

黄河兰州段污染物经济损失价值研究

张国珍¹ 李毅华²

(1. 兰州交通大学环境与市政工程学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 上海市市政工程设计研究总院斯美南方分院, 广东 佛山 528200)

摘要 :以黄河兰州段污染物为研究对象,运用环境经济学的相关原理和研究方法选取适当模型与参数,确定黄河兰州段排污收费基准值为 0.84 元/t,等于污染物治理费用和水污染损失值之和。构建环境经济与污染物总量的关联指标体系,为水权交易、排污权交易中成本核算、交易价格计算提供依据。

关键词 :黄河;污染;经济损失;价值分析

中图分类号:820.6 文献标识码:A 文章编号:1004-693X(2007)05-0078-04

Economic losses by pollution in Lanzhou section of the Yellow River

ZHANG Guo-zhen¹, LI Yi-hua²

(1. School of Environmental Science and Municipal Engineering, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China; 2. Smedi South Brand Institute, General Institute of Shanghai Municipal Engineering Design, Foshan 528200, China)

Abstract :Taking the pollutants in Lanzhou section of the Yellow River as the research objects, the model and parameters were chosen based on economic principle and method in environmental economics. It is found out that the charge for wastewater discharge in Lanzhou section of the Yellow River is 0.84 Yuan/t, which is the sum of wastewater treatment cost and the water pollution loss. The relating index system between environmental economics and pollution masses is established, which provides bases for the cost checking of water right trade and wastewater discharge trade and the calculation of the trade price.

Key words :Yellow River; pollution; economic loss; value analysis

黄河是流经兰州市的唯一地表河流,是兰州市工农业用水和人畜饮用水的主要水源,其独特的地理位置和特殊的水文地质条件使其与整个兰州的经济息息相关。作为一个重工业城市,兰州市的工业布局不是很合理,各类企业排放的污水不但水量大,而且污染物种类多,种种因素导致黄河兰州段水质受到严重污染。

本文研究黄河兰州段污染物经济价值,在污染物排放与其对环境价值造成损失之间寻找关联关系,应用环境经济学的相关原理,找出污染物经济量化方法,确定黄河兰州段排污收费基准值。

1 水污染经济损失价值计算模型发展概况

国外较早开展了计算模型的研究,有大量的研

究成果。经济损失价值计算总的思路概括起来就是,用户所受到的一定水质降低的损失,也就是为弥补损失而采取的最便宜的综合措施费用的总和,即我们常用的恢复费用法、防护费用法,将遭受损失的所有用户的损失加起来,即为总损失量。对于某种污染物,采用水质浓度与年损失的关系图能直观地反映出一种污染物引起水质浓度变化时的经济损失量。

国内外水污染损失价值的计算,基本按水体功能的分类,如饮用水水源、工业用水、渔业养殖、农业灌溉等项目,按单项分别计算水污染造成的损失,总损失等于单项损失之和,单项经济损失的计算方法有很多种,如市场价格法、机会成本法、影子工程法、恢复费用法、人力资源法等,此外还有投标博弈法、德尔斐法、赔偿费用法等。

1.1 模型简介^[1-3]

1.1.1 模型一

这种模型的基本思想是将水污染造成的经济损失分解若干个部分,分别寻找各部分的市场替代品,用市场替代品价值之和作为环境价值。将水污染经济损失分为水污染治理费用 L_t 、农业损失 L_a 、渔业损失 L_f 、人体健康损失 L_h 、景观生态美学 L_l 、对工业生产影响 L_i 以及物质资源流失 L_m 等。按单项分别计算水污染造成的损失,总损失等于单项损失之和,单项经济计算方法中,有市场价格法、机会成本法、影子工程法、恢复费用法、人力资源法等^[4]。

以此分类为基础的计算公式为

$$L = L_t + L_a + L_f + L_h + L_l + L_m + L_i$$

1.1.2 模型二(损失-浓度模型)

某种污染物对水体造成的经济损失, L. D 詹姆斯^[5]提出用损失-浓度模型来表示

$$S_i = \sum_{i=1}^n KR_i$$

式中: S 为污染物价值损失; K 为水资源价值; R_i 为第 i 污染物的损失率。

R_i 可采用以下公式计算:

$$R_i = [1 + a_i \exp(-b_i x_i)]^{-1}$$

式中: a_i 、 b_i 为污染物的价值损失参数; x_i 为第 i 种污染物的污染参数, $x_i = C_i/C_{i0}$; C_i 为第 i 种污染物质量浓度 mg/L ; C_{i0} 为水资源分功能设定的水体质量浓度标准值 mg/L 。

L. D 詹姆斯用污染损失-浓度曲线描述该变化趋势。该曲线是 S 形,随浓度上升,损失在一定范围内迅速增加,水质污染到一定程度造成的损失趋于极限,如图 1 所示。

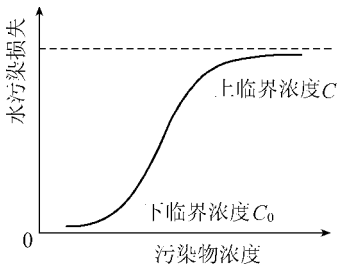


图 1 污染损失-浓度曲线

当水中污染物多于 1 种时,其综合损失率不为各项损失率简单加和,当有几种相互独立的污染物存在时,其综合损失率递推公式为

$$R_j^{(n)} = R_j^{(n-1)} + R_{jn}(1 - R_j^{(n-1)})$$

式中: $R_j^{(n)}$ 为第 j 种分功能在 n 种污染物作用下的污染损失率; $R_j^{(n-1)}$ 为第 j 种分功能在 $(n-1)$ 污染物作用下的污染损失率; R_{jn} 为第 j 种分功能在第 n 种污染物作用下的污染损失率。式中分功能是指每

一种污染物对损失率的贡献,即每种污染物的单项损失率。

上式计算后加上污染物治理费用,则为污染物造成的经济损失。

1.1.3 模型三^[5]

这种模型认为水污染的经济损失是水资源所具有的价值由于被污染而降低或丧失造成的,计算模式中主要考虑 3 个因素:①遭到污染的水资源量大小;②水资源价值量大小;③水资源受到污染的程度(与排污量大小有关)。根据我国环境保护的政策、方针及水资源的特性,提出水污染损失的计算模式为

$$S = RQP_{\text{水}}$$

式中: S 为水污染造成水资源资源价值的损失,万元/a; R 为综合污染损失率; Q 为遭到污染的水资源量,万 m^3/a ; $P_{\text{水}}$ 为水资源价值。

Q 直接采用污染河流的月、日、年径流量,以水质浓度的变化来区分径流量的计算时段(如一年中计算河流有 8 个月超河流水体功能及水质目标,水资源量就用相应这 8 个月的径流量)。

上式计算后加上污染物治理费用,则为污染物造成的经济损失。

现有的水污染损失计算模式,存在几个方面的不足:①水质浓度—经济损失计算方法,是依据单一污染浓度进行计算的,实际上,水质浓度往往是由多种污染物共同造成的,要建立全部污染物浓度~损失曲线,有很大的难度,同时,这种方法并没有同受污染的水量大小建立联系;②因污染使单项水体功能遭到破坏,其损失计算方法过于简单,没有反映出水资源具有多功能,可重复利用的特性,这样,在总损失计算中,必然导致重复计算的问题;③以往水污染造成经济损失计算,没有真正反映水资源价值的降低,计算水污染造成的经济损失必须与水资源的价值紧密相连。因此,模型四引进了水环境容量价值计量。

1.1.4 模型四^[6]

水污染损失的计算模式为

$$F = R \sum_{i=1}^n Q_i (W_{\lambda_i} - W_{\text{允}i})^k$$

式中: F 为水污染造成的经济损失,万元/a; R 为反映单位水资源量价值与污染损失的系数,万元/(t·亿 m^3); Q_i 为遭到污染的水资源量,亿 m^3 ; W_{λ_i} 为计算区域内第 i 种主要污染物的入河量, t/a; $W_{\text{允}i}$ 为计算区域内第 i 主要污染物的允许排放量, t/a; k 为无量纲因次参数。

上式计算后加上污染物治理费用,则为污染物造成的经济损失。

2 模型及参数选取

2.1 污染物治理费用模型及参数选取

污水的治理费用分为两部分 :投资费用与运行费用。

污水治理的投资费用(一次性基本建设投资)与污水种类、处理规模、污染物去除率有关。一般来说 ,治理深度较低时 ,较小的投资费用可以削减较多的污染物 ,随着治理深度的提高 ,单位投资可削减的污染物是递减的。同时 ,污水投资具有规模效应 ,即在处理深度相同的情况下 ,处理厂的规模越大 ,削减单位废物的投资费用越小。

由于运行费用和处理率有关 ,投资费用也与处理率有关 ,本文将一次性投资费用按运行寿命(这里取运行寿命 15 年)折算到每年 ,将得到折旧费与运行费用的总和计为治理费用。由经验及对调查数据的研究结果可知。治理费与投资费、处理率可以建立函数关系如下 :

f_i(K) = aK^b C_T

式中 :f_i(K)为年治理费用 ,万元 ;C_T 为基建投资费用 ,万元 ;K 为一定规模下集中污水处理厂对某一基准污染物的处理率 ;a ,b 为无量纲参数 ,为常数。此处取 a = 0.102 ,b = 3.640。

治理费用函数即可表达为

F_1 = f_i(K) = aK^b C_T

= 0.102K^{3.640}2973.07Q^{0.220}S^{0.421}

= 0.102K^{3.640}2973.07Q^{0.220}

[sum_{j=1}^n (0.1q_i/C_{0j})]^{0.421}

= 0.102K^{3.640}2973.07Q^{0.220}

[sum_{j=1}^n (0.1C_{1j}Kb_jQ/C_{0j})]^{0.421}

式中 :C_{1j}为区域中各污染源未经处理、混合排出的水体中第 j 种污染物浓度 ;b_j 为第 j 种污染物处理率相对于基准污染物处理的比例。

本文选取 COD、BOD_{Cr}、油、酚、Hg 这 5 种污染物并选定 COD 为基础污染物。区域内排入污水处理厂的混合污水浓度见表 1。

表 1 区域污染物排放浓度 mg/L

污染物	平均质量浓度	污染物	平均质量浓度
酚	0.01	BOD ₅	68
Cr ⁶⁺	0.02	COD _{Cr}	168
油	0.20		

设 COD 的去除率为 K ,其他污染物去除率与 COD 的去除率成一定的比例关系 ,见表 2。

表 2 污染物去除率比例关系

污染物	去除率/%	污染物	去除率/%
酚	0.715	BOD ₅	1.1
Cr ⁶⁺	0.625	COD _{Cr}	1.0
油	0.785		

这样 ,将治理费用表示为处理率 K 的函数。

兰州市已建成运行并能对城市污水进行二级处理的污水处理厂 3 座 ,设计处理能力共为 31 万 t/d。其中 ,西固污水处理厂设计处理能力为 12 万 t/d ,兰炼水处理厂设计处理能力为 3 万 t/d ,雁儿湾污水处理厂设计处理能力为 16 万 t/d。COD 的去除率 K 的范围为 80% ~ 86% ,取 COD 的去除率为 K = 80%。则 :

F_1 = f_i(K) = 0.102K^{3.640}2973.07Q^{0.220}

[sum_{j=1}^n (0.1C_{1j}Kb_jQ/C_{0j})]^{0.420886} = 7698.38 元

则每吨污水的治理总费用为 f_1 = 7698.38/31 × 365 = 0.68 元。

2.2 污染物造成的经济损失模型及参数选取

2.2.1 模型选取

本文所选污染物经济损失模型引进了水环境容量价值计量 ,在水环境容量计算的基础上 ,将其货币计价 ,可采用单项环境经济效益计算的方法进行。如恢复费用法 ,用建同样规模的污水处理厂的投资及运转费 ,换算成治理每吨污染物的成本 ,即为水环境容量的货币价格。

这种水污染损失的计算模式采取模型四

F_2 = R sum_{i=1}^n Q_i (W_{\lambda_i} - W_{\lambda_i^0})^k

2.2.2 参数选取

a. R 的取值。R 值大小与水资源的稀缺性和开发利用条件有关。不同的地区、不同的丰枯度、不同的时段 ,R 值各不相同 ,最简单的确定方法是在单位水资源费的基础上 ,增加水环境生态价值 ,一般可考虑占单位水资源费的 40% ~ 60%。R 的取值为单位水资源费的 50% ,即 :R = 0.5 × 1.44 万元/(t·亿 m³) = 0.72 万元/(t·亿 m³) ,兰州市目前合理的资源水价为 1.44 元/m³。

b. k 的取值。k 的取值范围 0 < k < 1.0。可用单项经济损失法反推求出 ,或采用典型调查结果。本文结合相关资料 ,取 k = 0.3。

c. Q_i 的取值。直接采用受污染河流的日、月、年径流量 ,以水质浓度的变化来划分径流量的计算时段 ,如 1 年中计算河流有 8 个月超河流水体功能及水质目标 ,水资源量就用相应这 8 个月的径流量。黄河兰州段挥发酚为 1 ~ 4 月超标 ,Cr⁶⁺ 全年均未超

标 ,石油类 1 ~ 6 月、11 ~ 12 月超标 ,BOD₅ 全年均未超标 ,COD_{Cr}为 3 ~ 4 月超标。计算出各污染物 Q_i 的取值(表 3)。

表 3 各污染物 Q_i 的取值				亿 m ³
污染物	Q_i	污染物	Q_i	
挥发酚	51.84	BOD ₅	0	
Cr ⁶⁺	0	COD _{Cr}	25.92	
石油类	127.01			

d. $W_{允_i}$ 的取值。主要污染物年环境容量见表 4。

表 4 区域内各污染物的允许排入值						t/a
区 段	挥发酚	Cr ⁶⁺	石油类	BOD ₅	COD _{Cr}	
新城桥—柳泉等企业入河口	- 0.03	3.26	- 6.29	198.85	701.23	
柳泉等企业入河口—兰炼污水处理厂和西固电厂冲灰水	0.09	1.50	- 2.14	124.11	430.59	
兰炼污水处理厂和西固电厂冲灰水—七里河桥洪道	0.11	1.29	- 1.38	131.34	445.44	
七里河桥洪道—油污干管入河口	0.18	1.45	- 1.03	176.00	581.56	
油污干管入河口—包兰桥	0.16	0.96	- 6.97	133.67	433.78	

e. W_{λ_i} 的取值。区域内各污染物的排入量见表 5。

表 5 区域内各污染物的排入量						t/a
区 段	挥发酚	Cr ⁶⁺	石油类	BOD ₅	COD _{Cr}	
新城桥—柳泉等企业入河口	0.006	0.008	0.07	60.30	150.56	
柳泉等企业入河口—兰炼污水厂和西固电厂冲灰水	0.262	0.250	3.06	112.53	513.48	
兰炼污水厂和西固电厂冲灰水—七里河桥洪道	0.096	0.128	1.12	120.44	539.89	
七里河桥洪道—油污干管入河口	0.025	0.034	0.29	130.83	476.60	
油污干管入河口—包兰桥	0.657	0.538	7.66	117.39	615.32	

f. F_2 的取值以及平均每吨污水造成的水污染

(上接第 77 页)的基础上,在全国开征生态环境补偿税(或收费)。加快建立和完善城市污水、垃圾处理收费制度,将城市污水、垃圾处理费征收标准调整到适当的水平,促进工业节水,逐步实行容量水价和计量水价相结合的两部制水价制度;建立工业水价预警机制,定期发布工业水价预测信息,引导企业增加节水投入;完善工业节水投融资机制,拓宽工业节水投融资渠道,鼓励工业企业引进外资和吸收利用社会资金,加速工业节水技术改造,使排污收费达到合理程度,调动企业治理污染的积极性。

损失值。把表 3、表 4、表 5 数据代入式 $F_2 = R \sum_{i=1}^n Q_i (W_{\lambda_i} - W_{允_i})^k$ 中,可求出各区段内水污染损失值 F_2 以及平均每吨污水造成的水污染损失值,见表 6。

表 6 区域水污染损失值			
区 段	水污染损失值/万元	年废水排放量/(万 t·a ⁻¹)	每吨污水造成的水污染损失值/元
新城桥—柳泉等企业入河口	49.22	348.88	0.14
柳泉等企业入河口—兰炼污水处理厂和西固电厂冲灰水	220.15	1385.90	0.16
兰炼污水处理厂和西固电厂冲灰水—七里河桥洪道	176.70	1003.45	0.18
七里河桥洪道—油污干管入河口	63.08	408.43	0.15
油污干管入河口—包兰桥	257.19	1470.86	0.17
平 均	—	—	0.16

2.2 黄河兰州段排污收费基准值计算
排污收费基准等于污染物治理费用和水污染损失值之和,即:

$$F = F_1 + F_2 = 0.68 + 0.16 = 0.84 \text{ 元/t}$$

参考文献:

[1] 路明娟.模糊数学在水质评价中的应用[J].甘肃科技, 2000(4):23-24.
[2] 杨景兰.水环境与经济可持续发展[J].河北水利水电技术, 2000(4):13.
[3] 杨树旺,张梅珍.环境与经济可持续发展[J].城市环境, 2002,16(4):39-41.
[4] 刘晨,伍丽萍.水污染造成的经济损失分析计算[J].水利学报,1998(8):43-46.
[5] L.D 詹姆斯, R.R 李.水资源规划经济学[M].北京:水利电力出版社,1984:25.
[6] 陈祖海.环境与经济协调发展的再认识[J].地域研究与开发, 2004,23(4):21-24.

(收稿日期:2006-12-18 编辑:高渭文)

参考文献:

[1] PAULA S, WILLIAM N. Economics[M]. Beijing:China Machine Press, 2000:148-162.
[2] STEPHEN P R, MARY C. Management[M]. Beijing:Tsinghua University Press, 2002:89-127.
[3] 齐建国.关于循环经济理论与政策的思考[J].新视野, 2004(4):23-26.
[4] 王均奇,施国庆.传统经济增长模式对环境伦理的背离及推行循环经济增长模式的必要性[J].经济纵横, 2005,10(上半月):12-15.

(收稿日期:2006-05-11 编辑:高渭文)