

DOI :10.3969/j.issn.1004-6933.2012.02.009

基于污染物总量控制的太湖水污染补偿量测算

汤绍青¹, 吴永祥¹, 王高旭¹, 丰华丽¹, 周宏伟², 杨洪林²

(1. 南京水利科学研究院水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京 210029;
2. 水利部太湖流域管理局水利发展研究中心, 上海 200430)

摘要 :在回顾我国水污染补偿研究及实践现状的基础上,分析太湖水污染状况,提出太湖水污染补偿量测算方法。在确定水污染补偿参与主体、考核断面、考核指标、污染物补偿标准的基础上,从污染物总量控制的角度建立太湖水污染补偿模型,分别进行入湖污染物总量考核和出湖水质考核的补偿量测算。利用 2006 年出入湖水量、水质资料进行环太湖各行政区水污染补偿量的实例测算,测算结果为:环太湖各行政区的补偿量总共为 41 030.4 万元,其中苏州市 3 918.9 万元,无锡市 14 617.8 万元,常州市 17 913.6 万元,湖州市 4 580.1 万元。

关键词 水污染补偿; 补偿量测算; 污染物总量控制; 太湖

中图分类号: X524 文献标识码: A 文章编号: 1004-6933(2012)02-0037-05

Water pollution compensation calculation of Taihu Lake based on total amount control of pollutants

TANG Shao-qing¹, WU Yong-xiang¹, WANG Gao-xu¹, FENG Hua-li¹, ZHOU Hong-wei², YANG Hong-lin²

(1. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering,
Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China;

2. Development Research Center of Taihu Basin Authority, Shanghai 200430, China)

Abstract :Based on a review of previous research and practice of water pollution compensation in China, the water pollution in Taihu Lake was analyzed. A method for calculating water pollution compensation was established: after determination of the main participant, examined cross-section, evaluation indices, and compensation criteria, a water pollution compensation model for Taihu Lake was established from the perspective of total amount control of pollutants, and the compensation amount was calculated based on assessment of the total amount of pollutants into the lake and the outflow water quality. Using the inflow and outflow data, and water quality of the lake in 2006, the water pollution compensation amounts were calculated for the administrative districts around Taihu Lake. The total compensation amount was 410.304 million yuan, of which 39.189 million yuan was for Suzhou City, 146.178 million yuan was for Wuxi City, 179.136 million yuan was for Changzhou City, and 45.801 million yuan was for Huzhou City.

Key words :water pollution compensation; compensation calculation; total amount control of pollutant; Taihu Lake

太湖地处人口密集、经济高度发达的太湖流域中心,对保障流域供水安全、促进流域经济发展起着重要作用。近年来,由于排入太湖的污染物远远超过太湖的水环境容量,太湖水质受到严重污染,水生生态系统退化明显,湖泊生态系统服务功能严重受损。建立一个合理、行之有效的水污染补偿机制,不仅有

利于改善太湖水质污染状况,还可以在同等情况下节约社会总成本,调动相关利益者保护太湖的积极性。

水污染补偿的基本原理是通过损害(或保护)生态环境的行为进行收费(或补偿),提高该行为的成本(或收益),从而激励损害(或保护)行为的主体减少(或增加)因其行为带来的外部不经济性(或外

基金项目 水利部公益性行业科研专项(200701005 200901043)

作者简介 汤绍青(1986—)男,硕士研究生,主要研究方向为水生态保护。E-mail: tangshaoq222@163.com

部经济性)达到保护生态环境的目的。开展太湖水污染补偿,有利于减少太湖污染物排入的总量,改善太湖水生态环境,缓解不同利益主体间的矛盾,实现行为主体外部成本内部化。

1 我国水污染补偿研究及实践现状

目前我国关于跨界断面的水污染补偿研究与实践成果较多,主要补偿方法是,设定断面水污染考核目标,计算断面污染物超标总量,再根据污染物补偿标准计算跨界断面水污染补偿量。刘晓红等^[1]采用功能区目标水质差额法,计算嘉兴市县域跨界水污染补偿量;王飞儿等^[2]采用COD通量进行考核,计算钱塘江流域各县(市)间水污染生态补偿量;徐大伟等^[3]提出了基于河流水质水量的跨行政区界的生态补偿量计算方法,采用综合污染指数法计算跨界断面水污染补偿量。

2007年12月江苏省出台的《江苏省环境资源区域补偿办法》(试行)中,水污染补偿资金计算方法为(断面水质指标值-断面水质目标值)×月断面水量×补偿标准。2008年,山东省出台的《大汶河流域上下游协议生态补偿试点办法》中,选择大汶河入东平湖断面(角峪断面)和东平湖湖心水质作为考核依据,莱芜市获得泰安市给予的水质改善生态补偿资金165万元,泰安市获得省级财政给予的水质改善生态补偿资金124万元。2011年3月,新安江作为全国首个跨省流域水环境补偿试点建立了省界断面补偿机制,安徽省提供水质优于基本标准的,由浙江省对安徽省给予补偿,劣于基本标准的,由安徽省对浙江省给予补偿;达到基本标准的,双方都不补偿。但对单个湖泊的水污染补偿研究和实践,国内尚少见报道。

国内水污染补偿实践表明,进行水污染补偿需要确定考核断面、断面水质目标和污染物补偿标准。笔者按照“受益者补偿、污染者付费”的原则,建立太湖水污染补偿测算模型,分别进行入湖污染物总量考核和出湖水质考核的补偿量测算。

2 太湖水污染状况分析

太湖之东及东南界为江苏省苏州市,北界和西界为无锡市、常州市,南界为浙江省湖州市,其水域面积2338 km²,是太湖流域内的最大湖泊,也是我国第3大淡水湖泊。由于沿太湖地区经济社会的高速发展,城镇化、工业化进程的加快,废污水排放量剧增,而相应的治污措施滞后,大量生活和工业的点源排污以及农业的面源污染导致太湖水质恶化,特别是太湖西北部的无锡、常州地区的入湖河流水质污

染严重,造成太湖竺山湖、梅梁湖、贡湖水质严重恶化。根据1998—2006年环太湖河流水量水质监测资料,入湖各项污染物的多年平均值为:COD_{Mn} 5.66万t,TP 0.16万t,TN 3.93万t。《2008年太湖健康状况报告》^[4]公布的数据显示,2008年太湖有7.4%的水域水质为Ⅳ类,27.2%为Ⅴ类,65.4%为劣Ⅴ类;在监测的32条主要环太湖河流中,全年期水质达到Ⅲ类标准的河流只有10条,占31.2%。未达到地表水Ⅲ类水质标准的项目主要为TN、TP、NH₃-N、COD等^[4]。大量的污染物排放导致太湖局部地区蓝藻暴发,水质恶化加剧,全年度湖泊营养状况为中度富营养。为了约束各行政区污染物排放,有必要探讨太湖水污染补偿的办法,以控制太湖外源污染,逐步修复太湖水生态环境。

3 太湖水污染补偿量测算方法

《太湖流域水环境综合治理总体方案》^[5]是太湖水环境综合治理的指导性文件,明确了污染物限制排放的总量和湖体水质的目标。因而,太湖水污染补偿以《太湖水环境综合治理总体方案》^[5]为依据,分别进行入湖污染物总量考核和出湖水质考核的补偿量测算。由于入湖污染物削减难度较大,需要逐步削减,因而根据规划水平年(2020年)的限制排污总量制定年度限制排污目标。湖体水质在水生态保护和修复措施实施以后会得到比较明显改善,因而根据近期规划水平年(2012年)湖体水质目标可制定年度水质目标。补偿量测算的基本思路为:根据基准年污染物排放总量和水质状况,以及规划水平年污染物限制排放总量和水质目标,确定现状年的污染物限制排放总量及水质考核目标;在确定水污染补偿参与主体、考核断面、考核指标、污染物补偿标准的基础上,计算太湖水污染补偿量。

a. 确定水污染补偿参与主体。水补偿参与主体包括补偿主体和补偿对象。环太湖行政区既是向太湖排污的受益者,又是太湖水质污染的受害者,因而他们既是补偿主体,又是补偿对象。太湖水污染补偿参与主体有苏州、无锡、常州、湖州4个地级行政区。

b. 选取考核断面。环太湖河流共有226条,除了上游部分河道敞开进入太湖外,大部分河道都建闸控制。如果通过对每条出入湖河道进行水量水质监测以计算出入湖水量和污染物总量,不仅条件不具备,而且实施难度也大。通过建立主要河道与周围其他河道的水量相关关系,利用有水文站的部分河道的断面流量资料,分析计算控制太湖的出入湖水量,是行之有效的方法。目前,环太湖巡测线将环太湖出入湖河道划分成10个巡测段和9个单站,基

本上能控制出入湖的全部水量。因而 ,考核断面的选取采用现有环太湖巡测线的成果 ,可有利于控制入湖污染物总量。但是 望虞河是“ 引江济太 ”通道 ,其来水主要是长江水 ,受人工调度的影响 ,太浦河是太湖的主要行洪通道 ,这两条河道所在的监测站不列入考核范围 ,因而 ,考核断面分为 10 段和 7 个单站 ,如表 1 所示。出入湖考核断面的水量数据采用环太湖巡测线成果 ,入湖污染物总量考核的水质资料采用入湖代表断面所在水功能区的水质数据。太湖布置了 33 个水质监测站 ,选取考核断面附近的湖区水质监测站点的数据可以代表考核断面的出湖水质。

c. 确定污染物考核指标。目前环太湖入湖污染物超标项目主要是 COD、NH₃-N、TP、TN ,尤其 TP、TN 超标较为严重。根据《太湖流域水环境综合治理总体方案》的控制指标 ,综合太湖湖体水质和出入湖河道水质的特点 ,确定 COD、TP 和 TN 为太湖污染物考核指标。

d. 测算污染物补偿标准。污染物补偿标准的测算目前没有公认的计算方法 ,不同的研究者计算方法不同 ,其计算出的补偿标准也大相径庭。2007 年《江苏省环境资源区域补偿办法(试行)》中规定 :COD 补偿标准为 1.5 万元/t ,NH₃-N 和 TP 补偿标准均为 10 万元/t ;2008 年《浙江省跨行政区河流交接断面水质污染补偿办法(试行)》中规定 :COD 补偿标准为 1000 元/t ,NH₃-N 和 TP 补偿标准均为 5 000 元/t ,陈英旭等^[6]分析污水处理成本认为 ,COD 补偿标准为 2 500 元/t ,NH₃-N 和 TP 补偿标准均为 12 500 元/t ;刘晓红等^[7]选取浙江省 22 个污水处理厂的成本数据 ,按直接成本测算 COD、NH₃-N 和 TP 的补偿标准治理成本 ,得到 COD 补偿标准为 3 991 元/t ,

NH₃-N 和 TP 补偿标准均为 19 955 元/t ;王佳伟等^[8]通过分析国内 12 个城市的污水处理厂数据 ,建立了 COD 和 NH₃-N 总量削减的成本模型 ,得到 COD 和 NH₃-N 的直接运行成本分别为 0.15 ~ 0.79 元/kg 和 3.7 ~ 14.6 元/kg。

造成补偿标准差异较大的主要原因是对补偿的处理方法不同。江苏省的补偿办法具有惩罚性质 ,因而补偿标准较高 ,浙江省的补偿办法采用奖励方法 ,因而补偿标准较低 ,文献 [7] 将 NH₃-N 和 TP 的补偿标准均按 COD 补偿标准的 5 倍计。事实上 ,各种污染物降解机理不同 ,污染物处理成本有很大的差异。

笔者利用污水处理厂的数据 ,计算各类污染物的处理成本 ,并以此作为污染补偿标准。由于污水处理过程中 COD、TP、TN 相互之间影响较小 ,因此计算时将各种污染物单独进行计算。污染物补偿标准计算公式为

$$S_i = \frac{\sum_{j=1}^n [(C_j/D_{ij})W_j]}{\sum_{j=1}^n W_j} \tag{1}$$

式中 :S_i 为第 i 种污染物的补偿标准 ;C_j 为第 j 个污水处理厂单位污水处理成本 ,元/t ;D_{ij} 为第 j 个污水处理厂第 i 种污染物的削减量 ,mg/t ;W_j 为第 j 个污水处理厂的污水处理能力 ,t。

笔者选取太湖流域 24 个典型城镇污水处理厂的污水处理成本及处理效果数据^[9] ,计算得到 COD 的补偿标准为 0.42 万元/t ,TN 的补偿标准为 6.30 万元/t ,TP 的补偿标准为 27.60 万元/t。

e. 入湖排污总量考核。入湖排污总量考核是指以制定的年度限制排污总量作为考核依据 ,当实际排污总量大于年度限制排污总量时 ,该行政区需

表 1 环太湖水污染补偿考核断面

所属行政区	考核段、站	入湖水质断面	出湖水质监测点	主要河流
苏州	五福桥段	胥江桥	J28 # 胥口	胥江
	瓜泾口段	瓜泾桥	J36 # 东太湖	瓜泾港
	新通安桥段	虎山桥	J31 # 漫山、B23 贡湖	浒光运河
	联湖桥段	联湖桥	B24 # 庙港、J25 # 吴娄	大浦口
无锡	陈东港桥段	大浦桥、社渎桥官渎桥、埂上大桥	J31 # 大浦	大浦港、社渎港、官渎港、城东港
	湖山桥站	湖山大桥	J11 # 阎江口	直湖港
	犊山闸站	蠡桥	J6 # 梅园	梁溪河
	五里湖闸站	新北桥	J03 # 五里湖	五里湖
	沿湖小闸段	实测	B21 渔业村	蠡河、大溪港
常州	漕桥 + 黄埭桥段	漕桥、黄埭桥	J12 # 竺山湖	漕桥河、太滆运河
	雅浦桥	雅浦桥	J12 # 竺山湖	雅浦港
	龚巷桥	龚巷桥	J11 # 阎江口	武进港
湖州	三里桥段	三里桥、大钱口、城北大桥	J24 # 大钱	三里桥港、大钱港
	杭长桥站	杭长桥	J23 # 小梅口	西苕溪
	杨家埠站	励山桥	J23 # 小梅口	旄儿港
	长兴(二)段	东门大桥、合溪 8 号桥夹浦桥	J21 # 夹浦	长兴港、合溪新港夹浦港
	浙苏交接段	浔溪大桥	J25 # 吴娄	鼓楼港

要提供补偿,当实际排污总量小于年度限制排污总量,该行政区获得补偿。年度限制排污总量依据基准年(2004年)排污总量和远期规划水平年(2020年)限制排污总量来确定。根据《太湖流域水环境综合治理总体方案》中分解到各行政区的远期规划水平年(2020年)限制排污总量,以及基准年(2004年)各行政区排污总量,通过线性内插法求得各行政区年度限制排污总量目标,其计算公式为

$$P_i = P_{si} - \frac{b}{a}(P_{si} - P_{ei}) \tag{2}$$

式中: P_i 为第*i*个行政区现状年某种污染物限制排污总量; P_{si} 为第*i*个行政区基准年(2004年)排污总量; P_{ei} 为第*i*个行政区远期规划水平年(2020年)限制排污总量; b 为现状年距基准年的年数; a 为基准年距2020年的年数。

入湖排污总量补偿量可通过以下计算公式进行:

$$T_i = (Q_i - P_i)S \tag{3}$$

式中: T_i 为第*i*个行政区现状年某种污染物补偿量; Q_i 为第*i*个行政区现状年某种污染物排放量; S 为某种污染物补偿标准。

将COD、TP、TN的补偿量按行政区汇总得到各行政区入湖排污总量补偿量 T_{in} 。

f. 出湖水水质的考核。出湖水水质的考核是指以制定的断面年度水质目标作为考核依据,当出湖水的实测水质指标值大于年度水质目标,说明太湖水质还在继续恶化,该行政区是受害者,应该获得补偿,当出湖水的实测水质指标小于年度水质目标时,说明太湖水环境质量有所改善,该行政区是受益者,应该支付补偿。出湖断面年度水质目标主要考虑基准年(2004年)出湖水水质指标值与近期规划水平年(2012年)出湖水水质目标值之间的关系,其计算公式为

$$C_i = C_s - \frac{m}{n}(C_s - C_0) \tag{4}$$

式中: C_i 为第*i*个出湖河道断面年度水质目标; C_0 为近期规划水平年(2012年)水质目标; C_s 是为基准年(2004年)水质指标值; m 为现状年距基准年(2004年)的年数; n 为基准年(2004年)距规划水平年(2012年)的年数。

出湖水水质考核补偿量的计算公式为

$$L_i = \sum_{j=1}^{12} (C_i - C_{ij})W_{ij}S \tag{5}$$

式中: L_i 为第*i*个出湖断面某种污染物的补偿量; C_{ij} 为第*i*个出湖断面第*j*月某污染物的实测水质指标值; W_{ij} 为第*i*个出湖断面第*j*月的过水量。

将各断面的COD、TP、TN的补偿量按行政区汇总,得到各行政区出湖水水质考核的补偿量 L_{out} 。

g. 水污染补偿量汇总。将入湖污染物考核的补偿量 T_{in} 和出湖水水质考核的补偿量 L_{out} 按照行政区汇总,得到各行政区的补偿量 T 。计算公式为

$$T = T_{in} + L_{out} \tag{6}$$

4 测算实例及结果分析

出入湖水污染补偿量的测算是一个动态的过程,每年的污染物排放总量、污染物允许排放总量、断面水质考核目标都不一样,因而测算时应每年单独计算和分析。以2006年为例,采用前面介绍的方法进行出入湖水污染补偿量测算(测算方法可以被其他年份借鉴)。出入湖污染物考核以2004年为基准年,近期规划水平年为2012年,远期规划水平年为2020年。2004年环太湖入湖污染物总量分别为:COD 20.44万t,TP 0.141万t,TN 3.79万t;2020年太湖污染物限制排污总量为COD 11.34万t/a、TP 0.05万t/a、TN 0.85万t/a。2006年环太湖入湖污染物总量分别为:COD 17.38万t,TP 0.167万t,TN 4.11万t。采用2006年出入湖断面水量和水质数据,利用上述方法进行出入湖水污染补偿量测算,得到各行政区2006年的补偿量。各行政区的补偿量总共为41030.4万元,其中苏州3918.9万元,无锡14617.8万元,常州17913.6万元,湖州4580.1万元,见表2。

表2 环太湖各行政区出入湖水污染补偿量 万元

行政区	出入湖	COD	TP	TN	小计
苏州	入湖	-287.7	185.4	775.5	673.2
	出湖	497.7	386.1	2361.9	3245.7
	小计	210.0	571.5	3137.4	3918.9
无锡	入湖	-2208.6	3387.6	13803.0	14982.0
	出湖	-39.3	-32.4	-292.5	-364.2
	小计	-2247.9	3355.2	13510.5	14617.8
常州	入湖	-2383.8	5553.3	14810.4	17979.9
	出湖	6.9	4.2	-77.4	-66.3
	小计	-2376.9	5557.5	14733.0	17913.6
湖州	入湖	-691.5	1199.7	4232.7	4740.9
	出湖	-96.9	-127.2	63.3	-160.8
	小计	-788.4	1072.5	4296.0	4580.1
总 计		-5203.2	10556.7	35676.9	41030.4

补偿量为正,则需要支付补偿;补偿量为负,则可以获得补偿。从测算结果可知,无锡市和常州市的水污染补偿量较大,主要是因为这两个地级市污染物排放总量大,入湖水水质普遍较差,苏州市入湖水污染补偿量小,因为其入湖水量很少,其河流主要为出湖河流,获得了太湖提供的水环境容量,因而出湖的补偿量较大,湖州市入湖污染物主要为TN、TP超

标排放,补偿量较大。目前,环太湖各行政区都对太湖造成了污染,需要支付补偿。补偿资金将用于太湖水生生态保护与修复工作。

5 结 语

a. 采用太湖流域 24 座污水处理厂处理成本数据来分析太湖污染物补偿标准,得到 COD 补偿标准为 0.42 万元/t,TN 补偿标准为 6.30 万元/t,TP 补偿标准为 27.60 万元/t。污染物补偿标准能够反映污染物处理的难易程度,使测算的太湖水污染补偿量比较合理。

b. 通过建立基于污染物总量控制的水污染补偿测算模型,测算出 2006 年环太湖各行政区的水污染补偿量为 41 030.4 万元。通过测算和结果分析,明确了补偿主体、补偿对象和补偿量,对减少太湖污染物排放总量、改善太湖水质有着重要意义。

c. 通过探索太湖水污染补偿方法,旨在为太湖水污染治理提供新的思路。以《太湖流域综合治理总体方案》确定的治理目标作为依据,提出的太湖水污染补偿方法具有较强的可操作性。

参考文献:

[1] 刘晓红,虞锡君.县域跨界水污染补偿机制在嘉兴市的探索[J].环境污染与防治,2009(4):85-88.
[2] 王飞儿,徐向阳,方志发,等.基于 COD 通量的钱塘江流域水污染生态补偿量化研究[J].长江流域资源与环境,2009(3):259-263.

[3] 徐大伟,郑海霞,刘民权.基于跨区域水质水量指标的流域生态补偿量测算方法研究[J].中国人口·资源与环境,2008,18(4):189-194.
[4] 水利部太湖流域管理局,江苏省水利厅,浙江省水利厅,等.2008 年太湖健康状况报告[R].上海:水利部太湖流域管理局,2008.
[5] 国家发展和改革委员会.太湖流域水环境综合治理总体方案[R].北京:国家发展和改革委员会,2008.
[6] 陈英旭,徐向阳,王亚红,等.钱塘江流域水环境安全建设与应急预案研究[M].杭州:浙江大学出版社,2006.
[7] 刘晓红,虞锡君.基于流域水生态保护的跨界水污染补偿标准研究:关于太湖流域的实证分析[J].生态经济,2007(8):129-135.
[8] 王佳伟,张天柱,陈吉宁.污水处理厂 COD 和氨氮总量削减的成本模型[J].中国环境科学,2009,29(4):443-448.
[9] 中国城镇供水排水协会排水委员会.中国城镇污水处理厂汇编[G].北京:中国城镇供水排水协会排水委员会,2006.
[10] 马巍,禹雪中,翟淑华,等.太湖限制排污总量及其管理应用研究[J].科技导报,2008(18):49-53.
[11] 黄德春,郭弘翔.长三角地区跨界水污染生态补偿机制构建研究[J].科技进步与对策,2010(18):108-110.
[12] 杨丽韞,甄霖,吴松涛.我国生态补偿主客体界定与标准核算方法分析[J].生态经济,2010(1):298-302.
[13] 常杪,邬亮.流域生态补偿机制研究[J].环境保护,2005(12):60-62.
[14] 姬德峰.论太湖流域生态补偿机制的构建[J].节能与环保,2008(6):21-23.

(收稿日期 2011-04-05 编辑 彭桃英)

(上接第 33 页)

[17] 王得玉,冯学智,周立国,等.太湖蓝藻暴发与水温的关系的 MODIS 遥感[J].湖泊科学,2008,20(2):173-177.
[18] 陈宇炜,高锡云.西太湖北部微囊藻时空分布及其与光温等环境因子关系的研究[M].北京:气象出版社,1998.
[19] 王利利.水动力条件下藻类生长相关影响因素研究[D].重庆:重庆大学,2006.
[20] 刘丽萍.滇池水华特征及成固分析[J].环境科学研究,

1999,11(5):36-37.
[21] JONES K. The effects of temperature on acetylene reduction by mats of blue-green algae in sub tropical grassland[J]. New Phytol,1976,78:433-436.
[22] 陈荷生,宋祥甫,邹国燕.太湖流域水环境综合整治与生态修复[J].水利水电科技进展,2008,28(3):76-79.
[23] 陈德林,赵勇,顾新刚,等.东太湖疏浚对河网环境影响的研究[J].水资源保护,2006,22(3):30-32.

(收稿日期 2010-10-09 编辑 彭桃英)

· 简讯 ·

第六届世界水论坛水利与大国发展高层研讨会在法国举行

2012 年 3 月 14 日,第六届世界水论坛水利与大国发展高层研讨会在法国马赛举行,中国政府代表团团长、水利部部长陈雷做主旨发言。陈雷部长着重介绍了中国在水利投融资和减少水利工程建设对环境社会影响方面的经验,并指出中国政府把水利作为公益性和基础性设施,今后 10 年水利投资总量达到或超过 6360 亿美元;中国政府坚持在保护中开发水资源、在开发中保护水资源的原则,努力减少水利工程建设对环境社会的影响,实现经济效益、社会效益和生态效益多赢的目标;中国愿与世界各国相互交流经验,共同破解水利基础设施建设的难题,为经济社会可持续发展提供更加有力的水利支撑和保障。

(本刊编辑部供稿)