

DOI :10.3969/j.issn.1004-6933.2010.06.014

郑州市水环境污染经济损失计算

吕翠美¹, 凌敏华²

(1. 三峡大学水利与环境学院, 湖北 宜昌 443002; 2. 河海大学水文水资源学院, 江苏 南京 210098)

摘要 采用水环境污染经济损失函数法计算郑州市 2000—2005 年的水污染损失。计算结果表明, 郑州市年均水污染损失占 GDP 的 4%, 其中水污染造成的健康损失最大, 占总损失量的 44.26% 左右, 水污染造成的农业损失增长速度最快, 水环境污染造成的经济损失已经影响到郑州市的经济发展。

关键词 水污染; 经济损失; 水质经济影响函数; 郑州市

中图分类号: X820.6; F221 文献标识码: A 文章编号: 1004-6933(2010)06-0062-04

Calculation of economic losses caused by water pollution in Zhengzhou City

LÜ Cui-mei¹, LING Min-hua²

(1. College of Hydraulic and Environmental Engineering, Three Gorges University, Yichang 443002, China; 2. College of Water Resources and Environment, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: By studying the methods of evaluating regional water pollution losses, the economic losses due to water pollution in Zhengzhou from 2000 to 2005 were estimated with the water pollution-induced economic losses function method. The economic losses due to water pollution accounted for 4% of GDP. The largest loss was the health loss, which accounted for 44.26% of total losses, and the increment speed of agriculture loss was the fastest. The results showed that the economic losses caused by water pollution had already affected the economic development in Zhengzhou City.

Key words: water pollution; economic losses; water quality induced economy losses function; Zhengzhou City

水环境污染经济损失是指由于水污染导致水质下降, 影响水服务功能的发挥, 水效用降低和减少而引起的社会经济损失^[1]。随着水环境污染防治成本的日益增加, 水资源污染的负面影响与经济发展之间协调平衡的定量化研究成为迫切需要研究的问题^[2]。笔者针对郑州市日益严峻的水环境污染态势, 开展水环境污染的经济损失研究, 定量评估郑州市经济高速发展所带来的外部不经济性, 为各类经济行为过程实施全成本计量, 为环境成本计量提供基础, 为改进水资源管理的计量体系、制定科学的水资源保护目标和决策提供依据。

1 水环境污染经济损失核算方法

目前, 国内外有多种污染损失的计算方法, 包括人力资本法、机会成本法、工程费用法、替代市场价值法、恢复费用法、调查判断法等等^[3]。综合分析以上方法, 充分考虑郑州市水环境污染实际情况及影响内容, 基础计算资料的可获取性, 以及水污染造成的经济损失与污染浓度有关等因素, 笔者采用水环境污染经济损失函数法计算郑州市水污染造成的经济损失。

1.1 水质-经济影响函数

从水体环境质量与水环境功能特性、人类经济行为的相互效应关系上看, 水质对经济活动的影响

过程大体呈 S 型曲线形态(图 1)^[4]。

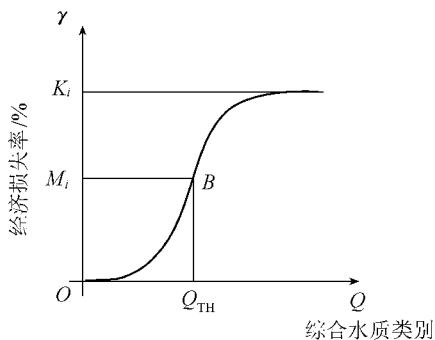


图 1 水环境污染经济损失关系曲线

中国水利水电科学研究院根据水质与社会经济之间的相互制约关系,对几十种常用函数类型进行检测试验后,建立了适合我国水环境污染损失计算的水质-经济影响函数^[5]:

$$\gamma_i = K_i \frac{e^{a(Q-Q_{TH})} - 1}{e^{a(Q-Q_{TH})} + 1} + M_i \quad (1)$$

式中: γ_i 为水环境污染引起的经济损失率,定义为水环境污染对 i 分项经济损失量占整个经济活动的比例; K_i 为分项最大的经济损失率,即水质对社会经济活动的影响上限; Q 代表综合水质类别; Q_{TH} 为水环境污染经济损失关系曲线中水质影响拐点处的水质类别; M_i 为图 1 中水质拐点 B 处的水环境污染经济损失率; a 是水质经济敏感系数,表征水环境污染经济损失关系曲线的形态, a 越大,函数曲线越陡,表示社会经济对水质状况越敏感,反之,则表示经济行为对水质状况敏感性较差。

对于不同的经济行为,或者同一经济行为对应于不同污染特性的水体,水环境污染经济损失函数总体表达形式可以认为是一样的,但是函数表达式中的待定系数各不相同。待定系数的不同反映出水环境污染对不同经济行为过程的影响程度不一样。

1.2 参数求解

1.2.1 水质类别 Q 的确定方法

Q 表示区域的综合水质类别,可对 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》中的不同水质分类等级加权计算得到。我国现行水质标准将地面水环境质量分为 I ~ V 类和劣 V 类 6 种,在进行综合水质类别计算时,分别以 1 ~ 6 的数值代表相应类别,按不同水质类别河长占评价总河长的百分比来计算评价区域的综合水质状况^[6]。假定 I 类 ~ 劣 V 类 6 种水质类别的河长占总河长比例分别为 X_1, X_2, \dots, X_6 , 则研究区域水质综合类别 Q 可按以下公式计算:

$$Q = [X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6] [1, 2, 3, 4, 5, 6]^T \quad (2)$$

1.2.2 拐点水质类别 Q_{TH} 和系数 a 的确定方法

拐点水质类别 Q_{TH} 反映水体环境质量对人类经

济活动影响的敏感程度以及社会经济、人类生活对水体的敏感性。文献[4]认为当一个地区的综合水质状况达到数值 4 时,人们对水环境污染感官效应,以及水质对社会经济和人类活动的影响都是一个非常关键的状态。因此,将拐点的平均综合水质类别 Q_{TH} 定为 4。而当综合水质类别达到 6 时(即水质综合评价结果为劣 V 类时),水环境污染对经济行为的影响将非常严重,此时水环境污染经济损失率 γ_i 最大,根据相关专家研究成果^[4],定为 $0.995 K_i$;当区域综合水质等于 2 时,认为水质良好,对社会经济行为的影响较小,定为 $0.005 K_i$ 。具体条件如下:

$$\begin{cases} Q_{TH} = 6 \\ \gamma_i = 0.995 K_i \end{cases} \quad \begin{cases} Q_{TH} = 2 \\ \gamma_i = 0.005 K_i \end{cases}$$

将上述两个条件分别代入水质-经济影响函数公式(1)联立方程组求解,求得水质敏感系数 $a = 0.54$,拐点水质所对应的水环境污染损失率 $M_i = 0.5 K_i$ 。

1.2.3 对社会经济影响的损失率上限值 K_i 的确定

通过以上处理,水质-经济函数形式简化为:

$$\gamma_i = K_i \left(\frac{e^{0.54(Q-4)} - 1}{e^{0.54(Q-4)} + 1} + 0.5 \right) \quad (3)$$

式(3)中尚有水环境污染的最大经济影响损失率系数 K_i 待求。该系数反映水环境污染状况达到最严重时,所带来的社会经济各个计算分项的最大经济损失率^[6]。不同地区、不同经济分项的生产和生活过程不尽相同,对水质要求也不同,所以最大经济影响损失率也不一样,需要对研究区域各分项经济活动进行详细的水环境污染损失调查计算确定。

2 郑州市水环境污染现状

郑州市有各种河流 124 条,多数河流为季节性河流,下游往往成为排污河道。主要河流和水库的水质污染相当严重。根据《郑州市水资源及其开发利用综合评价》报告,郑州市现状河流水质类型为 III 类、IV 类、V 类和劣 V 类水,全年期综合评价显示,III 类水占总评价河长的 2.9%;IV 类水占总评价河长的 10.4%;V 类水占总评价河长的 20.5%;劣 V 类水占总评价河长的 66.2%。水源地供水量合格率低,没有发现可以饮用水源的河段,水质类别较差,主要超标项目有: $\text{NH}_3\text{-N}$ 、Hg、TP、Cr、COD 和 BOD_5 ^[7]。

根据郑州市水资源公报,2000—2005 年郑州市年废污水排放及处理情况见表 1^[8]。2005 年郑州市污水排放总量为 65 490 万 m^3 ,其中工业废水 37 351 万 m^3 ,占污水排放总量的 57.0%;城镇生活污水 28 139 万 m^3 ,占污水排放总量的 43.0%。

污水水中的主要污染物为 COD、NH₃-N。根据郑州市 2005 年环境质量状况资料,当年废水中 COD 排放总量 13958.52 t,氨氮排放量 2620.74 t。

表 1 郑州市废污水排放处理情况

年份	污水排放量/万 m ³			污水处理能力/(万 m ³ ·d ⁻¹)	污水年处理量/万 m ³
	生活	工业	合计		
2000	10966	17665	28631	42.1	828
2001	10957	22900	33857	59.8	8164
2002	17694	10211	27905	60.3	13696
2003	15051	8639	23690	59.5	15070
2004	22707	10311	33018	60.5	14478
2005	28139	37351	65490	69.5	17144

目前郑州市共有城市污水处理厂 6 座,截止 2005 年,污水处理能力为 69.5 万 m³/d,实际污水处理量为 17144 万 m³,仅占郑州市污水排放量的 26.18%;日均处理量 47.0 万 m³,占处理能力的 67.6%。现状污水处理能力不足,污水处理压力较大,处理能力有限,致使大量的城市生活污水得不到适当的处理而排放。这不仅严重威胁地表水体的环境质量,而且造成水质型缺水,使郑州市缺水形势更加严峻。

3 郑州市水环境污染经济损失

收集郑州市社会经济现状及水质状况基础数据资料,分农业、工业、市政、家庭消费与人体健康、旅游 5 项,逐项计算水环境污染带来的经济损失,最后汇总,得到郑州市水环境污染经济损失总量。

根据郑州市不同水质类别所占百分比,代入公式(2)计算,得到郑州市综合水质状况 $Q = 5.5$,代入公式(3),计算水环境污染经济损失率 $\gamma_i = 0.8842K_i$ 。水环境污染最大经济影响损失率 K_i 应针对不同的经济分项分别调查计算。

3.1 对农业造成的经济损失

市场调查表明,水环境状况下降将直接影响农产品的品质和价格,造成农业经济损失,假定水环境污染对农业产值的影响损失率等价于其对农产品市场价格的影响损失率^[2]。

不同农业类别的生产过程不同,对水质的要求也不同,因此,水环境污染对农产品品质的影响程度也不同。在进行水污染对农业造成的经济损失计算时,首先将农业划分为种植业、林业、牧业、渔业四大类,计算不同类别农产品产值占农业总产值的比例,然后根据典型区域水环境污染对农产品价格影响系数的研究成果^[6],计算郑州市水环境污染对农业的最大经济损失率:

$$K_{\text{农业}} = 0.5A_1 + 0.3A_2 + 0.2A_3 + A_4 \quad (4)$$

式中: A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_4 分别表示种植业、林业、牧业、渔业各产值占农业总产值的比例。

将 $K_{\text{农业}}$ 的计算结果及郑州市综合水质类别 Q 和农业产值资料代入公式(3)就可建立郑州市水质-农业污染经济影响函数。2000—2005 年郑州市水环境污染造成的农业经济损失量计算结果见表 2。

表 2 各年份郑州市水环境污染造成农业经济损失

年份	$K_{\text{农业}}$	$\gamma_{\text{农业}}$	农业总产值/万元	农业损失/万元
2000	0.0162	0.0096	731759	70223
2001	0.0274	0.0162	787345	12744
2002	0.0478	0.0282	823611	23250
2003	0.0870	0.0514	861828	44299
2004	0.1696	0.1002	1102005	110408
2005	0.3513	0.2075	1262168	261930

3.2 对工业造成的经济损失

水环境污染对工业生产的影响,主要是由于工业生产用水水质下降,需要增大工业用水处理成本,增加了工业生产成本。工业生产过程中不同行业对水质要求不同,可将工业分为 3 类。I 类:对水质要求很高的行业,如食品制造、医药制造业等;II 类:对水质要求比较高的行业,如精密仪器和电子产品制造业;III 类:对水质要求一般的行业。3 类行业的经济损失系数 K_i 分别为 0.060、0.049、0.013^[3]。以 A_1 、 A_2 、 A_3 表示三类工业产值的结构比例(分类产值占总产值的比例),根据郑州市 2005 年工业产值结构组成比例,计算水污染对工业生产带来的平均最大损失率。

$$K_{\text{工业}} = 0.06A_1 + 0.049A_2 + 0.013A_3 = 0.0174 \quad (5)$$

根据 $K_{\text{工业}}$ 可计算郑州市水污染对工业经济影响的损失率 $\gamma_{\text{工业}}$,进而计算水污染对工业影响的经济损失量。根据 2000—2005 年郑州市统计资料数据^[9],郑州市水环境污染造成的工业经济损失见表 3。

表 3 各年份郑州市水环境污染造成工业经济损失

年份	$K_{\text{工业}}$	$\gamma_{\text{工业}}$	工业总产值/万元	工业损失/万元
2000	0.0068	0.0060	10052967	60625
2001	0.0075	0.0067	11127574	74215
2002	0.0084	0.0074	12122694	89885
2003	0.0094	0.0083	14808572	123004
2004	0.0109	0.0097	18788506	181876
2005	0.0174	0.0154	24115175	371501

3.3 对市政造成的经济损失

水环境污染对市政的影响,主要反映在两个方面:①水环境污染导致城市供水成本增加;②水环境污染致使城市污水处理厂投资和运行费用增加,供水成本需要具体计算得到,污水处理厂投资和运行

费用则可直接由统计资料查到。对于城市供水,水环境污染主要增加供水的水质净化和处理成本。由于自来水供水状况与生活水平有很大关系,因此在计算郑州市供水成本最大增加值 K_i 时,参考典型区域研究成果^[10] $K_{\text{市政}} = 0.43 \text{ 元}/\text{m}^3$,利用郑州市人均 GDP 与典型区差异进行修正处理,得到郑州市 $K_{\text{市政}}$,建立水质-供水成本增加之间的经济影响函数,进行区域水污染经济损失计算。郑州市 2000—2005 年水环境污染对市政影响的经济损失计算结果见表 4。

表 4 各年份郑州市水环境污染对市政影响的经济损失

年份	$K_{\text{市政}}/(\text{元}\cdot\text{m}^{-3})$	$\gamma_{\text{市政}}/(\text{元}\cdot\text{m}^{-3})$	排放量/ 万 m^3	增加 成本/ 万元	污水处理 厂投资/ 万元	运行 费用/ 万元	总损失/ 万元
2000	0.4552	0.3855	28 631	11 038	19 305	182	30 526
2001	0.4891	0.4142	33 857	14 024	5 844	4 454	24 322
2002	0.5394	0.4568	27 905	12 748	17 620	4 004	34 371
2003	0.6309	0.5344	23 690	12 659	11 472	2 609	26 740
2004	0.7772	0.6582	33 018	21 734	42 493	6 836	71 063
2005	0.9246	0.7831	65 490	51 285	50 060	9 514	110 860

3.4 对家庭消费和人体健康造成的经济损失

水污染对人体健康的影响可归纳为两大类:
①水中有毒物质通过饮用、接触以及被污染的食品等途径被人吸收,增加人体发病率,从而增加医药治疗费等家庭开销;②水污染将导致死亡人数增加,带来社会损失。水污染导致的家庭费用增加量以及健康损失量与生活水平有密切联系^[2],水环境污染对家庭和人体健康的最大损失率计算与市政工业相似。2000—2005 年水环境污染对家庭消费和健康的经济损失结果见表 5。

表 5 各年份郑州市水环境污染对家庭消费和健康的经济损失

年份	$K_{\text{健康}}/(\text{元}\cdot\text{人}^{-1})$		$\gamma_{\text{健康}}/(\text{元}\cdot\text{人}^{-1})$		损失/万元		总损失/ 万元
	家庭 排污	健康 损失	家庭 排污	健康 损失	家庭 排污	健康 损失	
2000	20.24	194.72	17.89	172.17	3 299	114 647	117 946
2001	21.76	209.20	19.24	184.98	3 610	125 226	128 836
2002	24.25	230.72	21.45	204.01	4 129	140 300	144 430
2003	28.49	269.88	25.19	238.64	4 943	166 485	171 428
2004	35.16	332.45	31.09	293.96	6 203	208 188	214 390
2005	42.92	395.51	37.95	349.71	7 855	250 392	258 247

3.5 对旅游业造成的经济损失

水环境污染还会影响旅游业,水环境污染将降低区域对游客的吸引力,减少来访旅游人数,影响旅游收入。郑州市 2000—2005 年水环境污染对旅游业影响的最大损失率 $K_{\text{旅游}}$ 及经济损失计算结果见表 6。

3.6 水环境污染经济损失计算结果汇总与分析

2000—2005 年郑州市水环境污染对农业、工业、市政、人体健康、旅游业诸方面造成的经济损失总量

表 6 各年份郑州市水环境污染对旅游业的经济损失

年份	$K_{\text{旅游}}$	$\gamma_{\text{旅游}}$	旅游业收入/ 万美元	损失/ 万美元	美元汇率率/ (元·美元 ⁻¹)	损失/ 万元
2000	0.0536	0.0474	4 653	221	8.278	1 826
2001	0.0576	0.0509	5 013	255	8.277	2 113
2002	0.0635	0.0562	5 400	3031	8.277	2 511
2003	0.0743	0.0657	2 900	191	8.277	1 577
2004	0.0915	0.0809	5 570	451	8.277	3 731
2005	0.1089	0.0963	7 768	748	8.192	6 127

计算结果见表 7。2000—2005 年,郑州市水环境污染损失呈上升趋势,水环境污染对郑州市社会经济的影响程度越来越严重。郑州市 2000—2005 年的水污染损失占当年全市 GDP 的 2.92%~6.07%,多年平均约为 4.09%,高于全国平均水平(2.39%)^[3],郑州市水环境污染造成的各项损失中,消费健康损失比例最大,多年平均损失比例高达 44.26%;其次是工业,约占总损失量的 31.77%;旅游业损失比例最小,占 0.71%左右,农业损失的上升速度最快,2000 年水环境污染造成的农业损失只占总损失量 3.22%,到 2005 年发展成为 25.97%,可见,水污染对农业造成的影响不容忽视。许多资料表明,环境污染给社会各方面造成的损失中,以对人体健康影响造成的损失最重^[4],这一点也在本文的计算结果中得到了证实。

表 7 各年份水环境污染损失汇总

年份	农业/ 万元	工业 /万元	市政 /万元	消费、健 康/万元	旅游/ 万元	合计/ 万元	损失占 GDP/%
2000	7 023	60 625	30 526	117 946	1 826	217 946	2.95
2001	12 744	74 215	24 322	128 836	2 113	242 230	2.92
2002	23 250	89 885	34 371	144 430	2 511	294 447	3.17
2003	44 299	123 004	26 740	171 428	1 577	367 048	3.33
2004	110 408	181 876	71 063	214 390	3 731	581 468	4.22
2005	261 930	371 501	110 860	258 247	6 127	1 008 665	6.07

4 结 语

水污染不但会影响当地的经济,更会对人民的日常生活造成不利影响,直接增加人们的消费成本。笔者采用水环境污染经济损失函数法计算了 2000—2005 年郑州市水环境污染造成的经济损失。结果显示,水污染造成的经济损失在 6 年间增长了近 4 倍,多年平均水污染损失占全市 GDP 的 4.09%。在水环境污染损失计算的 5 个分项中,损失最大的部分是消费健康损失,占到总损失的 44%,旅游业最小,占总损失的 0.7%左右。可见,水资源为经济发展提供物质基础的同时,在受到污染时又会成为经济发展的制约因素,水污染对经济造成的影响不容忽视。

(下转第 83 页)

[16] 任南琪, 王宝贞. 有机废水处理生物制氢技术[J]. 中国环境科学, 1994, 14(6) :411-415.

[17] 程军, 潘华引, 戚峰, 等. 污泥和水葫芦混合发酵产氢的影响因素分析[J]. 武汉理工大学学报, 2006, 28(2) :209-214.

[18] 陈小华, 朱洪光. 农作物秸秆产沼气研究进展与展望[J]. 农业工程学报, 2007, 23(3) :279-283.

[19] EL-SHINNAWI M M, ALAAEL-DIN M N, EL-SHIMI S A, et al. Biogas production from crop residues and aquatic weeds[J]. Resources Conservation and Recycling, 1989, 3(1) :33-45.

[20] KUMAR S. Studies on efficiencies of bio gas production in anaerobic digesters using water hyacinth and night-soil alone as well as in combination[J]. Asian J Chem, 2005, 17 :934-938.

[21] MATSUMURA Y. Evaluation of supercritical water gasification and biomethanation for wet biomass utilization in Japan[J]. Energy Conversion and Management, 2002, 43 :1301-1310.

[22] 兰吉武, 陈彬, 曹伟华, 等. 水葫芦厌氧发酵产气规律[J]. 黑龙江科技学院学报, 2004, 14(1) :18-21.

[23] 魏世清, 覃文能, 李金怀, 等. 水葫芦与猪粪混合厌氧发酵产沼气研究[J]. 广西林业科学, 2008, 37(2) :81-83.

[24] 查国君, 曾国揆, 张无敌, 等. 水葫芦发酵产气潜力的实验研究[J]. 能源工程, 2006(6) :50-51.

[25] 查国君, 张无敌, 尹芳, 等. 滇池水葫芦固液分离后的沼气发酵研究[J]. 中国野生植物资源, 2008, 27(1) :36-38.

[26] 胡晓明, 查国君, 张无敌, 等. 水葫芦汁中温沼气发酵的实验研究[J]. 能源工程, 2008(2) :36-38.

[27] 王庆海. 水葫芦的综合利用[J]. 杂草科学, 2006(3) :6-9.

[28] 国家海洋局第三海洋研究所. 利用新技术将水葫芦变成新的饲料来源[J]. 福建农业科技, 2005(2) :60-60.

[29] 庄益芬, 张文昌, 张丽, 等. 添加剂对水葫芦青贮品质的影响[J]. 中国农学通报, 2007, 23(9) :32-35.

[30] MUKHERJEE R, NANDI B. Improvement of in vitro digestibility through biological treatment of water hyacinth biomass by two pleurotus species[J]. International Biodeterior & Biodegradation, 2004, 53 :7-12.

[31] 卢隆杰, 苏浓, 岳森. 低投入、高产出、多用途的凤眼莲[J]. 吉林畜牧兽医, 2003(12) :26-27.

[32] 刘剑彤. 有机-无机复合肥[J]. 科技开发动态, 2004(12) :20.

[33] MEKAIL M, MAWLY S, ZANOUNY I. The application of water hyacinth as a supplemental source of K for wheat and barley grown on a sandy soil[J]. Assiut Journal of Agricultural Sciences, 1999, 30(2) :73-82.

[34] 黄东风, 李清华, 陈超. 水葫芦有机肥料的研制与应用效果[J]. 中国土壤与肥料, 2007(5) :48-52.

[35] 彭青林. 水葫芦的开发利用[J]. 资源开发与市场, 2003, 19(1) :32-33.

[36] 汪禄祥, 刘家富, 束继红, 等. 有害杂草的微量元素分析[J]. 广东微量元素科学, 2002, 5(6) :68-71.

[37] 吴文标, 刘伟. 水葫芦叶蛋白开发研究现状及发展趋势[J]. 天然产物研究与开发, 2007, 19(S1) :373-377.

[38] 卢景顺, 吴贻群, 邓素英, 等. 水葫芦叶制取叶绿素铜盐的工艺研究[J]. 现代食品科技, 2006, 22(4) :173-174.

[39] BARAI B K, SINGHAL R S, KULKARNI P R. Optimization of a process for preparing carbon xymethyl cellulose from water hyacinth(*eichhornia crassipes*) [J]. Carbohydrate Polymers, 1997, 32 :229-231.

[40] BODO R, AHMANACHE K, HAUSLER R, et al. Optimized extraction of total proteic mass from water hyacinth dry leaves[J]. Journal of Environmental Engineering Science, 2004, 3(6) :529-536.

[41] GOSWAMI T, SAIKIA C N. Water hyacinth a potential source of raw material for greaseproof paper[J]. Bioresource Technology, 1994, 50(3) :235-238.

[42] 张祖堂, 林革, 方金辉, 等. 利用水葫芦栽培草菇实验初报[J]. 福建农业科技, 1997(6) :15.

[43] POTTYARAJ P, PANEHADPEEH P, CHUAYJULJIT S. Using watel hyacinth fiber as a filler in natural rubber[J]. Journal of Scientific Research of Chulalong Korn University, 2001, 26(1) :11-18.

[44] PENG P S, CHAWAKITELHAREON P, KRASINSRI R. Removal of heavy metal ions by lignocellulosic-formaldehyde ion exchange resin produced from water hyacinth[J]. J Sei Res, 1997, 22(1) :35-42.

(收稿日期 2009-08-04 编辑:高渭文)

.....
(上接第 65 页)

参考文献 :

[1] 刘晨, 伍丽萍. 水污染造成的经济损失分析计算[J]. 水资源保护, 1998(2) :26-30.

[2] 倪红珍. 水经济价值和政策影响研究[D]. 北京 :中国水利水电科学研究院, 2007.

[3] 张增强. 我国水污染经济损失研究[D]. 北京 :中国水利水电科学研究院, 2005.

[4] 倪红珍. 基于绿色核算的水资源价值与价格研究[D]. 北京 :中国水利水电科学研究院, 2004.

[5] 中国水利水电科学研究院. 水利与国民经济协调发展研究项目[R]. 北京 :中国水利水电科学研究院, 2004.

[6] 李锦秀, 徐嵩龄. 流域水污染经济损失计量模型[J]. 水利学报, 2003(10) :68-74.

[7] 吴泽宁. 郑州市水资源及其开发利用综合评价[R]. 郑州 :郑州大学, 2006.

[8] 郑州市水利局. 郑州市水资源公报[R]. 郑州 :郑州市水利局, 2000-2005.

[9] 郑州市统计局. 郑州市统计年鉴[M]. 北京 :中国统计出版社, 2000-2005.

[10] 葛吉琦. 江苏太湖地区水污染损失估算[J]. 环境科学, 1991, 13(2) :68-72.

(收稿日期 2009-08-03 编辑:高渭文)