

大坝对河流生态系统的环境影响分析

祁继英, 阮晓红

(河海大学环境科学与工程学院, 江苏 南京 210098)

摘要: 在分析河流生态系统特征的基础上, 从河流生态系统的非生态变量和生态变量角度研究了大坝对河流生态系统等方面的影响, 认为大坝在发挥调蓄区域水资源、降低洪涝灾害、获得清洁能源等重要作用的同时, 也对河流系统水文情势、形态、地貌、水质以及生态环境产生了不利影响, 并建议大坝建设者和管理者通过应用现代技术、深入开展环境影响评价、制定利于生态环境的大坝运作模式等手段来减轻大坝对河流生态系统环境等方面的影响, 实现可持续发展。

关键词: 大坝; 河流生态系统; 环境影响

中图分类号: TV64; X171

文献标识码: A

文章编号: 1000-198X(2005)01-0037-04

大坝建设是处理人与水的关系的重要工程措施, 也是维护生态环境的重要途径。它具有调蓄时空不平衡水资源、降低洪灾、利用水的势能得到清洁能源——电能等功能, 对社会和经济的可持续发展起着重要作用。然而, 在修建大坝的同时也会给江河流域带来不利影响。

本文就大坝建设对河流生态系统的不良影响进行了分析, 同时提出了减轻大坝对河流生态系统不利影响的对策措施。

1 大坝对河流生态系统的影响

河流的生态系统包括河源、河源至大海之间的河道、河岸地区、河道、河岸和洪泛区中有关的地下水、湿地、河口以及其他淡水流入的近岸环境。大坝对流域生态系统环境的影响主要体现在河流非生态变量及生态变量变化两个方面。非生态变量是指流域水文、水量、水情、泥沙、水质、地貌、河道形态、下层地层构造、区域气候等流域特征。生态变量是指初级生产量及高级营养级。二者的变化是相互联系、相互作用的。这种变化, 依据影响深度可分为 3 个等级, 如图 1 所示。大坝建设对河流生态系统的作用首先是对非生态变量(如流域水文、水量、水情、泥沙、水质等)的影响开始的。第 1 级影响所产生的变化又与第 2 级影响, 即对流域地形地貌和初级生产量的影响有关。进而, 会在更高的营养级上发生变化(即第 3 级影响)。这种相互作用过程的复杂性, 从第 1 级到第 3 级, 是逐步增加的^[1]。

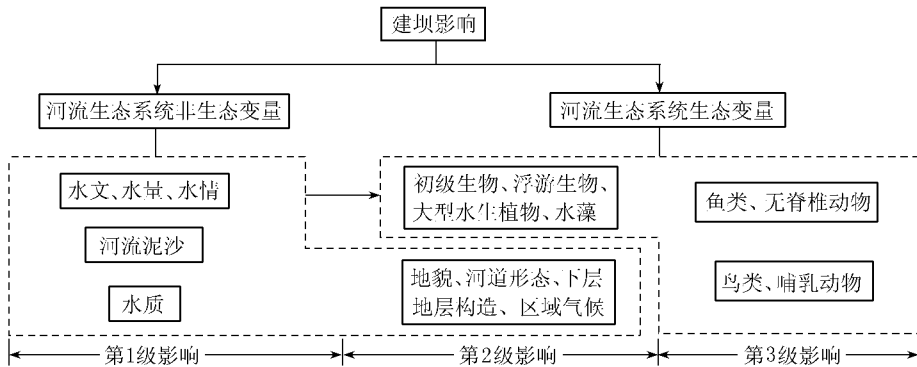


图 1 建坝对河流生态系统影响的分级

Fig. 1 Classification of effects of dam construction on riverine ecosystem

收稿日期: 2004-06-16

基金项目: 国家“十五”重大科技专项基金资助项目(2003AA601070)

作者简介: 祁继英(1981—), 女, 内蒙古乌拉特前旗人, 硕士研究生, 主要从事环境规划与评价方面的研究。

1.1 对河流生态系统非生态变量的影响

a. 对河流系统水文情势的影响. 在河流上建坝就是人为地控制河流的流量变化模式. 筑坝的河流, 就像自来水管中的水流, 受闸坝的控制而改变了自然的季节流量模式. 这种水文变化主要表现在河流流量、入湖入海水量、河流水位、地下水水位变化等方面. (a) 河流流量、水位的变化. 闸坝可以改变自然流量变化模式, 对洪水具有蓄泄自如的能力. 通过闸坝、水库对河流流量的合理调蓄, 并联合运用下游河道工程, 可以减少河流的洪峰流量, 防洪除涝. 大坝拦蓄水量可使季节性河流变为常年河流, 从而有更稳定充足的水量灌溉耕地, 提高粮食产量^[2]. 同时, 河流洪峰流量减小也会导致入湖和入海水量减少, 下游水域面积缩小^[3]. 水电站利用水的势能发电使得河流水位不仅仅因流域降水量变化而改变, 还将因电力需求量等因素的变化而改变. 为了满足水力发电高峰需要而从水库释放的水, 有时会使河流水位变动数米. 此时, 下游河水流动模式主要取决于水的释放量与电力需求量之间的关系^[4]. (b) 地下水水位的变化. 流域内的地表水与地下水有着密切的水力联系, 河流水文条件的改变也会影响到地下水的水位、水质等. 坝址上游水库蓄水使其周围地下水水位抬高, 从而扩大了水库浸没范围, 导致土地的盐碱化和沼泽化^[5]. 同时, 拦河筑坝也减少了坝库下游地区地下水的补给来源, 致使地下水水位下降, 大片原有地下水自流灌区失去自流条件, 从而降低了下游地区的水资源利用率, 对灌溉造成不利影响.

b. 对河流系统形态、地貌的影响. (a) 河流形态的变化. 江河流经地区的土壤和岩石被侵蚀、搬运, 其中部分泥沙在坝前沉积下来, 形成回水三角洲, 使水库库容大大减小^[5]. 坝库下泄的河水剥蚀下游河床与河岸, 使靠近坝址下游的河道萎缩、变深变窄, 也使由沙洲、河滩和多重河流交织在一起的蜿蜒河流变成相对笔直的单一河流. 被冲刷物质在更下游的地方沉积, 使得该段河道的河床逐渐升高. (b) 三角洲及海岸线的变化. 三角洲是由成百上千年的河流沉积物积累, 并在沉积物压实与海洋侵蚀的相互作用下形成的. 大坝对沉积物的拦截作用深深地影响着三角洲和滨海地区. 沉积物的减少会使滨海地区受到严重侵蚀, 而这种影响将从河口沿海岸线延伸到很远的地方^[5].

c. 对河流系统水质的影响. 河流因建坝而经历的化学、物理和生物变化会极大地改变原有水质状况, 主要表现为水库水体盐度增高、水库水温分层、库中藻类繁殖加剧等. (a) 盐度的变化. 大坝拦水以后会形成面积广阔的水库, 与天然河道相比, 大大增加了曝晒于太阳下的水面面积. 在干旱地区炎热气候条件下, 库水的大量蒸发会导致水体盐度的上升. 此外, 坝址上游土地盐渍化会影响地下水的盐度, 通过地下水与河流的水力交换, 又会影响河流水体的盐度. (b) 酸度的变化. 坝址上游被水库淹没的植被, 会消耗水中的溶解氧, 释放出大量的温室气体和二氧化碳, 从而会增加水体的酸度, 加速湖床中矿物质(如锰和铁)的溶解. (c) 温度的变化. 通常, 从水库深处泄出的水, 夏天比河水水温低, 冬天比河水水温高, 而从水库顶部附近出口放出的水, 全年都比河水水温高^[5]. (d) 藻类的变化. 大坝在截留沉积物的同时也截留了营养物质. 这些营养物质使得水库水体更易发生富营养化现象. 在气温较高时, 藻类可能会在营养丰富的水库中过度繁殖, 使水体散发出难闻的气味.

1.2 对河流系统生态环境的影响

河流系统受大坝的影响, 非生态变量发生变化, 进而会影响河流生态环境.

a. 建坝对河流生态环境的影响. 大坝建设为发展水产养殖提供了较好的条件, 使得许多水库已成为水产供应基地. 然而, 水库在繁荣水产养殖业的同时, 也淹没了大片土地, 阻碍了河谷生命网络间的联系, 影响了野生动植物原有生存、繁衍的生态环境. 原有的沙洲、河滩和蜿蜒河道等交织在一起的河流系统变成相对笔直的单一河道, 这大大减少了原有河道所能养育的动植物种类, 降低了生物多样性. (a) 栖息及繁衍环境的变化. 大坝毁坏了部分陆生植物的栖息地, 使依赖于这些陆生植物生存的生物资源发生了变化. 大坝还阻隔了洄游性鱼类的洄游通道, 影响了物种交流, 改变了水库下游河段水生动植物及其栖息环境等^[5]. 河流水位随电力需求量变化的模式会对水生态环境造成一些不良后果. 例如, 河流水位的急剧变化会加速对下游河谷的侵蚀, 交替地暴露和淹没鱼群在浅水中有利的休息场所, 妨碍鱼群产卵等. 此外, 河水水温的改变会改变水生生物的生存环境及生命周期, 因为幼虫的繁殖、孵化和蜕变经常取决于温度的变化. (b) 生物数量及种类的变化. 大坝削弱了洪峰, 调节了水温, 降低了下游河水的稀释作用, 使得浮游生物数量大为增加, 微型无脊椎动物的分布特征和数量(通常是种类减少)显著改变. 大坝减少了洪水淹没和基层冲蚀, 增加了富营养化细沙的沉积, 使得大型水生植物能够生长繁殖. 由于大量鹅卵石和砂石被大坝拦截, 使得河床底部的无脊椎动物如昆虫、软体动物和贝壳类动物等失去了生存环境.

b. 建坝对洪泛区环境的影响. 洪泛是河流与洪泛区的天然属性, 洪水在区域水资源的可持续利用和河流与洪泛区景观与功能的维系上起着重要作用. 坝的建设改变了河流的洪泛特性, 对洪泛区环境的不利影响主要表现在使洪泛区湿地景观减少、生物多样性减损、生态功能退化等方面. (a) 湿地景观减少. 由于修堤筑坝等水利工程控制措施改变了洪泛区湿地的水文情势和水循环方式, 导致洪泛区湿地生态环境功能退化. 在水利设施阻隔江湖联系和围垦的叠加影响下, 从20世纪50年代至今, 长江中下游洪泛区湿地已丧失82%. 大规模洪泛区湿地景观的丧失带来了巨大的负面效应, 长江流域湖泊湿地对河川径流的调蓄作用大大降低^[6]. (b) 湿地生物多样性减损. 洪泛区动物栖息地环境的改变和河道通路的阻断会使鸟类和哺乳动物的数量发生变化. 伴随洪泛区湿地景观的丧失, 越来越多的生物物种因其生存和生活空间的丧失而面临濒危或灭绝. 繁殖能力下降, 种群数量和质量减少和退化. (c) 湿地及所在区域生态功能退化. 洪泛区湿地生态环境系统结构和功能的维系与加强主要受制于洪泛区的相对变化性和不稳定性水文水动力条件. 大坝改变了水文水动力条件, 使洪泛区湿地生态环境系统遭到破坏, 从而导致了区域生态环境的退化.

2 减轻大坝对河流生态系统环境影响的对策

大坝在防洪减灾、调蓄水量、灌溉发电、航运旅游等方面带来了巨大的经济效益和社会效益, 但同时大坝的建设也带来了移民、文化历史遗迹的淹没以及大坝上下游自然环境的改变等负面影响. 因此, 人们应采取相应的对策和措施, 以减轻大坝工程建设可能带来的各种负面影响. 为此, 本文提出如下几条对策和措施.

2.1 用现代技术建设大坝

在大坝规划、设计、施工和运行过程中, 应更多地应用现代科学技术和现代工程技术. 在规划阶段, 可用卫星遥感技术获取整个流域和区域的环境、水文地质资料, 用现代物探技术充分了解大坝的基础和水库自然条件, 用数学模型和物理模型分析建坝前后环境因素的变化. 在坝形及坝线的选择、复杂的坝身结构设计以及高速水流的泄水结构设计等方面, 应广泛应用计算机专家系统做出最优方案. 在修建大坝时, 应采用先进的筑坝材料. 此外, 应运用信息技术建立各水工建筑物的安全运行监测系统, 运用电子商务系统和电子管理系统进行大坝工程施工全过程的管理.

2.2 加强大坝建设环境影响评价工作

在开发建设中, 应对拟建大坝所引起的自然生态、社会生态和环境的价值变化进行评判和预测评价, 把对环境的不利影响减少到最低程度, 最大限度地发挥工程的整体效益. (a) 环境影响评价应加强环境经济评价. 工程引起的环境条件、环境质量、资源利用条件的变化等必定会影响到经济开发的难易程度、开发成本的高低、开发进程的快慢、开发效益的大小, 因此, 工程引起的资源和环境的变化, 应作为人类社会经济发展的成本因素加以评价. 大坝会引起广泛的生态与环境的变化, 对其有利影响, 如何发挥其更大的经济效益, 对其不利影响, 如何进行投资治理, 投资治理后能达到什么样的环境状况, 产生什么样的治理效果, 应进行认真研究. 只有这样, 才能确定好投资目标、投资方向、投资项目和投资区域, 达到优化的投资效果^[7]. (b) 环境影响评价应进行长期跟踪评价. 通常环境影响评价以工程通过可行性论证为终点. 然而, 大坝对生态与环境的影响是长期的、潜在的, 特别是关于河口生态、库区生态、水生生态系统的结构、功能和效益的变化, 只有经过长期的监测、观察和研究, 才能逐步找出其规律. 因而, 水利工程引起的环境问题与工程寿命同步, 不能以做出评价为目标, 而应将生态与环境效益作为工程的长远效益和目标来考虑.

2.3 制订利于生态环境的大坝运作方案

a. 制订有利于生态环境的洪水调度方案. 综合管理洪泛区. 洪水调度是指有控制地从水库泄水, 有目标地淹没一定范围的洪泛区或河流下游三角洲. 其原则是: 有计划地泄水, 达到防洪减灾、满足上下游人民生活、生活需要并减轻因建坝而产生的负面影响的目的; 用最传统和最现代的流域综合开发理念来开发水资源, 达到水资源开发的最大效益(包括货币效益与非货币效益)的目标^[1]. 对人类有利的许多生态系统功能, 依靠周期性淹没才能保持其特性. 洪水调度可以作为将下游生态系统恢复或保持在某种理想状态的手段. 制订洪水调度方案时, 应根据流域洪水发生的频率和强度及历史洪水特性来界定不同频率等级洪水的洪泛空间范围, 对不同频率等级洪泛区的土地利用方式进行分区严格管理; 应确定洪泛区的产品、功能及属性与淹没(包括泥沙和水质)之间的关系, 量化出用来维持生态系统所必需的淹没量. 例如, 美国一些州, 为保持洪泛区原有的生态环境特征, 禁止开发10年一遇的洪泛区^[6].

b. 加强坝上游的水污染治理. 建坝在截留了上游水资源的同时也会使水流中的污染物滞流于水库, 注重坝上游环境污染的治理对整个河流系统水资源的保护有着深远的意义. 因此, 应对坝址上游地区的生活、工业、农业、牧业和渔业污染物进行截留和处置, 削减携带至河流水体中的污染物浓度, 避免其在库区积聚、沉淀和浓缩, 以减轻因建坝而引起的河流水质的破坏程度.

c. 建造利于生态保护的水利工程. 建坝使得过坝水流流速增大, 致使鱼类不能上溯繁殖. 为保护鱼类资源, 应修建过渔建筑物——鱼道, 使得上溯洄游的鱼类能够穿过大坝并到达上游产卵区. 鱼道的水力计算及结构设计应根据鱼类生活习性、体态特征及水利建筑物来进行^[8]. 此外, 可在鱼道上设置音响装置^[9], 以引导向下游、上游迁徙的鱼群游向鱼道.

3 结 语

坝库的建设已有百年历史, 世界各地修建的水坝给江河流域带来了深远影响. 大坝建设在发挥调蓄区域水资源、降低洪涝灾害、获得清洁能源等重要作用的同时也对江河进行了控制, 如调节流量的季节变化、改变水温和化学组分、拦住入海沉积物、搅乱河流的侵蚀和地质沉积过程、阻碍河谷生命网络间的联系、改变河流系统的地形地貌等, 从而使整个河流生态系统发生变化.

大坝设计者、建造者和管理者应遵循改善生态环境和可持续发展的最终目标, 通过应用现代技术、深入开展环境影响评价、制定利于生态环境的大坝运作模式等手段, 慎重研究大坝工程可能带来的负面环境影响, 充分论证大坝建设项目的环境可行性. 综合分析人文、社会、动植物生态、自然资源、气候变化、土地资源、河流泥沙等因素可能发生的变化, 区分有利与不利成分, 兴利除弊, 减轻大坝对河流生态系统环境的不利影响, 使新建的每一项工程不仅有巨大的经济效益, 而且能够促进经济社会的可持续发展, 促进人与自然的和谐相处.

参考文献:

- [1] 麦卡内 M P. 减轻大坝环境影响的泄洪调度方法[J]. 李伟民译. 水利水电快报, 2002, 23(2):1—4.
- [2] 廖奇志, 阮娅, 廖远志. 大坝在人类改造自然可持续发展中的作用[J]. 人民长江, 2001, 32(12):42—44.
- [3] ROSENBERG D M, MCCULLY P, PRINGLE C M. Global-scale environmental effects of hydrological alterations: introduction[J]. Bioscience, 2000, 50(9):746—751.
- [4] 赵慧君, 张乐. 关注大坝对流域环境的影响[J]. 山西水利科技, 2002(1):92—97.
- [5] MCCULLY P. Silenced River[M]. London: Zed Books Ltd, 1996. 100—130.
- [6] 翟金良, 邓伟, 何岩. 洪泛区湿地生态环境功能及管理对策[J]. 水科学进展, 2003, 14(2):203—209.
- [7] 李正霞. 水利工程与生态环境[J]. 陕西水力发电, 2000, 16(3):31—32.
- [8] 殷悦来, 李克顺, 吴世男. 谈鱼道的设计与施工[J]. 黑龙江水利科技, 1996(2):92—93.
- [9] 兰伯特 D R. 水电站使鱼群改变游向的音响系统[J]. 刘忠清译. 水利水电快报, 1997, 18(10):4—8.

Dam construction-induced environmental impact on riverine ecosystem

QI Ji-ying, RUAN Xiao-hong

(College of Environmental Science and Engineering, Hohai Univ., Nanjing 210098, China)

Abstract: Based on an analysis of the characteristics of riverine ecosystem, the environmental impact of dam construction was discussed from the angles of ecological variables and non-ecological variables of riverine ecosystem. It is considered that a dam plays an important role in adjustment and storage of regional water resources, mitigation of flood disasters, and generation of clean power source, meanwhile it has some negative impacts on the water regime, landform, physiognomy, water quality, and environment. Finally, it is suggested that the dam builders and managers should implement environmental impact assessment and work out an effective dam operation mode with the help of contemporary techniques, so as to alleviate the negative environmental impact of dam construction on riverine ecosystem and to ensure the sustainable development of the ecosystem.

Key words: dam; riverine ecosystem; environmental impact