

基于生态服务价值的永定河(北京段) 生态修复效果评价

刘培斌¹, 沈来新¹, 刘俊国², 高晓薇¹, 王国青¹

(1. 北京市水利规划设计研究院, 北京 100048; 2. 北京林业大学, 北京 100083)

摘要: 永定河面临着水资源短缺、河道断流、水污染加剧、水生态系统严重退化等生态环境问题, 极大地影响了其发挥河流生态服务价值, 制约了沿岸地区社会经济发展。本文根据“千年生态系统评估报告”, 提出了不同功能类型河流生态服务价值评估方法, 对不同生态修复目标的永定河生态服务价值及生态修复效果进行定量评价, 可为生态修复技术方案优化和水资源配置提供科学依据。

关键词: 永定河; 生态服务价值; 生态修复; 效果评价

doi: 10.13928/j.cnki.wrahe.2016.04.003

中图分类号: X171(21)

文献标识码: B

文章编号: 1000-0860(2016)04-0009-05

Ecosystem service value-based assessment on effect of eco-restoration of Yongdinghe River(Beijing Section)

LIU Peibin¹, SHEN Laixin¹, LIU Junguo², GAO Xiaowei¹, WANG Guoqing¹

(1. Beijing Institute of Water, Beijing 100048, China; 2. Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: Faced with the problems from the eco-environment, such as shortage of water resources, river cutoff, aggravation of water pollution, serious degradation of water ecosystem, etc., the realization of the ecosystem service value of Yongdinghe River is greatly impacted, and then the socio-economic development along the river is largely restricted as well. In accordance with the the“Millennium Ecosystem Assessment Report”, the methods for assessing the ecosystem service values of the river with various kinds of functions are proposed herein, and then the quantitative assessments on the ecosystem service values and eco-restoration effects of Yongdinghe River for various eco-restoration objectives are made; which can provide the scientific basis for the optimization of the technical scheme for the eco-restoration and the allocation of the water resources concerned.

Key words: Yongdinghe River; ecosystem service value; eco-restoration; effect assessment

永定河是北京的母亲河, 北京境内流域面积为 3 168 km², 长约 170 km。为推动生态文明建设, 促进“人文北京、科技北京、绿色北京”发展, 永定河被定位为“京西绿色生态走廊与城市西南的生态屏障”, 对北京可持续发展意义重大。但永定河面临着水资源短缺、河道断流、水污染加剧、水生态系统严重退化等生态环境问题, 极大地影响了其发挥河流生态服务价值, 制约了沿岸地区社会经济的发展。北京市委市政府高度重视永定河保护和修复工作, 于 2009~2011 年实施了永定河绿色生态发展带工程, 开展了永定河(城市段)18.4 km 的生态修复。

河流生态修复是以生物修复为基础, 结合各种物

理修复、化学修复以及工程技术措施的生态修复过程, 逐步实现水利工程的近自然化, 缓解或去除人类生产活动对于河流生态系统造成的负面影响, 全面提升河流生态系统的功能价值。由于河流生态系统存在不同的生态环境问题, 河流生态修复控制目标以及生态修复效果存在差异, 因此选择适宜生态修复方案^[1], 并开展生态修复效果评价十分必要。

收稿日期: 2015-10-19

基金项目: 北京市重大科技计划项目“永定河生态构建与修复技术研究及示范”(No. D090409004009003)资助。

作者简介: 刘培斌(1962—), 男, 教授级高级工程师。

本文根据“千年生态系统评估”报告,提出了不同功能类型河流生态服务价值评估方法,对不同生态修复目标下永定河生态服务价值及生态修复效果进行定量评价,可为生态修复技术方案优化和水资源配置提供科学依据。

1 河流生态服务价值分类及其评价方法

根据“千年生态系统评估”(Millennium Ecosystem Assessment)报告^[2],结合河流生态系统提供服务的机制和效用,可将永定河生态系统服务功能划分为供给功能、调节功能、文化功能和支持功能4大类^[3]。生态服务功能价值评估方法包括替代成本法(replacement cost technique)、机会成本法(opportunity cost approach)、恢复和防护费用法(recovery and preventive approach)、影子工程法(shadow project approach)、旅行费用法(TCM)、资产价值法或享乐价格法(HPM)等^[4-6]。

1.1 供给服务

河流生态系统供给服务是指河流为人类生产和生活提供宝贵资源的能力,主要包括供水功能、渔业生产功能和水力发电功能。(1)供水功能。河流是淡水贮存和保持的重要场所,是人类最主要的淡水水源。河流不仅为人类和动物提供饮用水,也为植物的生长发育和繁殖提供代谢用水,更为农业灌溉、工业生产以及城市生态环境用水等提供保障。(2)渔业生产。通过在水库、河流、池塘中养殖鱼类,种植莲藕等水生植物,可以为居民提供所需的水产品。同时水生的花卉可相应增加河流景观价值,观光休闲渔业对于旅游业的发展也有一定的促进作用。(3)水力发电。是指利用河流、湖泊等位于高位能的水流至低位,将其中所含的位能转换成水轮机的动能,再利用水轮机作为原动机,推动发电机产生电能。河流水力发电的功能价值的基础是水资源位能变换,其价值表现形式与量化的载体是水电站的发电量。

河流水供给功能的评价利用市场价值法,利用现行水价,把各类用水量作为考核指标,衡量供水的价值。渔业生产也是通过市场价值法,利用捕获水产品量乘以市场价值评估。水力发电价值计算采用市场价值法,采用水利发电总量乘以水利发电价格计算。

1.2 调节服务

河流生态系统的调节服务是指其提供的有利于生产和生活的环境条件与效用,主要包括:水资源存贮、洪水调蓄、河流输沙、水质与空气净化、大气调节等。(1)水资源存贮。河流除了为人类提供可用的水以外,还是天然的容器,起到存贮水源、补充和调

节周围湿地径流及地下水水量的作用,可稳定地保持区域内的水资源总量。(2)调蓄洪水。洪水的调蓄是水生态系统自身水循环的一个过程,能够起到调节作用,间接为人类减轻洪水威胁。河流湿地具有巨大的渗透能力和蓄水能力,可以通过减缓洪水流速、消减洪峰、弱化洪水的冲击力。(3)河流输沙。河流具有运移泥沙、冲刷河床上的淤积物和疏通河道的作用。河流泥沙大量沉积,将使河床抬高,流速下降,造成河流调蓄洪水能力大大降低。(4)净化功能。河流生态系统能够通过稀释、吸附、过滤、扩散、氧化还原等一系列物理和生物化学反应将随工业废水、生活污水等排入河流的污染物加以净化。(5)大气调节。河道中的浮游植物、原生藻类和河岸带的各种湿生植物为获得生长发育必需的养分,通过光合作用固定大气中的 CO_2 ,同时释放 O_2 ,起到调节大气组分的作用。

水资源贮水功能价值利用替代工程法进行计算,按照水资源总量乘以单位蓄水量的库容成本计算。用替代工程法计算调蓄功能价值,综合考虑水库、河道的洪水调蓄能力和单位水库库容造价。河流输沙功能价值用替代工程法进行计算,采用河流年输沙量乘以人工清洁河道成本费用获得。水质净化功能价值利用替代工程法进行计算,需综合考虑河流的纳污能力与处理成本。大气调节功能可以考虑用造林成本法计算固碳价值及释氧价值,即采用固定 CO_2 或释放 O_2 的量乘以造林成本。

1.3 文化服务

文化服务功能指的是人类通过认知发展、主观映像、消遣娱乐和美学体验,从自然生态系统获得非物质利益,主要体现在旅游娱乐、休闲娱乐、景观美学、文化传承等方面。(1)游憩功能。游憩功能是指河流生态系统为人类提供休闲和娱乐场所,使人消除疲劳,缓解压力,有益健康的功能。流动的水体和稳固的岸体构成了河流景观动与静的和谐统一,给人们以视觉上的美学享受和精神上的美感体验。(2)水景观功能。河流是动态的自然生态系统,水体—陆地的镶嵌格局使它具有显著的景观特异性;水生生态系统和陆地生态系统的结合、上游森林草地景观和下游湿地景观的结合,使它具有景观多样性。(3)水文化传承功能。生态文化是反映人与自然、社会与自然、人与社会之间和睦相处、和谐发展的一种社会文化。和谐的生态文化是生产力发达、社会进步的产物,是生活文明、社会繁荣的标志。

游憩功能根据各区县旅游部门统计的数据,利用市场价值法计算旅游总价值,统计游客在各旅游风景

区的消费总数。水景观功能采用支付意愿法计算其价值,需要综合考虑房地产增值总量和房地产总面积。水文化传承功能计算采用条件价值评估法,即利用城内人口数乘以每户人口支付意愿金额获得。

1.4 支持服务

水生态系统是生命的起源地,在为不同生物物种提供生境上具有较高的价值,为生物生存提供支持服务。对于保护国家一级、二级、三级等有重要科学研究及经济价值的生物物种具有更加重要的意义。

支付服务可以采用支付意愿法对生物多样性保护的价值进行计算。某一级保护物种的支付意愿乘以该保护物种的物种数获得。

2 永定河(北京段)生态服务价值评估与演化规律分析

永定河(幽州—梁各庄)根据河流流经区域及河道特征将永定河分为3段,即:官厅水库坝下至三家店拦河闸段(官厅山峡段),三家店拦河闸至南六环(平原城市段),南六环至市界梁各庄段(平原郊野段)。结合永定河生态功能区划,分别按照山峡段、城市段与郊野段分析永定河不同河段的生态服务价值。

2.1 永定河山峡段生态服务价值

1978年到2009年永定河山峡段生态服务价值整体呈逐渐下降趋势,总生态服务价值由1978年的240.43亿元减少到2009年的154.85亿元,减少了85.58亿元,降幅达36%,见图1。30多年来,山峡段供给、文化和支持功能的服务价值分别减少了90%、54%和54%,但调节功能服务价值提高了9.5%。

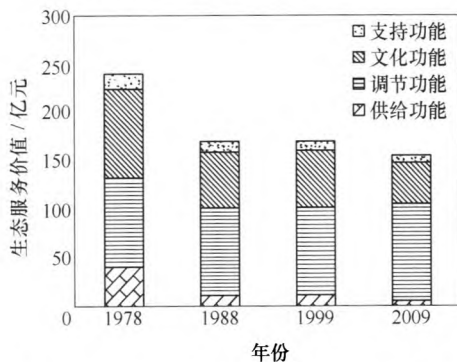


图1 永定河山峡段不同年份生态服务价值(单位:亿元)

2.2 永定河城市段生态服务价值

1978年到2009年永定河城市段生态服务价值整体呈下降趋势,总生态服务价值由1978年的306.06亿元减少到2009年的187.59亿元,减少了118.47亿元,降幅达到39%,见图2。30多年来,城市段

供给、文化和支持功能的服务价值分别减少了17%、54%和54%,调节功能服务价值提高了7.8%。

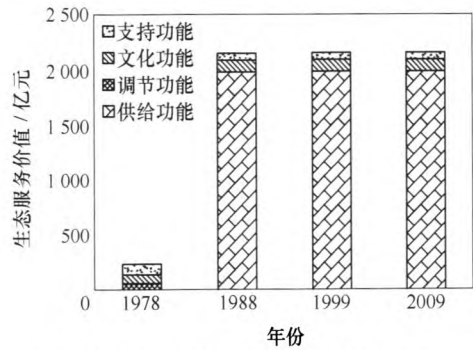


图2 永定河城市段不同年份生态服务价值(单位:亿元)

2.3 永定河郊野段生态服务价值

1978年到2009年永定河郊野段生态服务价值整体呈逐渐下降趋势,总生态服务价值由1978年的104.57亿元减少到2009年的73.19亿元,减少了31.38亿元,降幅达到30%,见图3。30多年来,郊野段供给、文化和支持功能的服务价值分别减少了17%、54%和54%,调节功能服务价值提高了4.3%。

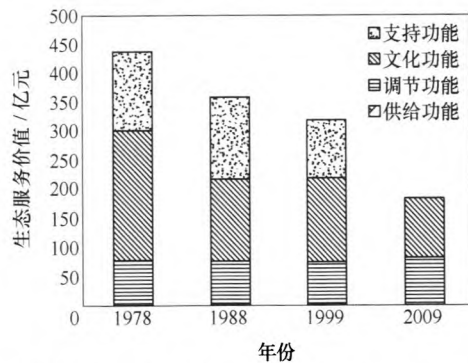


图3 永定河郊野段不同年份生态服务价值(单位:亿元)

3 基于生态服务价值的河流生态修复目标确定

3.1 生态修复目标确定方法

生态修复目标影响河流生态修复的方向,生态目标的选取应与生态服务功能相对应,以实现生态修复措施对生态服务功能的提升和改善。生态修复目标从水安全、生态安全及文化传承三个方面筛选,其中改善水面面积及水体质量有助于调蓄洪水、净化功能、游憩娱乐、水景观功能和支持服务提升;实现植被修复和湿地修复目标有益于净化功能和大气调节功能;建立河流文化保护目标主要有助于打造游憩休闲、水景观和水文化功能。

3.2 永定河生态修复目标确定

1978年到2009年,永定河生态服务价值随时空

表 1 2015 和 2030 年永定河生态修复目标

项目			官厅山峡段	平原城市段	平原郊野段
水安全	水面面积	2015 年	—	新增水面 3.6 km ²	—
		2030 年	—	新增水面 4.1 km ²	—
	水体质量	2015 年	Ⅱ—Ⅲ类水质标准	Ⅲ—Ⅳ类水质标准	—
		2030 年	Ⅱ类水质标准	Ⅲ类水质标准	—
生态安全	植被修复	2015 年	植被覆盖度恢复到 70% 左右, 达植被覆盖度五级水平	植被覆盖度在 50% 以上, 植被覆盖度为四级水平	植被覆盖度恢复到 30% 以上, 植被覆盖度为三级水平
		2030 年	植被覆盖度恢复到 70% 左右, 达植被覆盖度五级水平	植被覆盖度在 70% 以上, 植被覆盖度为五级水平	植被覆盖度恢复到 50% 以上, 植被覆盖度为四级水平
	湿地修复	2015 年	—	新增湿地面积 14 km ²	—
		2030 年	—	明确湿地的功能分类, 实现生态系统地表基底的稳定性	—
文化传承	河流文化保护	2015 年 2030 年	旅游人数年均增长率达到 15% 以上; 旅游收入年均增长率达到 18% 以上 旅游人数年均增长率达到 18% 以上; 旅游收入年均增长率达到 20% 以上		

变化均呈下降趋势, 亟需开展永定河生态修复。本研究在充分分析永定河流域生态系统结构、功能及其形成演变规律的基础上, 通过对流域社会、经济及自然复合生态系统特点的综合调研分析, 提出永定河生态修复目标体系, 并分别以 2015 年和 2030 年为生态修复的时间节点, 研究测算出永定河(北京段)分段生态修复目标值^[7], 参见表 1。

3.3 不同生态修复目标下的生态修复效果评价

参照中国陆地生态系统单位面积生态服务价值当量表^[8], 并采用 2008 年永定河主要生态服务功能价值百分比进行校正, 最终形成永定河生态系统单位面积生态服务价值当量表^[9]。

资源与环境系统受许多因素的影响和制约, 并具有一定的相关或因果关系。鉴于环境要素间关系非常复杂, 且无法用精确的函数式来描述, 本文采用回归分析法评估和预测生态修复产生的未来效果。回归分析是根据系统过去发展规律及现状, 借助实际数据或历史资料, 采用科学的预测方法探索系统内在规律, 进而估计和预测系统未来发展趋势。

依据永定河生态系统单位面积生态服务价值表, 建立永定河生态系统服务价值多元线性回归方程(公式 1)。根据谢高地计算青藏高原生态资产价值评估模型, 设土地利用类型为自变量, 生态系统服务总价值为因变量

$$TVF = 26\ 108.5F_1 + 2\ 709.4G_2 + 1\ 613.9L_3 + 179\ 185.1W_4 + 664X_5 + 2\ 061\ 100 \quad (1)$$

式中, TVF 为永定河生态系统服务总价值(万元); 林地面积为 $F_1(\text{km}^2)$; 草地面积为 $G_2(\text{km}^2)$; 耕地面

积为 $L_3(\text{km}^2)$; 水面面积为 $W_4(\text{km}^2)$; 其他面积为 $X_5(\text{km}^2)$ 。

采用永定河生态系统服务价值模型和线性规划技术, 监测土地利用类型变化, 评估生态服务价值变化, 可为土地利用类型面积优化提供依据, 为生态修复技术方案优化和水资源配置提供了科学依据。根据永定河生态修复目标, 2015 年水面修复实现 65% 河道有水, 2030 年达到 84% 河道面积有水。按河道面积占总面积 1/3 估算, 水面面积在 2015 年和 2030 年分别达到研究区域总面积的 22% 和 28%。2015 年林地面积修复目标为占河道两侧 500 m 内 60% 以上, 2030 年为 70% 以上。林地占总研究区域面积 2015 年和 2030 年分别为 40% 和 46%。草地作为林地补充植被, 2015 年达到总面积 2%, 2030 年达到总面积 3%。耕地面积 2015 年和 2030 年分别减少面积 25%。2015 年耕地面积从 2009 年的 8% 下降到 6%; 2030 年耕地面积从 2015 年的 6% 下降到 3%。基于生态修复目标的永定河土地利用类型百分比详见表 2。

表 2 永定河土地利用类型百分比 %

年份	林地	草地	耕地	水面	其他
2009	37	1	8	4	50
2015	40	2	6	22	30
2030	46	3	3	28	18

根据永定河生态修复目标和模型计算得到永定河修复后 2015 年和 2030 年生态服务价值分别为 1 486.42 亿元和 1 798.34 亿元, 比 2009 年增加了 258% 和 333% (见表 3)。

表3 永定河修复目标下的生态系统服务价值 km²

年份	林地	草地	耕地	水面	其他	总价值/亿元
2009	59.1	1.24	13.14	6.87	81.35	415.74
2015	102.0	5.10	15.30	56.10	76.50	1 486.42
2030	117.3	7.65	7.65	71.40	51.00	1 798.34

4 结 论

(1)本研究建立永定河生态服务价值的评价分析方法,将永定河生态系统的服务功能划分为供给功能、调节功能、文化功能和支持功能四大类。

(2)分析研究了永定河(北京段)生态服务价值评估与演化规律,得出永定河山峡段总生态服务价值由1978年的240.43亿元减少到2009年的154.85亿元,降幅达36%;永定河城市段总生态服务价值由1978年的306.06亿元减少到2009年的187.59亿元,降幅达39%;永定河郊野段总生态服务价值由1978年的104.57亿元减少到2009年的73.19亿元,降幅达30%。

(3)提出了基于生态服务价值的生态修复目标确定方法,计算得到2015年和2030年生态服务价值分别为1 486.42亿元和1 798.34亿元,比修复前(2009年)分别增加了258%和333%。

(4)确定永定河(北京段)水资源量和水体面积是影响生态服务价值的最主要原因。考虑到水体面积在永定河北京段生态服务价值中的关键作用,提

出构建多处人工湿地、增加河道水面面积是恢复永定河水文化传承服务价值,提升生态修复效果的最有效途径。

参考文献:

- [1] 倪晋仁,刘元元.论河流生态修复[J].水利学报,2006,37(9):1029-1037.
- [2] Millennium Ecosystem Assessment: Biodiversity synthesis report[R]. Washington D C: World Resources Institute, 2005.
- [3] 张振明,刘俊国,申碧峰,等.永定河(北京段)河流生态系统服务价值评估[J].环境科学学报,2011,31(9):1851-1857.
- [4] 薛达元,包浩生.长白山自然保护区生物多样性旅游价值评估研究[J].自然资源学报,1999,4(2):140-145.
- [5] 赵景柱,徐亚骏.基于可持续发展综合国力的生态系统服务评价研究:13个国家生态系统服务价值的测算[J].系统工程理论与实践,2003(1):121-127.
- [6] 赵同谦,欧阳志云,等.中国陆地地表水生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J].自然资源学报,2003,7(4):443-452.
- [7] 彭涛,张振明,刘俊国,等.基于生态服务功能的北京永定河生态修复目标研究[J].中国农学通报,2010,26(20):287-292.
- [8] 谢高地,鲁纯霞,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):189-196.
- [9] 刘旭,赵桂慎,邓永智,等.基于TM遥感技术的永定河生态系统服务价值评估模型及应用[J].水生态学杂志,2011,32(5):6-12.

(责任编辑 欧阳越)

(上接第8页)

与灌区规划相比,规划总投资7.64亿元,其中骨干工程2.8亿元、田间工程4.84亿元。截止2015年底,实际仅到位骨干工程投资1.9亿元,田间工程还未投资,资金到位率仅24.9%,尚有资金缺口5.74亿元。因资金到位率低,高城橡胶坝主体工程完成已经8年,至今难以竣工验收;骨干渠道的改造新旧差异大;田间工程设施状况差。续建配套和节水改造的综合效益并未达到预期效果。

3.3 强化基层水利工作

强化村级水利管理,大力推行农民用水户协会等行之有效的管理办法,减少不必要的用水纷争,确保正常的用水秩序,充分调动广大农民的节水积极性;大力加强斗渠以下田间工程的配套建设,完善末级水利设施;大力推广应用沟灌、小畦灌、膜上灌等先进灌水技术和秸秆覆盖、碾压保墒等农业耕作技术,励行节约用水,降低灌水定额和灌溉成本,提高田间水利用系数。

3.4 实行水资源的统一调配

在灌区地下水开采率已较高的区域,优先高效利用自流水,大力恢复自流灌面积;在边远区域及地下水尚有较大开发潜力的高城—曹张一带、大营—神山一带等区域,大力提取地下水;在井渠结合区域,应科学调配,追求水资源综合利用效益的最大化;根据水循环、水平衡的原理合理调控各种水源,实施合理利用和有效保护,有效改良盐碱地等中低产田,从而提高水资源的综合利用率,扩大综合灌溉面积,实现灌区农业的高产稳产。

3.5 积极调整农业生产结构

灌区管理单位要积极主动地与相关涉农部门配合,大力引导用水户调整和优化种植结构,提高经济作物种植比例,大力推广良种繁育、立体种植、节水灌溉等增产节水新技术,增加灌水次数,降低灌水定额,进一步提高灌溉的经济效益和社会效益,为水资源的高效开发利用奠定良好的经济基础。

(责任编辑 郭利娜)