文章编号: 1672-3031(2005) 04-0287-04

河道的生态功能及水文过程的生态效应

杜强, 王东胜
(中国水利水电科学研究院 水环境研究所, 北京　100038)

摘要: 对河流生态功能的认识是评价水利工程建设生态影响的基础, 水文过程是影响河流生态系统的控制性变量。本文介绍了河流的栖息地、过滤和屏蔽、通道、源汇等方面的生态功能, 水文过程与生态环境和生物多样性的关系, 以及流量与频率变化、来水时间、变化的速度、来水时间长短等水文特征变量的生态效应。

关键词: 河道; 生态功能; 水文过程
中图分类号: X53　　文献标识码: A

1　研究背景

淹没、阻隔、径流调节变化对生态环境的影响是大坝建设关注的主要问题。相对而言, 淹没对陆生生态的影响、阻隔对回游性水生生物的影响[1, 2]都有较为深刻认识, 而水文情势变化对河流生态系统的长期生态效应影响的认识和研究是目前生态学科与水利学科交叉研究的热点。如何评价这些影响并提出缓减不利影响的措施, 是未来水利水电建设必须解决的问题, 认识河流的生态功能和水文过程的生态学效应是评价的基础。基于这一认识, 本文在总结前人研究的基础上概要介绍河流生态功能与水文过程的生态效应, 以期对水利水电工程建设的生态环境保护提供借鉴。

2　河流生态功能

河流是一个完整的连续体, 上、下游和左、右岸构成一个高度连通的、完整的体系, 河流的生态系统具有栖息地、过滤作用、屏蔽作用、通道作用、源汇等方面的功能[1, 2]。

2.1　栖息地功能　栖息地是植物和动物(包括人类) 能够正常的生活、生长、觅食、繁殖以及进行生命循环周期中其它的重要组成部分的区域。栖息地为生物和生物群落提供生命所必需的一些要素, 比如空间、食物、水源以及庇护所等。河道通常会为很多物种提供非常适合生存的条件, 它们利用河道来进行生活、觅食、饮水、繁殖以及形成重要的生物群落。

河道一般包括两种基本类型的栖息地结构: 内部栖息地和边缘栖息地。内部栖息地相对来说是更稳定的环境, 生态系统可能会在较长的时期仍然保持着相对稳定的状态。边缘地区是两个不同的生态系统之间相互作用的重要地带。边缘栖息地处于高度变化的环境梯度之中, 会比内部栖息地环境中有着更多样的物种构成和个体数量。边缘地区相对于其内部地区起到了过滤器的作用, 也是维持着大量动物和植物群系变化多样的地区。

栖息地的功能作用很大程度上受到连通性和宽度的影响。在河道范围内, 连通性的提高和宽度的增加通常会提高该河道作为栖息地的价值。河流流域内的地形和环境梯度(例如土壤湿度、太阳辐射和沉积物的逐渐变化) 会引起植物和动物群落的变化。宽阔的、互相连接的、具有多样的本土植物群落的河道是良好的栖息地条件, 通常会发现比那些狭窄的、性质相似的并且高度分散的河道内存在着更多的

收稿日期: 2005-01-12
基金项目: 国家自然科学基金重大项目(30490231)
作者简介: 杜强(1965-), 山西人, 博士, 高级工程师, 主要从事生态水文学研究。E-mai: duq@ iwhr. com

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

生物物种。

2.2　通道作用　通道作用是指河道系统可以作为能量、物质和生物流动的通路。河道由水体流动形成, 又为汇聚和转运水体和沉积物服务, 同时还为其它物质和生物群系通过该系统进行移动提供通道。河道既可以作为横向通道也可以作为纵向通道, 生物和非生物物质向各个方向移动和运动, 有机物质和营养成分由高至低进入河道系统, 从而影响到无脊椎动物和鱼类的食物供给。对于迁徙性和运动频繁的野生动物来说, 河道既是栖息地同时又是通道, 生物的迁徙促进了水生动物与水域发生相互作用, 例如: 鲑鱼产卵期间溯河到达河流系统上游地段, 不仅实现了自身的繁殖, 而且垂死的大量亲鱼为河流提供了营养物质输入, 进一步促进生物量的增加, 河流源头地区也能从海洋中获得营养物质。因此, 连通性对于水生物种的移动非常重要。

河流通常也是植物分布和植物在新的地区扎根生长的重要通道。流动的水体可以长距离的输移和沉积植物种子; 在洪水泛滥时期, 一些成熟的植物可能也会连根拔起、重新移位, 并且会在新的地区重新沉积下来存活生长。野生动物也会在整个河道系统内的各个部分通过摄食植物种子或是携带植物种子而形成植物的重新分布。

河流也是物质输送的通道。河道能不断调节沉积物沿河道的时空分布, 最终达到新的动态平衡。

河道以多种形式成为能量流动的通道。河流水流的重力势能不断地塑造着流域的形态。河道里的水可以调节太阳光照的能量和热量。

进入河流的沉积物和生物量在自然中通常是由周围陆地供应的。宽广的、彼此相连接的河道可以起到一条大型通道的作用, 使得水流沿着横向和纵向都能进行流动和交换, 狭窄的或是七零八碎的河道则常常受到限制。

2.3　过滤和屏障作用　河道的屏障作用是阻止能量、物质和生物输移的发生, 或是起到过滤器的作用, 允许能量、物质和生物选择性地通过。河道作为过滤器和屏障作用可以减少水体污染、相当程度的减少沉积物转移, 可提供一个与土地利用、植物群落以及一些迁徙能力差的野生动物之间的自然边界。

影响系统屏障和过滤功能作用的因素包括连通性和河道宽度。一条宽阔的河道会提供更有效的过滤作用, 一条连通性好的河道会在其整个长度范围内发挥过滤器的作用。沿着河道移动的物质在它们要进入河道的时候也会被选择性地滤过。在这些情况下, 边缘的形状是弯曲的还是笔直的将会成为影响过滤功能的最大因素。

物质的输移、过滤或者消失, 总体来说取决于河道的宽度和连通性。在整个流域内, 向大型河流峡谷汇流的物质可能会被河道中途截获或是被选择性滤过。地下水和地表水的流动可以被植物的地下部分以及地上部分滤过。

河道的中断缺口有时会造成该地区过滤功能作用的漏斗式破坏或损害。例如, 在沿着河道相互连接的植被中出现一处缺口, 就会降低其过滤功能作用, 集中增加了进入河流的地表径流, 造成侵蚀、沟蚀, 并且会使沉积物和营养物质自由的流入河流之中。

2.4　源汇作用　源的作用是为其流域内其他环境提供生物、能量和物质。汇的作用是不断地从流域周围环境中吸收生物、能量和物质。河岸通常是作为“源”向河流中供给泥沙沉积物和营养物质, 在洪水期, 河岸处沉积新的泥沙沉积物时它们又起到“汇”的作用。在整个流域范围内, 河道是流域中其它各种斑块栖息地的连接通道, 整个流域内起到了能够提供原始物质的“源”和通道的作用。

泛滥平原植被的源汇功能作用是通过减缓或是吸纳洪水从而减少下游洪水泛滥的程度, 在洪水来临时期保持沉积物和防止其它物质流失, 为土壤有机物质和水生有机物质提供来源。

3　水文过程的生态学效应

水文动态是河流生态系统的控制性变量。水流在时空上的快与慢、深与浅、陡与平缓, 以及洪峰与小流量等特征, 能够影响到大量河流物种的局部和总体分布模式。很多生物对于水流速度是非常敏感的, 因为水流是传送食物和营养物质的一种重要机制, 对生物体继续生存在特定河段中的能力也产生了

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

影响。一些生物会对于来水的时间变化作出反应,可能会增加死亡率、打破物种之间的相互作用。

3.1　水流动态对水生生物多样性的影响　(1) 水流是河流生境的主要决定因素,同时也是生物组成的决定性因素。水流动态的改变在不同空间尺度上改变了栖息地,而且影响了物种的分布和丰度以及水生群落的组成和多样性。水流的流动影响了河道的形状、大小和复杂性,支流和三角洲的形成,影响了浅滩、急流、深潭和静水区域的分布,影响了基质、缀块的多样性和稳定性,影响了食物的类型和数量,以及主河道与滩地的相互作用特征。河流和滩地的生物已经适应了这种复杂多变的生境格局,生物多样性常常与生境的复杂性直接相关。大型流域生境的多样性一般较高,因此也比小流域支持了更多的水生生物; (2) 水生生物的完成生长史直接响应于天然水流动态,流动特征对塑造生长史产生主要的影响,同时水流动态的改变会导致土著物种多样性的丧失。许多研究表明,降雨与径流的依时变化是河流和湿地的植物、无脊椎动物和鱼类生命循环的主要驱动力; (3) 维持河流纵向和横向的连通性对于许多河流物种种群的生命力是非常必要的,纵向和横向的连通性的丧失会导致种群的隔离以及鱼类和其他生物的局部灭绝; (4) 水流动态的改变可能为外来物种的入侵提供条件。

3.2　水文特征变化的生物学效应　一般而言,长期的水文动态与生物的生长史相关,近期的水文事件对种群的组成和数量有影响,现状水文特征主要对生物的行为和生理有影响[3]。

(1) 流量与频率变化对生物的影响。流量频繁变化,可能会加剧冲刷、敏感物种丧失和破坏生物生命循环,在小型河道中的实验研究表明,在大流量期间,幼鳟鱼被冲到下游之后,在小流量期间能游回原先的位置[4]。但是,某些较小的鱼不能回到原来地位置,当流量大到足以把鱼从它们的避难所冲走时,水流波动频繁的长期影响可能非常严重,鱼群中较弱小的鱼受到的影响最为严重。流量稳定化(如水库调节) 改变了能量流动[3],导致外来生物容易入侵,生物局部灭绝、威胁土著物种、改变种群组成; 减少水和营养物质进入河漫滩,导致植物幼苗干化,植物种子扩散条件变差。大坝建设能增大枯水期的流量,减小洪峰流量和洪水出现的频率、降低浑浊度、调节热能分布并减小河床冲刷,从而使附着的水生生物数量大为增加。另一方面,由于洪水减小,会使依赖于洪水变动的物种(如岸边的林木) 受到负面影响。

(2) 来水时间的改变对生物的影响。季节性洪峰流量的丧失会导致鱼类产卵、孵化和迁徙激发因素中断; 鱼类无法进入湿地或回水区; 改变水生生物的食物网结构; 岸边植被恢复能力降低或消失; 植被生长的速度减缓。长江流域是我国野生四大家鱼的产卵场,在自然条件下,四大家鱼不能在静水中产卵,产卵地点一般选择在江河干流的支流汇合处、河曲一侧的深槽水域、两岸突然收缩的江段等处。以草鱼为例,其生殖期为 4~ 7 月,比较集中在 5 月间。一般江水上涨来得早且猛,水温又能稳定在 18℃左右时,草鱼产卵即具规模。宜昌至城陵矶江段,有 11 个四大家鱼产卵场,三峡工程建成后水文情势的改变会对鱼类的产卵会造成一定程度的影响[5]。

(3) 来水时间长短对生物的影响。长时间的小流量会导致水生生物聚集,植被减少或消失或植被的多样性消失; 植物生理胁迫导致植物生长速度较低[6],导致河道地形的变化。淹没时间的长短会影响到植被的覆盖类型,如延长淹没时间,会导致植被功能发生变化,对树木有致命的影响,水生生物的浅滩生境丧失。

(4) 流速变化对生物的影响。水流陡涨陡落会导致水生生物被冲刷或搁浅,洪水的陡落导致生物幼苗种群不能建立[6]。一般而言,在自然条件下,流量的陡涨陡落一定程度表明流域生态系统在恶化。调峰电站的运行导致的水文情势变化常常具有这样的特点。瑞典的研究表明[4],调峰电站运行时突然减少河流流量会使幼鱼因此搁浅,进而导致鱼类大量死亡。河流中的水流速率决定了水中浮游生物是否能够生长并且维持它们自身的发展。河流中水流速度越慢,其中生长在岸边和底部的生物群落结构和外形就会越接近静水中的模式。

4　结语

对河流的生态功能的认识是评价大坝与河流作用的基础,本文在前人研究的基础上对河流的栖息地功能、过滤作用、屏蔽作用、通道作用、源汇功能进行了概要介绍,对水文过程的变化与生物多样性及

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

生物学效应进行了归纳,希望能够对水利工程建设导致的阻隔、淹没、水文调节变化对生态环境的影响有一个基本的认识。对于大坝对生态环境的影响,亟待加强生物与非生物学科的交叉研究,强化生态水文学研究,同时,认识河流生态功能与水文过程也是加强水库适应性管理(adaptive management)的基础。

参　考　文　献:

[1] The Federal Interagency Stream Restoration Working Group. Stream Corridor Restoration: Principles, Processes and Practices[M]. USDA, 1999.

[2] Craig J, Hollis A. Stream Management-Concepts and Methods in Stream Protection and Restoration[R]. Environmental Laboratory US Army Waterways Experiment Station, 1999.

[3] Brian D R, Jeffrey V B, et al. A method for assessing hydrologic alteration within ecosystem[J]. Conservation Biology, 1996, (8): 1163- 1174.

[4] A 哈尔比,等. 水电站调峰对河流生态的影响[J]. 水利水电快报, 2002, (1): 3- 5.

[5] 长江水利委员会. 三峡工程生态环境影响研究[M]. 武汉: 湖北科学技术出版社, 1997.

[6] Christer N, Magnus S. Augusbasic principles and ecological consequences of changing water regimes: riparian plant communities[J]. Environmental Management, 2002, 30(4): 468- 480.

[7] UNEP. Improving the Environmental Performance of Dams Project Synthesis Report Project[R]. MT/ 1100-99-71, 2004.

Review on ecological function of stream corridor and ecological effects of hydrological process

DU Qiang, WANG Dong-sheng

(*Dept. of Water Environment, IWHR, Beijing　100038, China*)

Abstract: It is an elementary work for ecological impact assessment to recognize ecological function of rivers. The flow regime is a dominant variable affecting river ecosystem. The ecological functions of habitat, filter, barrier, conduit, sink and source of stream corridors are introduced in the paper. The relationship between hydrology and diversity of habitat and biota is introduced. The magnitude, frequency, duration, timing and changing rate of flows and their ecological consequences are discussed, in order to provide basic concepts in assessing impacts of water project construction on ecological environment.

Key words: stream corridor; ecological function; flow regime

(责任编辑: 王冰伟)

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net