

水电规划的河流生态连通性研究

杨桃萍, 王孙高, 常 理

(中国水电顾问集团贵阳勘测设计研究院, 贵州 贵阳 550081)

摘要: 河流是人类繁衍生息之场所, 河流生态系统包括河道、两岸及水体内的动植物群落、洪泛滩区和支流等, 健康的河流生态系统需要保持其生态连通性以实现物质流、能量流、信息流交换和分配等生态功能。水电规划通过建设水工闸坝为人类社会带来福祉的同时也影响了河流的生态连通性, 科学地进行河流水电规划需要以景观生态学、流域生态学理论为指导, 遵循“生态优先、统筹考虑、适度开发、确保底线”的水电开发原则, 以维护河流健康为目标, 尽可能地保护河流生态连通性不被破坏。

关键词: 环境水利; 水电规划; 河流廊道; 生态连通性; 河流健康; 生态优先

中图分类号: TV212.4; X321

文献标志码: B

文章编号: 1007-0133(2012)02-0028-03

1 河流的生态连通性

1.1 理论体系

《国民经济和社会发展的第十二个五年规划纲要》提出要“在做好生态保护和移民安置的前提下积极发展水电”, 突出强调了做好生态保护工作对于水电可持续发展的极端重要性, 是我国今后一段时期做好水电开发生态环境保护工作的重要指导思想。目前, “生态优先、统筹考虑、适度开发、确保底线”已成为我国水电开发的指导原则共识^[1], 河流的生态连通性即是一个重要的考核指标。

从景观生态学的角度来看, 生态连通性是景观元素在空间结构上的联系, 也是景观格局和生态过程之间联系的纽带。通常, 连通性是指景观对生态流的便利或阻碍程度。连通性良好的景观可以更有效地实现其生态功能。具体到流域生态学上来说, 河流生态连通性被定义为: 河道干支流、湖泊及其他湿地等水系的连通情况, 反映水流的连续性和水系的连通状况^[2]。

河流生态连通性从交换的角度主要包括河流与河流(包括支流)的连通性、河流纵向连通性及河流与湖泊的连通性 3 种类型^[3]。从横向的角度可以分为河道的连通性、河漫滩的连通性、高地过渡带的连通性 3 个部分。

河流生态连通性对于鱼类尤其是各种洄游性的鱼类意义最为重大。人类修筑的各种拦水设施(如水库、闸坝等)、航道整治和渠化以及人类活动造成的各种污染都会改变河道的生态条件, 造成栖息地连续性的破坏, 鱼类种群大量减少甚至消失。

1.2 特性表述

河流生态连通性包含 2 个基本要素: 一是要有

能满足一定需求的保持流动的水流; 二是要有水流的连接通道。其功能包括栖息地功能、过滤作用、屏蔽作用、通道作用、源汇功能等方面^[4]。

栖息地是植物和动物(包括人类)能够正常地生活、生长、觅食、繁殖以及进行生命循环周期中其他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。河流通常会为很多物种提供非常适合生存的条件, 它们利用河流来进行生活、觅食、饮水、繁殖以及形成重要的生物群落。

通道功能作用是指河道系统可以作为能量、物质和生物流动的通路。河流由水体流动形成, 又为收集和转运河水和沉积物服务, 有很多其他物质和生物群系通过该系统进行移动。

河流屏障作用是阻止能量、物质和生物运动的发生, 或是起到过滤器的作用, 允许能量、物质和生物选择性的通过。河道作为过滤器和屏障作用可以减少水体污染、最大程度地减少沉积物转移, 常提供一个与土地利用、植物群落以及一些运动很少的野生动物之间的自然边界。

源的作用是为其周围流域提供了生物、能量和物质; 汇的作用是不不断的从周围流域中吸收生物、能量和物质。

2 水电规划对生态连通性的影响

2.1 规划方案

西部某河流全长 317 km, 水面高程约为 3 216

收稿日期: 2011-11-16

作者简介: 杨桃萍(1982—), 男, 江西省万安县人, 硕士, 高级工程师, 从事环境影响评价、生态规划等方面研究工作。

~2 340 m, 落差 877 m, 平均比降 2.77‰, 水电规划选择了 10 个坝址, 拟定了 7 组开发方案, 推荐

方案的规划方案特性表见表 1, 7 个梯级开发纵剖面示意图见图 1。

表 1 西部某河流水电规划梯级开发方案组成

指标	侧格	约龙	卡贡	班达	如美	邦多	古学	合计
正常蓄水位/m	3 191	3 146	3 104	3 054	2 895	2 605	2 525	—
正常库容/亿 m ³	0.35	0.06	0.03	9.38	35	0.79	3.46	49.07
调节性能	径流式	径流式	径流式	周	年	径流式	日	—
利用落差/m	34.5	28	45.5	162	277	80	185	812.0
装机容量/MW	132	132	240	1 000	2 100	690	1 560	5 854
最大坝高/m	63	53	97	222	315	127	195	—

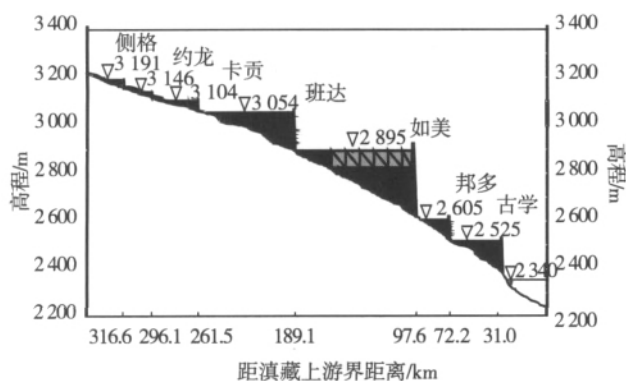


图 1 某河流梯级开发纵剖面示意图

2.2 影响方式

大坝的修建割断了河流的纵向连通性, 从宏观上看主要是改变水流的时间和空间分布, 引起水文情势的变化及生态系统物理、化学和地貌形态的改变。大坝的存在一方面可以减小流量变率, 使径流量在年内的分配更加均匀, 减轻汛期的洪水危害, 同时增加枯季的水量供给, 更好地满足最小生态流量的需求, 但由于流量变幅减小, 原先可以在洪水季节过水的湿地缺乏水源补充, 不利于湿地生物的生长, 有可能降低河流湿地的生物多样性。

大坝建设对河流生态连通性的影响具体来看主要表现在: 原有物种所适应的原有天然径流和水文条件的栖息地丧失; 河流作为生物和营养元素交流廊道的功能不复存在; 沿岸带连接高地和水域生态系统的“过滤”作用降低。工程规模的大小、位置的不同, 影响的空间也不同。一些大型的水利水电工程如本河流的如美水电站可能对全流域生态系统形成影响, 导致下游河岸的侵蚀、营养物质的来源减少等问题。

3 水电规划的生态连通性体现

3.1 干支流的体现

麦曲和色曲是规划河流的两大主要支流, 河流

特征见表 2, 且均是有一定流量且与干流相似生态环境的一级支流。该区域植被繁茂, 鱼类资源较丰富。根据实地调查, 规划河段的 10 种鱼类中有 9 种在这 2 条支流中有分布, 2 条支流流量较大, 尤其是麦曲的二级支流众多, 生境复杂多样, 鱼类资源较为丰富, 是干流水电工程建设后鱼类的重要栖息场所。

表 2 某河流 2 条支流基本特征

名称	岸别	流域面积/ km ²	多年平均流量/ (m ³ ·s ⁻¹)	河道总长/ km
麦曲	左岸	6 349	56.6	138
色曲	右岸	7 310	64.2	299

从保护鱼类栖息地角度考虑, 规划方案选取了支流色曲、麦曲及其相连通干流进行鱼类栖息环境的保护, 并且作为干流发电的补偿对麦曲河进行疏通, 作为干流鱼类的替代生境。

当梯级电站建成后, 干流将形成水库系统, 干流流水生境将被破坏, 部分支流将替代干流的一部份功能, 因此, 有必要在支流水能开发中留出一定的生态空间作为干流梯级开发的生态补偿。

3.2 天然河段的体现

规划方案的上游采用低坝开发, 中下游也留出一定回水距离, 全河流保留了一定的天然河段, 具体情况见表 3。

规划河段利用长度为 317 km, 待梯级水库建成后, 梯级水库回水范围长达 286.5 km, 尚留有 30.5 km 的天然河段, 占整个规划河流长度的 9.6%。由于不同来水条件下水库调蓄消落的影响, 水库水位下降时, 更多的天然河道仍会出露。

3.3 工程设施的体现

规划的 7 级大坝有高有低, 范围从 53 ~ 315 m 不等。其中, 侧格、约龙、卡贡的最大坝高分别为 63 m、53 m 和 97 m, 利用落差分别为 34.5 m、22 m

表 3 某河流梯级开发对天然河长的影响分析

坝址名称	坝址间 距离/ km	正常蓄 水位/ m	平水 长度/ km	保留天然河道 长度(平水) / km
源头汇合口	0	3 217.3	—	—
侧格	27.3	3 191	17.7	9.6
约龙	20.5	3 146	13.5	7.0
卡贡	34.6	3 104	29	5.6
班达	72.4	3 054	68.4	4.0
如美	91.5	2 895	91.5	0
邦多	25.4	2 605	21.1	4.3
古学	45.3	2 525	45.3	0
总计	317	—	286.5	30.5

和 45.5 m, 属相对较低的坝型, 且坝址所在江段水面相对较宽, 沿岸较开阔、平缓, 可以留出布置鱼道的空间。此外, 由于卡贡坝址附近的 2 条支流麦曲和色曲为河流的 2 条主要支流, 鱼类种类及数量较多, 生境复杂多样, 适宜鱼类生存繁衍的产卵场、索饵场分布较多, 采用鱼道方案有利于鱼类自由穿越大坝, 顺利到达特定位置繁殖产卵和觅食。如果对目标鱼类的持续游泳能力加以测试, 按目标鱼类的特征参数设计良好的鱼道形式、休息池、进出口和诱鱼设施, 这 3 座大坝采用鱼道过鱼是可行的方案。

班达、如美、邦多和古学大坝规划的最大坝高分别为 222 m、315 m、127 m 和 195 m, 利用落差分别为 162 m、277 m、80 m 和 185 m, 均属中、高水头建筑物。因水库地处峡谷河段, 河谷狭窄且沿岸陡峭, 受地形限制, 如建造鱼道需要凿山穿洞, 一方面工程量大, 直接导致造价较高; 另一方面过鱼对象在鱼道中是处在黑暗的环境之中, 缺乏自然光线的照射, 不利于鱼类上溯。升鱼机是适宜建造在中、高坝上的过鱼设施, 且升鱼机成本相对低、总容积相对小, 在规划河流两岸地形陡峭的情况下, 升鱼机是一个比较经济、有效的选择方案。升鱼机过鱼方式的关键在于下游的集鱼效果, 可以采取在下游建筑拦鱼堰(栅)或其他诱导设备来辅助过鱼。集运鱼船与升鱼机的原理基本相同, 均为诱导集鱼后转运。升鱼机与集运鱼船过坝方案相比, 升鱼机运行过程中对诱鱼系统依赖性相对较大, 机械化程度较高, 容易发生机械故障, 一次过鱼量较小, 只能应用于单个工程, 且无法进行下行和长距

离运鱼, 对于鱼类的上下游交流作用并不明显。因此, 班达、如美、邦多和古学等大坝初步拟定升鱼机方案和集运鱼船方案进行比选。

3.4 生态流量的体现

规划方案中各梯级均考虑各坝址处下泄流量以多年平均流量的 5% 作为生态流量, 以维持减(脱)水河段水生生物的生存环境。

根据各规划坝址处的多年平均流量, 得出了各梯级初蓄期和运行期应下放的生态流量, 见表 4。

表 4 各梯级坝址处多年平均流量和生态流量下放量

坝址	多年平均流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	生态流量下放量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)
侧格	481	24.05
约龙	483	24.15
卡贡	544	27.20
班达	621	31.05
如美	652	32.60
邦多	664	33.20
古学	676	33.80

规划梯级方案消除了由于汛期、枯水期引起的生态系统用水过多或不足的不利影响, 更保证了区域生态用水在全年的均衡稳定, 有利于维持当地生态系统的结构完整性和功能的稳定性。

4 结束语

生态连通性是健康河流的重要表征指标之一, 河流水电规划中需要突出保护其生态连通性。本文案例河流水电规划方案通过干支流、天然河段、工程设施、生态流量等必须手段保证了一定的生态连通性, 充分体现了“生态优先、统筹考虑、适度开发、确保底线”的水电开发原则, 对其他河流进行水电规划具有一定的借鉴意义。

参考文献:

- [1] 吴晓青. 我国水电开发与生态环境保护[N]. 中国环境报 2011-09-01(2).
- [2] 长江水利委员会. 维护健康长江, 促进人水和谐研究报告[R]. 武汉: 长江水利委员会 2005.
- [3] 张欧阳, 卜惠峰, 王翠平, 熊明. 长江流域水系连通性对河流健康的影响[J]. 人民长江 2010 (02).
- [4] 蔡晓辉. 河流的生态功能及水文变化的生物学效应[J]. 河南水利与南水北调 2008 (08).

(责任编辑: 唐成书)