

DOI: 10.3969/j.issn.1004-6933.2010.06.011

湖南皂市大坝对河流生态系统的影响因子辨析

陈绍金, 王勇泽, 刘华平, 李 恒

(湖南水利水电职业技术学院, 湖南 长沙 410131)

摘要 辨析了“生态系统功能”和“生态系统服务”概念的区别, 阐述了大坝建造对河流生态系统的影响途径; 分析了大坝对河流生态系统服务影响因子, 构建其生态影响因子体系图。得出了皂市水库大坝工程生态系统服务影响因子体系图, 通过对其因子有效识别, 为皂市水库生态系统综合定量化评价提供支撑。

关键词 水利枢纽; 皂市大坝; 河流生态系统; 生态系统功能; 影响因子

中图分类号 :X820.3 **文献标识码** :B **文章编号** :1004-6933(2010)06-0047-04

Analysis of impact factor of Zaoshi dam on river ecosystem

CHEN Shao-jin, WANG Yong-ze, LIU Hua-ping, LI Heng

(Hunan Technical College of Water Resources and Hydropower, Changsha 410131, China)

Abstract :The difference between ecosystem function and ecosystem service in concept is analyzed, and the ways that the construction of dams affects the river ecosystem is described. The ecological impact system diagram is established according to the impact factors that dams affect ecosystem service, and the system diagram of ecosystem service impact factor in the Zaoshi dam project was obtained. According to the effective recognition of the factors, the support for the comprehensive quantitative evaluation of Zaoshi reservoir ecosystem was provided.

Key words :water project; Zaoshi dam; river ecosystem; ecosystem function; impact factor

皂市水利枢纽位于湖南省石门县境内、澧水一级支流溇水的下游, 是溇水梯级开发的最下一级, 坝址距石门县皂市镇 2 km, 距石门县城 19 km, 控制流域面积 3 000 km²。皂市水库的防洪库容为 7.8 亿 m³, 库容系数达 0.30, 属年调节水库, 工程任务以防洪为主, 发电服从防洪。电站保证出率为 18.4 MW, 装机容量为 2 × 50 MW, 电站设计保证率为 90%, 多年平均发电量为 3.18 亿 kW·h。

水电开发研究的进展表明, 无论是国内还是国外, 开始有更多的人从生态、环境甚至社会影响等多个视角重新审视水电开发。这也就使得对水电开发利弊的争论更加激烈。综合国内外在水电站建设上的意见分歧, 结果表明生态问题是争论的主要焦点之一^[1]。

我国生态系统服务研究发展迅速, 但同时也存在很多不尽如人意之处。首先是关于生态系统服务评价因子的选择。在进行生态系统服务评价研究时, 企图把所有的指标完全货币化是非常困难和复

杂的, 如何选择合适的评估因子直接关系到能否把生态系统服务研究成功应用于指导决策。

1 生态系统功能和生态系统服务

冯剑丰等^[2]统计了近 10 年中迅速增加的有关“生态系统功能”和“生态系统服务”研究成果(图 1), 但由于不同作者对于两者内涵的理解不同, 从而出现了不同的定义。

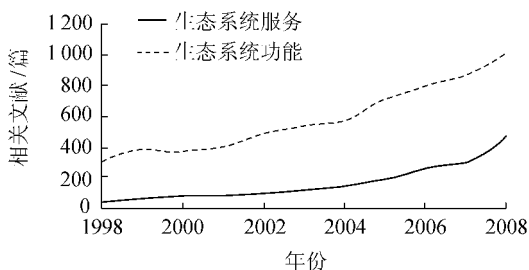


图 1 以“生态系统服务”和“生态系统功能”为主题在 ISI Web of Science 数据库检索到的相关文献数量(1998—2008)^[2]

基金项目 水利部公益性行业科研专项(200901075)

作者简介 陈绍金(1959—), 男, 湖南长沙人, 教授, 博士, 主要从事水资源管理、水生态研究。E-mail: Garros222@sina.com

Costanza 等^[3]认为生态系统产品(比如食物)和服务(比如销纳废弃物)都代表着人类从生态系统功能中直接或间接获得的利益。因此,文献[4]为了研究的方便,把人类从各种生态系统中获得的所有惠益(包括产品、服务等)统称为生态系统服务。并且认为“生态系统产品和服务”的概念与“生态系统服务”一词的内涵是相同的;另外,国内一直沿用“生态系统服务功能”来表达“Ecosystem Services”,这种表达往往易使很多人混淆功能和服务的区别,生态系统功能^[4]是与生态系统维持其完整性(如初级生产力、食物链、生物地球化学循环)的一系列状态、过程有关的生态系统的内在特征,包括分解、生产、养分循环以及养分和能量的通量变化等过程。通常,生态系统“功能”更侧重于生态系统固有的属性、过程等^[3],而生态系统“服务”更强调人类的利用或侧重于人类从生态系统中获得的利益。同时,Daily^[5]也认为生态系统服务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自然环境条件与效用,强调人类的需求及在生态系统中的获益。

作者认为生态系统服务即生态系统提供人类生活必需的生态产品和保证人类生活质量的生态功能,是生态系统功能的表现,但生态系统服务与生态系统功能并不一一对应,在某种情况下,一种生态系统服务是两种或多种生态系统功能共同产生的;在另外一些情况下,一种生态功能可以提供两种或多种服务。水坝等水利设施的建设是人类对河流生态系统最大的干扰行为之一,它对河流生态系统造成胁迫,进而改变了其服务,也同时改变了流域内居民的福利。如何衡量水利工程引起的生态系统功能、服务的变化就成了人们最关心的问题。因此,作者认为大坝生态效应的研究着眼点应该围绕大坝对河流生态系统服务的影响。

2 大坝对河流生态系统服务的影响途径

皂市大坝对河流生态系统的影响途径归纳起来分为以下2大类。

2.1 直接影响途径

2.1.1 对藻类、浮游生物的影响

皂市大坝的蓄水改变了原有生物的生存环境,使得生物的个体数量、种群数量乃至整个生态系统的平衡状况随着环境因子的改变而改变。从浮游生物的繁殖和水库调度方式分析:11月—次年3月气温低,浮游生物繁殖缓慢,水库对其影响不明显;而4—7月为洪水季节,水库以防洪调度方式运行,水体交换快,水体相对浑浊,不太利于浮游生物生长;8—10月水库开始蓄水且在高水位运行,水库表层

水温、水质、水文条件等均有利于浮游生物生长繁殖。因此,浮游生物在此期间繁殖较快,种类和生物量达到一年中的高峰,在库湾浅水区可能发生藻类大量繁殖,出现“水华”现象。由于水库分层,浮游生物也会分层。

2.1.2 对无脊椎动物的影响

皂市大坝的兴建抬高了水位,淹没库区天然河道的急流,改变了河流水生生态系统,从河流水生生态系统变为水库湖泊水生生态系统,破坏了水生生物的生长、产卵、繁殖所必需的水文条件和生长环境。原河道中喜流水生活的种类将逐渐减少,在水库浅水区中的群落结构将主要为软体动物、寡毛类和摇蚊幼虫。

2.1.3 对鸟类、哺乳动物的影响

水库淹没,使原来以这些陆生植物为栖息地的野生动物被迫迁徙,影响到物种的生存和繁衍。皂市水库蓄水对沿河水域和河谷带、低山灌草带野生动物的栖息地产生淹没影响。水库淹没,初期将使库区鼠类等动物密度增大,然后达到新的动态平衡,对适应水域环境的动物,如蛙类、水獭等数量将增加。

2.1.4 对鱼类的影响

皂市大坝人为改变河流原有的物质场、能量场、化学场和生物场,直接影响生物要素在河流中的生物地化行为,进而改变河流生态系统的物种构成、栖息地分布以及相应的生态功能及食物链功能^[6-8],由于皂市水库蓄水,国家重点二级保护动物大鲵向上游迁移。同时,对某些鱼类的迁徙(洄游)造成阻隔^[9]。皂市大坝的阻隔,致使青鱼、草鱼、赤眼鲮、鲢鱼、三角鲂、鳙鱼、团头鲂、异化鲮、白甲鱼、小红白甲鱼、稀有白甲鱼等洄游和半洄游型经济鱼类资源消失。水库运行后,喜在急、浅滩中生活的鱼类向上游及其支流迁移,如中华吸腹鳅、中华倒刺鲃等;适应性强、繁殖率高、杂食性的鱼类如鲤、鲫、银鲃等将成为库区的优势种类;一些既能适应流水又能适应静水活动的鱼类,如鮠类、鲴类、黄颡鱼、长吻鲃等将在库区继续分布。

2.1.5 对陆地植被的影响

水库蓄水后,大面积的淹没损坏了河流的部分生态系统服务功能。皂市水库蓄水将直接对沿河水域和河谷带、低山灌草带野生动物的栖息地产生淹没影响,淹没耕地2353.2 hm²,淹没林地451.7 hm²,淹没灌木林地245.2 hm²,使其丧失了原有的生态功能。

2.1.6 对河床、库区泥沙影响

由于河水流速减低,河水挟沙能力减弱,水体中的悬浮物质或多或少地沉积下来。皂市水库下游河

段 从坝址至芭茅岭 6.35 km 河段为天然河段,水深浅、坡降陡,冲刷主要发生在此段。皂市水库运行 20 年,水库泥沙淤积 0.253 亿 m^3 ;运行 100 年,淤积泥沙 1.197 亿 m^3 。目前未达到平衡,仍处于淤积过程中。

2.2 间接影响途径

2.2.1 对水文情势的影响

水电工程拦蓄江河径流,对天然河流的水文情势将产生影响。与天然河道相比,水库的流速变化很明显,并且在水库的不同库段流速的变化也不一样,越靠近库尾,流速越接近天然河道,越近坝前,流速越小;在皂市水库库区内某些条件特殊的库湾,流速甚至接近于零。

2.2.2 对水温的影响

皂市大坝下游水温与天然来水水温相比,冬季有所增高,春、夏季有所降低。影响产黏性卵鱼类的繁殖,升温期下泄水温降低对坝下游鱼卵的影响显著。在 4—10 月水库灌溉渠首的水温较天然来水水温偏低,对灌区主要农作物水稻的返青、抽穗、结实产生滞后影响。库内水温有分层现象。

2.2.3 对水质的影响

在该流域上游磷矿储量约为 11.85 亿 t, P_2O_5 含量为 16% ~ 30%,目前流域内有石门磷矿、磷肥厂,历年水质监测断面总磷质量浓度在 0.005 ~ 0.582 mg/L 间变化,有超 III 类水标准现象。皂市断面总磷质量浓度的平均值为 0.094 mg/L。皂市水库中的年均总磷质量浓度为 0.010 mg/L,在 II 类水标准内。汛期进入水库的大量营养物质不会在水库富集,但在水库水体升温期和水库汛末蓄水期,库水位较高,在库区局部缓流和相对静水区域营养物质的积累,有利于藻类的繁殖生长。

2.2.4 对开发旅游景观的影响

皂市大坝库区建成后成为重要的旅游景点,为地区提供了宝贵的旅游资源,目前参加垂钓的钓友有百余人之多。

2.2.5 对发电减碳的影响

与火电相比,水电属于清洁能源、可持续能源,减少二氧化碳的排放量。皂市水库多年平均发电量为 3.18 亿 kW·h,相当于火电发电需要煤炭 10.18 万 t。

3 影响因子选取原则

进行生态系统综合评价遇到的首要问题就是影响因子的选取。生态评价是一项复杂的系统工程,涉及自然、社会、景观等诸多方面,其所面对的是一个十分复杂的多属性、多标准和多层次的综合大系统,其中指标体系的建立属于多属性评判问题,常规

的做法是在众多的生态因子中选取普遍存在、对环境有重大影响和能够量化的指标参与评价。通常要根据生态系统自身的特点以及评价尺度、评价对象、评价目的的要求,选择合适的评价指标。根据可持续发展的原则,在选取指标和建立影响因子体系时应当遵循以下 3 条基本原则^[10]:

a. 政策的相关性:① 指标因子要提供环境状况、环境压力或社会响应的代表性图景;② 简易、易于解释并能够揭示随时间的变化趋势,各因子应尽力不相互重叠;③ 对环境和相关人类活动的变化敏感,河流生态系统是个负责系统,所选的影响因子必须具备一定的预警能力,以便采取有效的管理措施;④ 提供比较的基础,在空间和时间上具有可比性;⑤ 指标是国家尺度的,或者能够应用于具有国家重要性的区域环境问题;⑥ 具有一个可与之相比较的阈值或参考值,据此使用者可以评估其数值所表达的重要意义。

b. 分析的合理性:① 在理论上应当用技术或科学术语严格定义;② 基于国际标准和国际共识的基础上;③ 可以与经济模型、预测、信息系统相联系。

c. 指标的可测量性:① 已经具备或者能够以合理的成本/利益比取得;② 适当的建档并知道其质量,因子要可测量,数据便于统计和计算,有足够的数量;③ 可以依据可靠的程序定期更新,定性定量相结合。

4 大坝对河流生态系统服务影响因子辨析

在河流筑坝蓄水后,河流将产生一系列复杂的连锁反应,改变河流的物理、生物和化学因素, Petts 等^[11-12]根据大坝对河流生态系统的影响程度,将生态影响划分为 3 个层次。筑坝最先引起流域中非生物要素的变化(流域水文、水质和泥沙等),进而引起流域生态系统中初级生物要素(初级生物和浮游生物等)和流域地形地貌的变化(河道变形和三角洲萎缩等),第 3 层次综合反映所有 1、2 层次影响引起的变化^[12]。

孙宗凤等^[13]认为大坝的生态效应是指大坝建成之后对自然界的生态破坏和对生态修复两种效应的综合结果,初步提出改变水利工程生态效应的工程与非工程措施。姚维科等^[14]提出了大坝生态效应链和生态效应网的概念,通过构建诸如屏障效应-截留效应-累积效应、屏障效应-岛屿化-边缘效应-累积效应生态效应链 2 条生态效应链,又通过内在联系构成更复杂的生态效应网。毛战坡等^[15]则指出,大坝对河流生态系统的生态效应是规划、建造、设计以及大坝泄流等过程的复合函数。

当生态系统受多个因子胁迫时会产生累积效应,从而增加生态系统的变异程度。在这种情况下,生态系统的反应与胁迫因子的关系非常复杂,而且对人类的管理也提出了更高的要求。笔者把生态影响因子分为2大类,即直接影响因子和间接影响因子。

从整个河流生态系统的角度加以分析,提出如下的大坝生态效应评价或生态效应补偿研究的生态影响因子体系(图2)。

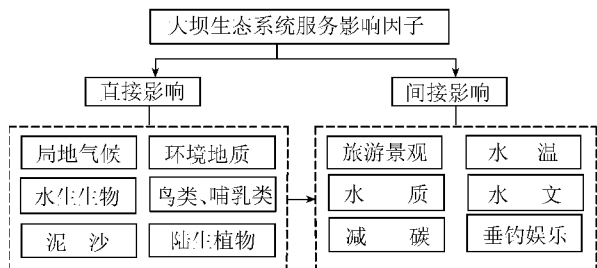


图2 大坝生态系统服务影响因子框架

根据上述的大坝生态系统服务影响因子框架图及皂市大坝的实际情况,构建其生态系统服务影响因子体系,如图3。

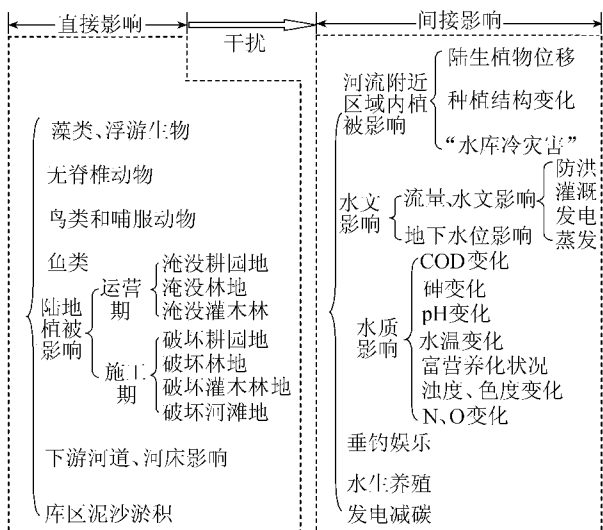


图3 皂市水库大坝工程生态系统服务影响因子体系

5 结语

笔者分析了河流生态系统服务、皂市大坝对河流生态系统服务的影响途径等问题,以期为实现溧水流域生态系统的可持续发展提供参考。

识别和评价河流生态系统服务是延续生态系统健康的基础性工作。国内外诸多学者对河流生态系统评价方法进行过较多的研究,但尚未建立专门的评价指标体系。笔者在系统分析皂市大坝对河流生态系统服务的影响途径的基础上,识别出皂市大坝主要影响因子。通过对其因子的有效识别,为皂市水库生态系统综合定量化评价提供支撑,为皂市水库可持续发展提供有价值的参考。

参考文献:

- [1] 郭慧光,高虹.怒江水电开发与生态保护[J].人民长江,2005,36(11):58-59.
- [2] 冯剑丰,李宇,朱琳.生态系统功能与生态系统服务的概念辨析[J].生态环境学报,2009,18(4):1599-1603.
- [3] COSTANZA R, D'ARCE R, DE GROAT R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387: 253-260.
- [4] The Conceptual Framework Working Group of the Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-Being: a Framework for Assessment//Millennium Ecosystem Assessment Series[M]. Washington D C: Island Press, 2003.
- [5] DAILY G C. Nature's Service: Societal Dependence on Natural Ecosystems[M]. Washington D C: Island Press, 1997.
- [6] 王东胜,谭红武.人类活动对河流生态系统的影响[J].科学技术与工程,2004,4(4):1671-1815.
- [7] KARR J R. Biological integrity: a long-neglected aspect of water resource management[J]. Ecol Appl, 1991, 1: 66-84.
- [8] NILSSON C, BERGGREN K. Alterations of riparian ecosystems caused by river regulation[J]. Bioscience, 2000, 50(9): 783-792.
- [9] 董哲仁.水利工程对河流生态系统的胁迫与补偿[J].水利水电技术,2003,34(7):1-5.
- [10] 徐中民,张志强,程国栋.生态经济学理论与应用[M].郑州:黄河水利出版社,2003.
- [11] PETTS G. Impounded Rivers: Perspectives for Ecological Management[M]. New York: Wiley, Chichester, 1984.
- [12] 肖建红,施国庆,毛春梅,等.河流生态系统服务功能及水坝对其影响[J].生态学杂志,2006,25(8):969-973.
- [13] 孙宗凤,董增川.水利工程的生态效应分析[J].水利水电技术,2004,35(4):5-8.
- [14] 姚维科,崔保山,刘杰,等.大坝的生态效应:概念、研究热点及展望[J].生态学杂志,2006,25(4):428-434.
- [15] 毛战坡,彭文启,周怀东.大坝的河流生态效应及对策研究[J].中国水利,2004(15):43-45.

(收稿日期:2010-07-01 编辑:徐娟)

