量(万 t)。

建立的模型框架如下。

流域污染物消减总成本

$$\Pi_t = \sum_{i=j,z,s} \sum_{m=g,c} AC_{im}(P_{im}) \quad (3)$$

约束条件

$$\sum_{i=j,z,s} \sum_{m=g,c} P_{im} = \sum_{i=j,z,s} \sum_{m=g,c} Y_{im}$$

$$P_{jg} \leq 0.9 \times C_{jg} \quad P_{zg} \leq 0.9 \times C_{zg} \quad P_{sg} \leq 0.9 \times C_{sg}$$

$$Y_{jg} \times 70\% \leq P_{jg} \leq Y_{jg} \times 130\%$$

$$Y_{zg} \times 70\% \leq P_{zg} \leq Y_{zg} \times 130\%$$

$$Y_{sg} \times 70\% \leq P_{sg} \leq Y_{sg} \times 130\%$$

$$Y_{jc} \times 70\% \leq P_{jc} \leq Y_{jc} \times 130\%$$

$$Y_{zc} \times 70\% \leq P_{zc} \leq Y_{zc} \times 130\%$$

$$Y_{sc} \times 70\% \leq P_{sc} \leq Y_{sc} \times 130\%$$

式中:  $\Pi_t$  为流域污染物消减总成本(万元); j、z、s 代表江苏、浙江、上海; g、c 分别代表工业污水、城市生活污水; C 为污染物实际产生量(万 t); Y 为应消减量下限值(万 t)。

## 2.2 COD 及 NH<sub>3</sub>-N 数据整理及计算

通过对 2010 年环境统计年鉴和 2009 年太湖流域及东南诸河水资源公报数据进行整理获得 2009 年 COD 和 NH<sub>3</sub>-N 实际削减量见表 2。通过数据处理得到应消减量的下限见表 3。

表2 太湖流域各地区 2009 年 COD 和 NH<sub>3</sub>-N 实际削减量

Tab. 2 Annual reductions of COD and NH<sub>3</sub>-N of each region in the Taihu Lake Basin in 2009 万 t

行政区	COD			NH <sub>3</sub> -N		
	工业	城市	总计	工业	城市	总计
江苏省	66.80	49.45	116.25	1.26	1.97	3.23
浙江省	72.29	30.47	102.76	0.50	1.38	1.88
上海市	22.30	26.30	48.60	0.67	1.15	1.82

表5 太湖流域各地区 2009 年 COD 和 NH<sub>3</sub>-N 实际消减成本

Tab. 5 Annual reduction cost of COD and NH<sub>3</sub>-N of each region in the Taihu Lake Basin in 2009 万元

行政区	COD			NH <sub>3</sub> -N		
	工业	城市	总计	工业	城市	总计
江苏省	48 085.71	4 078.22	52 163.93	4 529.16	752.14	5 281.30
浙江省	59 139.94	184.69	59 324.63	9 597.74	246.83	9 844.57
上海市	34 337.64	2 021.10	36 358.74	5 038.11	473.20	5 511.30
总计	141 563.28	6 284.01	147 847.30	19 165.01	1 472.16	20 637.18

表3 太湖流域各地区 2009 年 COD 和 NH<sub>3</sub>-N 应削减量最小值

Tab. 3 Minimum values of the theoretical reductions of COD and NH<sub>3</sub>-N of each region in the Taihu Lake Basin in 2009 万 t

行政区	COD			NH <sub>3</sub> -N		
	工业	城市	总计	工业	城市	总计
江苏省	66.80	49.45	116.25	1.26	1.97	3.23
浙江省	72.29	30.47	102.76	0.50	1.38	1.88
上海市	22.30	26.30	48.60	0.67	1.15	1.82

用 matlab 对流域最小成本模型进行计算, 得到 2009 年太湖流域各地区 COD 和 NH<sub>3</sub>-N 最优削减量见表 4。

表4 太湖流域各地区 2009 年 COD 和 NH<sub>3</sub>-N 最优削减量

Tab. 4 Optimal reductions of COD and NH<sub>3</sub>-N of each region in the Taihu Lake Basin in 2009 万 t

行政区	COD			NH <sub>3</sub> -N		
	工业	城市	总计	工业	城市	总计
江苏省	65.22	63.13	128.35	1.46	4.22	5.68
浙江省	61.59	48.22	109.81	0.50	1.89	2.39
上海市	14.20	31.10	45.30	0.38	1.09	1.47

各省市的污染物消减成本为工业污水和城市生活污水污染物消减成本和, 太湖流域污染物消减总成本为江苏省、浙江省和上海市的消减成本和。将消减量分别带入污染物消减成本函数模型计算得到江苏省、浙江省和上海市的实际消减成本、应消减成本最小值以及最优消减成本见表 5、表 6 和表 7。

表 6 太湖流域各地区 2009 年 COD 和 NH<sub>3</sub>-N 应消减成本Tab. 6 The theoretical reduction cost of COD and NH<sub>3</sub>-N of each region in the Taihu Lake Basin

行政区	COD			NH <sub>3</sub> -N		
	工业	城市	总计	工业	城市	总计
江苏省	48 085.71	4 078.22	52 163.93	4 529.16	752.14	5 281.30
江苏省	47 313.21	3 989.79	51 303.00	7 454.26	1 259.62	8 713.88
浙江省	74 186.30	379.43	74 565.72	11 305.09	528.38	11 833.46
上海市	27 661.39	1 780.21	2 9441.59	4 376.17	369.41	4745.57
总计	149 160.89	6 149.42	155 310.32	23 135.51	2 157.40	25 292.91

表 7 太湖流域各地区 2009 年 COD 和 NH<sub>3</sub>-N 最优消减成本Tab. 7 The optimal reduction cost of COD and NH<sub>3</sub>-N of each region in the Taihu Lake Basin

行政区	COD			NH <sub>3</sub> -N		
	工业	城市	总计	工业	城市	总计
江苏省	47 059.74	5 476.41	52 536.15	5 243.44	1 648.43	6 891.87
浙江省	49 158.59	991.94	50 150.53	9 597.74	466.48	10 064.22
上海市	12 286.86	2 529.30	14 816.16	3 478.88	443.06	3 921.94
总计	108 505.18	8 997.66	117 502.84	18 320.06	2 557.97	20 878.04

生态补偿额为实际消减成本和最优消减成本之间的差额。太湖流域 2009 年各地区生态补偿额见表 8。

表 8 太湖流域 2009 年 COD 和 NH<sub>3</sub>-N 实际消减成本和最优消减成本分析Tab. 8 Analysis of actual and optimal reduction cost of COD and NH<sub>3</sub>-N of each region in the Taihu Lake Basin

行政区	COD			NH <sub>3</sub> -N		
	工业	城市	总计	工业	城市	总计
江苏省	52 163.93	52 536.15	- 372.22	5 281.30	6 891.87	- 1 610.57
浙江省	59 324.63	50 150.53	9 174.1	9 844.57	10 064.22	- 219.65
上海市	36 358.74	14 816.16	21 542.58	5 511.30	3 921.94	1 589.36
总计	147 847.30	117 502.84	30 344.46	20 637.18	20 878.04	- 240.86

根据表 8, 2009 年江苏省的实际消减成本小于最优消减成本, 生态补偿额为 - 372.22, 即江苏省需对外补偿 372.22 万元; 浙江省的生态补偿额为 9 174.1 万元, 表示浙江省的实际消减成本超过了最优消减成本, 超额完成指标, 应该获得 9 174.1 万元的补偿; 同理, 上海市则应该获得 21 524.58 万元的补偿。三省市总的实际消减成本和最优消减成本的差值为 30 344.46 万元, 这部分是除去江苏省支付后剩余的, 建议可以由政府财政统一支付。

### 2.3 结果分析

#### (1) 实际消减量和最优消减量的关系。

据表 2 和表 4 数据, 2009 年太湖流域内江苏、浙江、上海 COD 实际消减量和最优消减量之间的差值分别为 - 12.1 万 t、- 7.05 万 t、3.3 万 t; NH<sub>3</sub>-N 分别为 - 2.45 万 t、- 0.51 万 t、0.35 万 t。数据显示, 实际消减量和最优消减量的大小没有必然的关系, 通常理解, 实际消减量是各地区认为对其最有利的消减量, 应该比符合标准规定的最优消减小, 但实际表明它们数值大小无相关性。

#### (2) 实际消减成本和最优消减成本的关系。

据表 5 和表 7 数据, 江苏、浙江和上海 COD、NH<sub>3</sub>-N 实际消减成本和最优消减成本的差值分别为 - 372.22 万元、

9 174.1 万元、21 542.58 万元和 - 1 610.57 万元、- 219.65 万元、1 589.36 万元。即实际消减成本未必比最优消减成本小。

#### (3) 消减量和消减成本的关系。

图 2 中列出了 2009 年江苏、浙江、上海三省市工业污水和城市生活污水中污染物 COD 和 NH<sub>3</sub>-N 的实际消减量、最优消减量和实际消减成本、最优消减成本, 可以看出, 前两者大小关系和后两者之间具有同步性。

#### (4) 消减量和生态补偿额的关系。

根据表 8 生态补偿额即为实际消减成本和最优消减成本之间的差值, 少治理的补偿, 多治理的受到补偿。表 9 表明, 生态补偿额和实际、最优消减量的差值成正相关, 即缩小实际消减量和最优消减量之间的差距可以减小生态补偿额, 反之则增大。

## 3 结语

本文以太湖流域作为研究地区, 以污染物消减成本为媒介, 研究了该流域实际、最优消减量之间的差值和各地区之间生态补偿额的关系, 得到生态补偿额和实际、最优消减量的差值呈正相关, 即缩小实际、最优消减量之间的差距可以减小生态补偿额度。

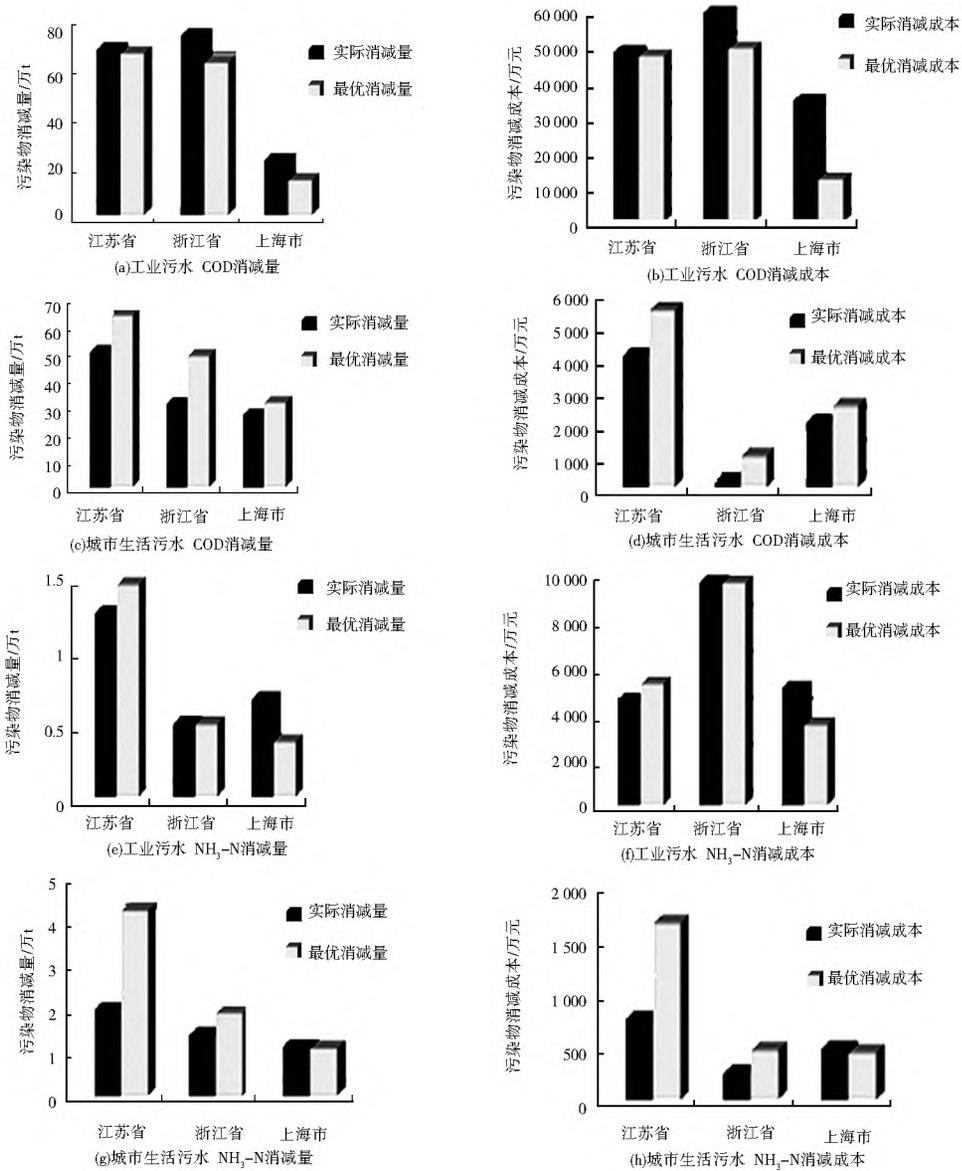


图 2 消减量和消减成本对比图

Fig. 2 Comparison of pollutant reduction and reduction cost

表 9 实际、最优消减量的差值和生态补偿额的关系

Tab. 9 Relationship between the difference of actual and optimal reduction cost and ecological compensation

行政区	COD		NH <sub>3</sub> -N	
	实际、最优消减量的差值/万 t	生态补偿额/万元	实际、最优消减量的差值/万 t	生态补偿额/万元
江苏省	- 12.1	- 372.22	- 2.45	- 1 610.57
浙江省	- 7.05	9 174.1	- 0.51	- 219.65
上海市	3.3	21 542.58	0.35	1 589.36

跨界流域的生态补偿工作不仅需要系统性、综合性的理论支持,还需各级政府组织机构和单位的全力配合。目前,这项工作在我国还处于理论探索阶段,其中流域生态补偿额的确定一直是重点和难点。本文从新的视角诠释了污染物消减量和生态补偿额的关系,在现实实践中可以起到一定的指导作用。但对于如何缩减实际消减量和最优消减量之间的差距,还需要进一步探讨。

参考文献(References):

[1] 蔡庆华,唐涛,刘建康. 河流生态学研究中的几个热点问题[J]. 应用生态学报, 2003, 14(9): 1573-1577. (CAI Qing-hua, TANG

Tao, LIU Jian-kang. Several research hotspots in river ecology [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, 14(9): 1573-1577. (in Chinese)  
 [2] 环境科学大辞典编委会. 环境科学大辞典(修订版)[Z]. 中国环境科学出版社, 2008. (Environmental science dictionary editorial board. Environmental Science Dictionary (revised edition) [Z]. China Environmental Science Press, 2008. (in Chinese))  
 [3] 周雪玲,李耀初. 国内外流域生态补偿研究进展[J]. 生态经济, 2010, 311-313. (ZHOU Xue-ling, LI Yao-chu. Progress of study on ecological compensation in river basin both in China and Abroad[J]. Ecological Ecology, 2010, 311-313. (in Chinese))

(下转第 1020 页)

- CP pipe of the South to North Water Transfer (Middle Route) Project[J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2008(2): 231-234. (in Chinese))
- [11] 李东丽, 田世场, 王松庆. PCCP 输水阻力测试及防腐减阻关键技术研究[J]. 南水北调与水利科技, 2008, 6(1): 159-162. (LI Dongli, TIAN Shiyang, WANG Songqing. Water conveyance resistance for PCCP and key technology for anticorrosive materials to decrease the resistance[J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2008, 6(1): 159-162. (in Chinese))
- [12] 邱秀云. 水力学[M]. 乌鲁木齐: 新疆电子出版社, 2008. (QIU Xiuyun. Hydraulics[M]. Urumqi: Xinjiang Electronic Press, 2008. (in Chinese))
- [13] 赵昕, 张晓元, 赵明登, 等. 水力学[M]. 北京: 中国电力出版社, 2009. (ZHAO Xin, ZHANG Xiaoyuan, ZHAO Mingdeng, et al. Hydraulics[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2009. (in Chinese))
- [14] 李炜. 水力计算手册[M]. 第 2 版. 北京: 中国水利水电出版社, 2006. (LI Wei. Handbook of Hydraulic Calculations[M]. The Second Edition. Beijing: China WaterPower Press, 2006. (in Chinese))
- [15] 石泉, 张立德, 李红伟. 大型倒虹吸工程设计与施工[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2007. (SHI Quan, ZHANG Lide, LI Hongwei. Design and Construction of the Large Inverted Siphon[M]. Beijing: China Water Conservancy and Hydropower Press, 2007. (in Chinese))
- (上接第 999 页)
- [4] 张翼飞, 陈红敏, 李瑾. 应用意愿价值评估法, 科学制订生态补偿标准[J]. 生态经济, 2007, (9): 28-31. (ZHANG Yifei, CHEN Hongmin, LI Jin. Applying the the CVM to make the standard of ecological compensation reasonable[J]. Ecological Ecology, 2007, (9): 28-31. (in Chinese))
- [5] 段靖, 严岩, 王丹寅, 等. 流域生态补偿标准中成本核算的原理分析和方法改进[J]. 生态学报, 2010, 30(1): 221-227. (DUAN Jing, YAN Yan, WANG Danyin, et al. Principle analysis and method improvement on cost calculation in watershed ecological compensation[J]. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(1): 221-227. (in Chinese))
- [6] 程艳军. 中国流域生态服务补偿模式研究以浙江省金华江流域为例[D]. 中国农业科学院, 2006. (CHEN Yanjun. Research the Model of Drainage Basin Ecological Compensation Service in China, Jin Huajiang Watershed in Zhejiang Province as an example. Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2006. (in Chinese))
- [7] 江中文. 南水北调中线工程汉江流域水源保护区生态补偿标准与机制研究[D]. 西安建筑科技大学, 2008. (JIANG Zhongwen. Study on Ecological Compensation Standard and Mechanism of South to North Water Diversion in Hanjiang River Water Resource Basin[D]. Xi'an University of Architecture & Technology, 2008. (in Chinese))
- [8] 禹雪中, 李锦秀, 骆辉煌, 吴金萍. 河流水污染损失补偿模型研究[J]. 长江流域资源与环境, 2007, 16(1): 58-61. (YU Xuezhong, LI Jinxu, LUO Huifang, et al. Theoretical model for water pollution compensation in rivers in China[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2007, 16(1): 58-61. (in Chinese))
- [9] 赵来军. 我国湖泊流域跨行政区水环境协同管理研究—以太湖流域为例[M]. 上海: 复旦大学出版社, 2009. (ZHAO Laijun. Research the harmonizing management model of lake basin in China, Taihu Lake as an example[M]. Shanghai: Fudan University Press, 2009. (in Chinese))
- [10] 靳乐山, 甄鸣涛. 流域生态补偿的国际比较[J]. 农业现代化研究, 2008, 29(2): 186-188. (JING Leshan, ZHENG Mingtao. International comparison of river basin ecological compensation[J]. Research of Agricultural Modernization, 2008, 29(2): 186-188. (in Chinese))
- [11] 曹东, 王金南. 中国工业污染经济学[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1999. (CAO Dong, WANG Jingnan. Economics of Industrial Pollution in China[M]. Beijing: China Environmental Science Press, 1999. (in Chinese))
- [12] 赵来军. 湖泊流域跨界水污染转移税协调模型[J]. 系统工程理论与实践, 2011, 31(2): 365-369. (ZHAO Laijun. Harmonizing model with transfer tax on the transboundary pollution of lake basin[J]. Systems Engineering Theory & Practice, 2011, 31(2): 365-369. (in Chinese))
- [13] 赵来军, 李旭, 朱道立, 等. 流域跨界污染纠纷排污权交易调控模型研究[J]. 系统工程学报, 2005, 20(4): 399-403. (ZHAO Laijun, LI Xu, ZHU Dao-li, et al. Study of regulating model with emissions trading on transboundary pollution dispute of river basin[J]. Journal of Systems Engineering, 2005, 20(4): 399-403. (in Chinese))
- [14] Weber M L. Market for water rights under environmental constraints[J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2001, 42: 53-64.
- [15] Spulber N, Sabbaghi A. Economics of Water Resources: From Regulation to Privatization[M]. Kluwer Academic Publishers, 1994.