

DOI :10.3969/j.issn.1004-6933.2012.04.019

民勤红崖山水库生态系统服务功能的经济价值

巩 杰 , 降同昌 , 谢余初 , 赵彩霞 , 岳东霞

(兰州大学西部环境与气候变化研究院西部环境教育部重点实验室,甘肃 兰州 730000)

摘要 :以干旱区典型沙漠水库——红崖山水库为例,估算干旱区水库生态系统服务的经济价值。结果表明 2007 年红崖山水库生态系统服务功能的静态和动态生态价值分别为 4.525 2 亿元/a 和 3.529 7 亿元/a,其生态系统服务功能的价值主要有:水源涵养 1.453 9 亿元/a、废物处理 1.296 9 亿元/a 和食物生产 1.253 0 亿元/a,分别占水库生态系统服务功能静态生态价值的 32.13%、28.65% 和 27.69%,而其他的生态系统服务功能如生物多样性保护、娱乐文化、气候调解等仅占 11.53%。

关键词 :生态系统;价值评估;水库生态系统;红崖山水库;中国干旱区

中图分类号 :Q14 ;Q149 文献标识码 :A 文章编号 :1004-6933(2012)04-0082-05

Economic value of ecosystem services of Hongyashan Reservoir in Minqin County, an arid area of China

GONG Jie, JIANG Tong-chang, XIE Yu-chu, ZHAO Cai-xia, YUE Dong-xia

(Key Laboratory of Western China's Environmental Systems (Ministry of Education),

Research School of Arid Environment and Climate Change, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

Abstract : A case study was conducted in the Hongyashan Reservoir, a typical desert reservoir in an arid area of China, to evaluate the economic value of the ecosystem services. The results show that the static value and dynamic value of the ecosystem services of the Hongyashan Reservoir were 452.52 million yuan and 352.97 million yuan, respectively, in 2007. The economic values were derived from water conservation (145.39 million yuan per year), sediment and waste assimilation (129.69 million yuan per year), food production services (125.30 million yuan per year), and other services (including biodiversity conservation, entertainment and culture, and climate regulation), accounting for 32.13%, 28.65%, 27.69%, and 11.53%, respectively, of the static value of the ecosystem services of the reservoir.

Key words : ecosystem service; value evaluation; reservoir ecosystem; Hongyashan Reservoir; arid area of China

生态系统服务功能是指生态系统与生态过程所形成及所维持的人类赖以生存的条件与效用^[1-4]。它是人类赖以生存和发展的基础,是人类所拥有的、关键的自然资本,与人工资本、人力资本一起构成人类福利^[5]。生态系统服务功能的变化直接影响着人类的福利状况,维持和保育生态系统服务功能是社会经济的可持续发展的基础。当前,多数生态系统服务研究多是从物理量和价值量两个方面分析和探讨生态系统服务价值,发展了针对不同生态系统服务的评价方法与货币化测算^[4-8]。文献[9-13]进一步

探讨和完善了 Costanza 等^[4]的生态系统服务价值评估理论、评价模型与方法等。总的来说, Costanza 等^[4]提出的单位面积生态系统服务价值研究是基于全球静态总平衡输入输出模型的评估和基于全球静态部分平衡模型的评估,是与生态系统结构和功能有关的生态系统本身的价值,是生态系统服务的静态价值,并且对生态系统服务的空间异质性考虑不足。谢高地等^[13]虽对生态系统价值系数等进行了修订,得到了“中国陆地生态系统单位面积生态系统服务价值当量因子表。”但仍属于静态生态价值研

基金项目 :国家自然科学基金(40801038 & 41021091),中国博士后科学基金(20080430790),甘肃省科技支撑计划(09NKCA113)

作者简介 :巩杰(1975—),男,副教授,博士,主要从事土地变化科学、景观生态学和生态系统管理等方面的研究与教学。E-mail :jgong@lzu.

究。而在实际应用于指导以社会、经济、生态综合效益最大为目标的流域水土资源优化配置决策时,由于静态生态价值并不能反映资源的稀缺程度和随社会经济发展水平变化的对生态价值的支付意愿,因而,这些研究成果难以得到应用。大量研究表明,生态价值的定量评估不仅是可能的,而且是高效、合理配置竞争性需求的环境资源的基础^[1,3-4,13-14]。因此,进行生态价值的量化评估,并将其纳入国民经济核算体系,才能促进自然资本开发的合理决策,有利于保护生态系统并最终有利于人类自身的可持续发展^[3,5]。这一点在水土资源稀缺地区(如干旱区)尤为重要^[5]。如何将这种无法在市场上公开交易的生态价值转化为现实价值,直接指导管理决策是生态学家、经济学家共同面临的挑战。李金昌^[14]提出用社会发展阶段系数来校正生态价值核算结果。Wilson等^[15]通过转移法研究景观的生态价值。栗晓玲等^[16]建立了基于发展阶段系数和资源紧缺度的生态价值动态估算方法,可为有效地开展生态系统服务价值评估与生态系统有效管理和决策支持提供数据支撑和科学依据。

水资源是制约干旱区、半干旱区社会经济良性发展的关键因子。水资源的多寡、时空分布的均衡程度等直接关系到干旱区绿洲的发展状况,威胁着人类健康和生态安全以及区域生态安全。水库是一种介于河流与湖泊之间的半人工半自然的水体^[17],水库的修建是调解水资源时空分布的主要手段,在灌溉、防洪、养殖等方面起着巨大的作用^[18-21],在改善水资源利用、处理和减轻中国所面临的问题和挑战方面,水坝建设仍将是有效的方法^[22],在干旱区、半干旱区尤为重要。但是,水坝对生态环境的影响仍存在着持续的争论^[20-21]。虽然,目前已有学者对水库生态系统服务功能进行了研究^[23-26],但对干旱区的水库生态系统服务的研究却鲜有报道。笔者拟开展红崖山水库生态系统服务功能的实际静态生态价值及其转化为现实可接受的动态价值的量化评估,为生态价值研究成果进一步应用在水资源配置与管理中提供途径^[27-28],以期对干旱区的水库研究提供参考,为干旱区水资源利用、水库生态系统管理^[28-30]及区域可持续发展政策实施等提供科学支撑。

1 研究区概况

红崖山水库位于河西走廊东北部,石羊河下游,处于腾格里和巴丹吉林两大沙漠的包围之中,四周环绕沙漠和盐碱荒漠,处于甘肃省民勤县境内的黑山与红崖山前谷地中,距民勤县城 30 km,是一座沙漠洼地蓄水工程和亚洲最大的沙漠水库。水库始建于 1958 年,经初建、加固续建、扩建而成,于 1980 年

最后建成^[31]。水库面积为 30 km²,2007 年的蓄水量为 1.9 亿 m³^[32]。它是以灌溉为主兼防洪和养鱼的大型水利工程。

2 研究方法

2.1 数据来源

民勤县粮食作物的单产、面积、恩格尔系数、来水量、耕地面积、农业产值和 GDP 数据均源于文献^[33]。红崖山水库的土地利用类型对应为水体。

2.2 静态生态价值计算方法

Costanza 等^[4]的研究使生态系统服务价值评估的原理和方法从科学意义上得以明确,但该项研究中某些数据存在较大偏差,如对耕地的估计过低,对湿地又偏高等,引起学者广泛而强烈的争论^[13,33-35]。我国学者谢高地等^[13]在 Costanza 等^[4]提出的评价模型基础上,通过对国内生态学学者的问卷调查,得出了“中国陆地生态系统服务价值当量因子表”,该表定义 1 hm²全国平均产量的农田每年自然粮食产量的经济价值为 1,其他生态系统生态服务价值当量因子是指生态系统产生该生态服务相对于农田食物生产服务贡献的大小,并确定单位生态服务价值当量因子的经济价值量等于全国平均粮食单产市场价值的 1/7,以此将价值因子表转换成生态系统服务单价表。根据谢高地等^[13]的方法,依照式(1)^[37],计算出红崖山水库所在民勤县单位面积农田生态系统提供粮食生产服务功能的经济价值,参照“中国陆地生态系统服务价值当量因子表”,计算出红崖山水库各类生态系统服务功能的单位面积经济价值(表 1)。

表 1 红崖山水库生态系统服务构成及其价值

生态服务功能类型	水体生态系统单位面积生态服务价值当量 ^①	红崖山水库单位面积生态价值/(元·hm ⁻²)	红崖山水库的生态系统服务价值/亿元	价值比例/%
气体调节	0.00	0.00	0	0
气候调节	0.46	1093.90	0.0328	0.73
水源涵养	20.38	48463.60	1.4539	32.13
土壤形成与保护	0.01	23.78	0.0007	0.02
废物处理	18.18	43232.00	1.2969	28.65
生物多样性保护	2.49	5921.20	0.1776	3.92
原材料	0.10	23.78	0.0700	0.02
娱乐文化	4.34	10320.50	0.3096	6.84
食物生产 ^②			1.2530	27.69
总计			4.5252	

注:①水体生态系统单位面积生态服务价值当量摘自《中国陆地生态系统单位面积生态服务价值当量表》^[31];②食物生产指的是水库放水灌溉农田后产生的各种食物的价值综合。

$$E_a = 1/7 \sum_{i=1}^n m_i p_i q_i / M \quad (1)$$

式中: E_a 为农田生态系统提供食物生产服务功能的经济价值,元/hm²; i 为作物种类,红崖山水库所在

民勤县主要作物为小麦、玉米和棉花; m_i 为 i 种粮食作物面积, hm^2 ; p_i 为 i 类作物全国平均价格, 元/ t ; q_i 为 i 种粮食作物单产, t/hm^2 ; M 为粮食作物总面积, hm^2 。

红崖山水库的生态系统服务价值计算(除食物生产价值之外),其计算公式为

$$V = A \sum_{i=1}^n X_i E_a \quad (2)$$

式中: V 为生态系统服务价值, 元/ a ; A 为红崖山水库的面积, hm^2 ; X_i 为 i 类服务功能的价值当量因子。

2.3 灌溉粮食增产价值

红崖山水库生态系统价值的一个重要组成是它的农田灌溉粮食增产价值,考虑到干旱区“无灌溉就无农业生产”这一现实情况,采用灌溉粮食增产价值来估算红崖山水库的灌溉粮食生产服务价值。虽然民勤县粮食的产量与灌溉、农技、品种、化肥、农药等因素有关,但满足粮食作物生长的需水要求,则是保证灌溉粮食产量的关键因子。因此,红崖山水库的灌溉粮食增产价值评估的计算式为

$$V_{\text{灌}} = FG(B/C)(D/E) \quad (3)$$

式中: $V_{\text{灌}}$ 为灌溉粮食增产价值, 元/ a ; F 为效益分摊系数, %; G 为水利用率, %; B 为灌溉水量, m^3 ; C 为保证单位面积作物正常生长的需水量, m^3/hm^2 ; D 为农业生产总值, 元/ a ; E 为农田面积, hm^2 。

2.4 红崖山水库的静态生态总价值

红崖山水库静态生态总价值包含基于 Costanza 等^[4]和谢高地等^[13]估算的生态系统服务价值 V 和灌溉粮食增产价值 $V_{\text{灌}}$ 两部分,在上述部分生态系统服务价值计算的基础上,红崖山水库总的静态生态系统服务价值的具体计算公式为

$$V_{\text{总}} = V + V_{\text{灌}} \quad (4)$$

式中: $V_{\text{总}}$ 为静态生态总价值, 元/ a 。

2.5 动态生态价值的估算方法

利用上述方法得出的结果,是生态系统服务功能的静态生态价值,它并不能反映资源的稀缺程度和社会经济发展变化对生态价值的支付意愿。为此,采用发展阶段系数^[14]和资源紧缺度^[16]来修正静态生态价值,以便尽可能地反映出现有社会发展水平和资源稀缺程度下的现实价值。动态生态价值是指某一区域的生态系统服务功能在特定人群一定支付意愿下的货币价值^[16]。资源紧缺度在资料缺乏时,可用关键因子来替代,其计算式为

$$Q = M/N \quad (5)$$

式中: Q 为资源紧缺度; M 为维持生态系统良性循环的资源需求量; N 为资源的实际存量。

由于水资源是制约民勤绿洲生态系统的关键因子,因而可用最大生态需水量与实际生态用水量之

比来替代民勤县的资源紧缺度,则红崖山水库生态系统服务的动态价值的计算式为

$$V_{\text{ES}} = PQV_{\text{总}} \quad (6)$$

其中 $P = 1/(1 + e^{-t})$ (7)

$$t = (1/E_n) - 3 \quad (8)$$

式中: V_{ES} 为动态生态价值; P 为发展阶段系数; t 为社会发展阶段; E_n 为恩格尔系数(一个国家或地区人民的食品支出与总消费支出的比值,用于衡量人们的生活水平)。

3 结果与分析

根据民勤县 2007 年国民经济与社会发展统计公报^[33]得知:主要作物小麦、玉米、籽棉的单产分别为 $7.29 t/\text{hm}^2$ 、 $9.18 t/\text{hm}^2$ 、 $3.56 t/\text{hm}^2$,面积分别为 10486.9 hm^2 、 4025.7 hm^2 、 18246.7 hm^2 。2007 年全国小麦、玉米、籽棉的平均价格分别为 1480 元/ t 、 1500 元/ t 、 5800 元/ t 。把上述数据代入式(1),得 E_a 为 2378 元/ hm^2 。将 E_a 值代入价值当量因子表,得到红崖山水库的单位面积生态系统服务的经济价值系数(表 1)。将所得的生态系统服务价值系数代入式(2),得 V 为 3.2722 亿元/ a 。

依据民勤县农机推广中心对民勤县农作物用水量多年的调查材料^[33,38],小麦、棉花(大田漫灌)、地膜玉米的用水量分别为 $7350 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 、 $5200 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 、 $7200 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。按主要作物最高需水量 $7350 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 来计算,效益分摊系数为 0.65 ^[38],灌溉水利用系数 $0.62 \sim 0.69$ ^[38],取其平均值为 0.66 ,红崖山水库年放水量 1.44 亿 m^3 ,农业产值 9.12 亿元,耕地面积 61173.33 hm^2 ^[33]。将以上数据代入式(3),得灌溉粮食增产价值($V_{\text{灌}}$)为 1.253 亿元。将 V 、 $V_{\text{灌}}$ 代入式(4),得总静态生态价值为 4.5252 亿元/ a 。

将民勤县 2007 年恩格尔系数 0.58 ^[33]代入式(7)–(8),得民勤县的发展阶段系数为 0.22 。

20 世纪 50 年代影响民勤绿洲生态系统服务功能的水资源相对丰富,因此可用 20 世纪 50 年代平均来水量 5.42 亿 m^3 作为最大生态需水量^[39],2007 年 1.5827 亿 m^3 ^[33]用作实际用水量,将其代入式(5),可得资源紧缺度为 3.55 。将 P 、 Q 、 $V_{\text{总}}$ 值代入式(6),得红崖山水库的动态价值为 3.5297 亿元/ a 。

经上述计算,可知 2007 年红崖山水库生态系统服务功能的静态价值为 4.5252 亿元/ a 。可以看出,红崖山水库生态系统服务功能主要为:水源涵养 1.4539 亿元/ a 、废物处理 1.2969 亿元/ a 和食物生产 1.2530 亿元/ a 。这 3 部分分别占水库生态系统服务功能的 32.13% 、 28.65% 和 27.69% ,而其他的生态系统服务功能如生物多样性保护、娱乐文化、气候调解等仅占 11.53% (表 1)。

笔者采用资源紧缺度和社会发展阶段系数等估算得到 2007 年红崖山水库生态系统服务功能的动态经济价值为 3.5297 亿元/a,占水库静态经济价值的 78%。可见,在干旱区,社会经济发展水平和水资源的稀缺性影响着人们对水库生态系统服务价值的支付意愿的大小。即水资源紧缺度愈大(愈紧缺)或者随着社会经济发展水平的越高(社会越发展)红崖山水库的生态系统服务价值(即当地的水资源的服务价值)也就越大,人们的对水库生态系统服务功能的支付意愿越高。

4 结 语

笔者以典型沙漠水库——红崖山水库为例,开展了干旱区水库的生态系统服务的经济价值估算。结果表明,红崖山水库具有多种生态服务功能,其经济价值为 4.5252 亿元/a,主要生态服务功能是水源涵养 1.4539 亿元/a、废物处理 1.2969 亿元/a 和食物生产 1.2530 亿元/a 等,这与水库所处地理位置的特殊性及其灌溉、防洪和水源涵养等功能是相一致的。水库建设在防洪减灾、调蓄水量、灌溉发电等方面带来巨大的经济效益和社会效益的同时^[17-18, 26-30],也对河流进行了控制^[20-21],从而使整个河流生态系统发生变化^[18, 21, 28-29, 40]。客观评价水库生态系统服务功能及其对区域环境的影响,对完善我国水库工程环境影响评价和水库生态系统管理和保护均具有重要意义。本研究可为红崖山水库生态系统服务经济价值的公众认知和水库生态系统管理提供科学依据和参考应用。

需要说明的是,该研究属于探索性工作,仅估算了红崖山水库生态系统服务功能的经济价值和水库生态系统服务的正效应,忽视了负效应^[41]和水库的存在价值和遗产价值,如红崖山水库蓄水挤占库区下游的生态用水导致沙漠化加剧等。另外,笔者采用影响干旱区生态系统的关键因子——水资源的紧缺度来反映资源紧缺度的方法,仅适用于干旱区,对水库生态系统服务的动态价值估算,尚待进一步分析和完善^[17, 41]。

参考文献:

[1] DAILY G C. Nature's service :social dependence on natural ecosystem[M]. Washington D. C. :Island Press ,1997 :1-12.
 [2] 欧阳志,王如松,赵景柱. 生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J].应用生态学报,1999,10(5):635-640.
 [3] Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystem and human wellbeing :biodiversity synthesis[R]. Washington D. C. :World Resource Institute, 2005 :1-32.
 [4] CONSTANZA R, d'ARGE R, de GROOT R, et al. The value of the world's ecosystem services and nature capita[J]. Nature ,

1997,386:253-260.
 [5] 张志强,徐中民,王建,等.黑河流域生态系统服务的价值[J].冰川冻土,2001,23(4):360-366.
 [6] 宗文君,蒋德明,阿拉木萨.生态系统服务价值评估的研究进展[J].生态学杂志,2006(2):212-217.
 [7] BJORKLUND J, LIMBURG K E, RYDBERG T. Impact of production intensity on the ability of the agricultural landscape to generate ecosystem services :an example from Sweder[J]. Ecological Economics,1999,29:269-291.
 [8] BOLUND P, HUNHAMMAR S. Ecosystem service in urban area[J]. Ecological Economics,1999,29:293-301.
 [9] AYRES R U. The price - value paradox[J]. Ecological Economics,1998,25:17-19.
 [10] SERAFY S. Pricing the invaluable :the value of the world's ecosystem service and natural capital [J]. Ecological Economics,1998,25:25-27.
 [11] 陈仲新,张新时.中国生态系统效益的价值[J].科学通报,2000,45(1):17-22.
 [12] 谢高地,鲁春霞,成升魁,等.全球生态系统服务价值评估研究进展[J].资源科学,2001,23(6):2-9.
 [13] 谢高地,鲁春霞,冷允法,等.青藏高原生态资产的价值评估[J].自然资源学报,2003,18(2):189-195.
 [14] 李金昌.生态价值论[M].重庆:重庆大学出版社,1999:28-36.
 [15] WILSON A M,STEPHEN R C. Economic valuation of freshwater ecosystem services in the United States(1971-1997) [J]. Ecological Applications,1999,9(3):772-783.
 [16] 粟晓玲,康绍忠,佟玲.内陆河流域生态系统服务价值的动态估算方法与应用:以甘肃河西走廊石羊河流域为例[J].生态学报,2006,26(6):2011-2019.
 [17] 林秋奇,韩博平.水库生态系统特征研究及其在水库水质管理中的应用[J].生态学报,2001,21(6):1034-1040.
 [18] 肖建红,施国庆,毛春梅,等.水坝对河流生态系统服务功能影响评价[J].生态学报,2007,27(2):526-538.
 [19] JIM T. A Barrage of criticism[EB/OL].[2012-06-05]. <http://www.economist.com/node/423621>
 [20] PETTS G. Impounded rivers :perspectives for ecological management[M]. New York :Chichester, Wiley,1984.
 [21] The World Commission on Dams. The report of the world commission on dams :dams and development[R]. London, Sterling :Earth Scan Publication Ltd. ,2000 :1-16.
 [22] 高季章.建立生态环境友好的水电建设体系[J].中国水利,2004(13):6-9.
 [23] 李景保,刘春平,王克林,等.湖南省大型水库服务功能的经济价值评估[J].水土保持学报,2005,19(2):163-166.
 [24] 孔琼菊,方国华,马秀峰.柘林水库的生态服务功能与价值评估[J].人民长江,2008,39(6):85-88.
 [25] 韩慧丽,靖元孝,杨丹菁,等.水库生态系统调节小气候及净化空气细菌的服务功能:以深圳梅林水库和西丽水库为例[J].生态学报,2008,28(8):3553-3562.
 [26] 张敬松,王捷,王洪禄.白石水库生态系统服务价值评

价[J].安徽农业科学 2008 36(9):3860-3862.

[27]斯卡特.大坝的未来[M].齐晔,杨明影,译.北京:科学出版社,2008:1-24.

[28]ROSENBERG D M,Mc CULLY Y P,PRINGLE C M. Global environmental effects of hydrological alterations: introduction [J].Bioscience 2000 50(9):746-751.

[29]祁继英,阮晓红.大坝对河流生态系统的环境影响分析[J].河海大学学报:自然科学版,2005 33(1):37-40.

[30]CHEN Guo-sheng,ZHANG Jian-hui,CHEN Chan. The research on restrictive factors and countermeasures of environment governance in reservoir:an experimental study on Shanxi hydraulic project in Wenzhou[J].Energy Procedia, 2011(5):725-733.

[31]《民勤县志》编撰委员会.民勤县志[M].兰州:兰州大学出版社,1994:25-38.

[32]马金珠,朱中华,于保静.石羊河流域水环境演化与水资源可持续利用[M].兰州:兰州大学出版社,2005:12-26.

[33]民勤县统计局.民勤县2007年国民经济和社会发展统计公报[R].民勤:民勤县统计局,2008.

[34]TOMAN M. Why not to calculate the value of the world's

ecosystem services and natural capital[J].Ecol Econ,1998, 25:57-60.

[35]TURNER P K,ADGER W N,BROUWER R. Ecosystem services value, research needs, and policy relevance: a commentary[J].Ecol Econ,1998 25:61-65.

[36]BALMFORD A,BRUNER A,COOPER P,et al. Economic reasons for conserving wild nature[J].Science 2002 297:950-953.

[37]肖玉,谢高地,安凯.莽措湖流域生态系统服务功能经济价值变化研究[J].应用生态学报,2003,14(5):676-680.

[38]甘肃省水利厅.甘肃省1-5万亩灌区续建配套与节水改造规划[R].兰州:甘肃省水利厅,2007:13-18.

[39]丁宏,王贵玲,黄晓辉.红崖山水库水量减少与民勤绿洲水资源危机分析[J].中国沙漠,2003(1):84-89.

[40]陈绍金,王勇泽,刘华平,等.湖南皂市大坝对河流生态系统的影响因子辨析[J].水资源保护,2010,26(6):47-50.

[41]李文华.生态系统服务功能价值评估的理论、方法与应用[M].北京:中国人民大学出版社,2008:26-33.

(收稿日期:2011-09-16 编辑:徐娟)

(上接第60页)制排污总量的要求计算的污染物削减率^[7]。以汾河干流主要行政区为单元,达标排放后COD、NH₃-N入河量分别为38247t/a和5510t/a,仍不能满足各水功能区的水质目标,仍需削减15936t/a和4356t/a。达标排放后COD、NH₃-N平均削减率41.7%和79.0%,各行政区主要污染物削减率见图2。

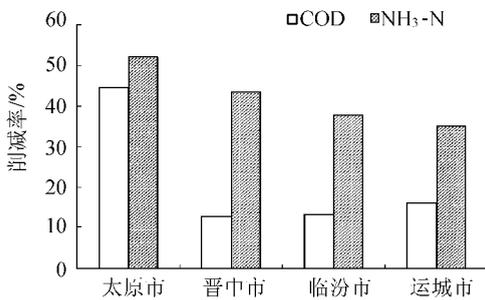


图2 达标排放后各行政区主要污染物削减率

5 结语

经计算,汾河复流前COD和NH₃-N的纳污能力分别为21687t/a和975t/a,其中开发利用区纳污能力分别为20875t/a和941t/a,占各功能区纳污能力总和的96.3%和96.6%。

复流后各功能区COD和NH₃-N的纳污能力分别为30275t/a和1283t/a,总纳污能力分别较复流前增加39.6%和31.6%。限制排污总量分别为25139t/a和1158t/a,污染物削减量分别为24704t/a和7857t/a,平均削减率分别为49.6%和87.2%。

若各入河排污口达标排放后,COD、NH₃-N 仍要削减15936t/a和4356t/a。

可见要达到“汾河清水复流”的水质目标要求,污染源达标排放是远远不够的,必须依据限制排污总量进行控制:①要以水功能区管理为载体,依法向环保部门提出限制排污的意见;②要加强重要断面的水质监测以及入河排污总量的监控,将确定的水功能区纳污能力作为污染物减排依据和河道管理依据;③强化入河排污口审批和监督检查,严格污染物总量控制和污染物浓度控制,确保水质目标的最终实现^[8]。

参考文献:

[1]张晓斌,张建国,白继中.汾河水环境容量计算及特征分析[J].水资源与水工程学报,2010(2):135-138.

[2]韩龙喜,朱党生,蒋莉华.中小型河流纳污能力计算方法研究[J].河海大学学报:自然科学版,2003(1):35-38.

[3]张永良,刘哲晋.水环境容量综合手册[M].北京:清华大学出版社,1991.

[4]宋宏杰,马军霞,左其亭.郑州市水环境承载能力计算及调控对策[J].郑州大学学报:工学版,2005(1):103-107.

[5]卢伟.浙江省主要饮用水源地水环境承载能力与对策[J].水文,2003(5):38-41.

[6]陈永灿,刘昭伟.三峡水库水环境承载能力的评价和分析[J].水科学进展,2005(5):715-719.

[7]王秀兰,李红亮.河北省水环境承载能力及污染物总量控制方案研究[J].海河水利,2004(4):31-33.

[8]汪恕诚.水环境承载能力分析 with 调控[J].水利发展研究,2003(1):2-6.

(收稿日期:2011-10-10 编辑:徐娟)