

文章编号:1001-4179(2015)09-0063-05

安徽省某大型综合利用水库生态基流研究

杨寅群¹, 柳雅纯¹, 赵琰鑫², 康瑾³, 操文颖¹

(1. 长江水利委员会 长江水资源保护科学研究所, 湖北 武汉 430051; 2. 环境保护部 环境规划院, 北京 100012; 3. 湖北省环境科学研究院, 湖北 武汉 430072)

摘要:大中型综合利用水库调度运行将使下游河道水文情势发生较大改变, 为避免河流水生态系统功能遭受无法恢复的破坏, 需要合理确定工程下游河段的生态基流。在综合分析某水库坝下河段的生态保护需求和服务功能的基础上, 通过对常用的生态基流计算方法进行整理与比选, 采用 Tennant 法、湿周法、R2-Cross 法、7Q10 法和 90% 保证率最枯月平均流量法等计算了水库下游河段的生态基流。在此基础上, 综合考虑下游湿地的生态需水要求、水厂取水、工农业用水等因素, 确定了工程下游河段的生态基流量。研究结果可为工程规划设计提供技术支持。

关键词:生态基流; 生态流量; 水生生物分析; 需水分析; 综合利用水库

中图分类号: TV697.25

文献标志码: A

DOI:10.16232/j.cnki.1001-4179.2015.09.015

为满足防洪、发电、供水、航运等兴利要求, 大中型综合利用水库一般具有较强的径流调节能力, 水库的调度运行将使其下游河道的水文情势发生较大改变, 从而对水生生态、生产和生活用水、河道景观等产生一系列影响。对于一条常年性河流, 具有足够的流量是维持河流生态环境功能的最基本条件, 如果发生河道断流, 原有的水生态环境将遭受严重破坏, 即使再次复水, 河流水生态系统也很难恢复到原来的水生生态状况, 甚至一些本地特有的物种将从此灭绝^[1]。

为维持河流基本形态和生态功能, 防止河道断流, 避免河流水生态系统功能受到无法恢复的破坏, 需要基于工程所在区域的生态环境特点, 综合分析工程影响河段的生态保护目标, 合理确定工程的下泄生态基流量, 维护河流健康生命。

1 工程及流域概况

某水库工程位于安徽省安庆市境内, 长江北岸菜子湖水系大沙河中游, 是大沙河梯级开发的最后一级,

开发任务以防洪、灌溉、供水为主, 兼顾发电。水库属 II 等大(二)型工程, 正常蓄水位 115 m, 死水位 90 m, 防洪限制水位 108.9 m, 设计洪水位 115.76 m, 校核洪水位 118.42 m, 总库容 2.02 亿 m³, 防洪库容 0.44 亿 m³, 调节库容 1.28 亿 m³, 具有多年调节能力。

大沙河发源于大别山东南麓, 流域面积 1 396 km², 河道长度 90.8 km, 在尖刀咀分为两条干流, 北为柏年河, 长 33.3 km; 南为人形河, 长 32.7 km, 两河在练潭乡乌鱼宕汇合, 再向下延伸 8.6 km, 于赌棋墩入菜子湖, 是菜子湖最大的一条支流。菜子湖位于安徽省安庆沿江水禽省级自然保护区内, 纳大沙河、挂车河、龙眠河、孔城河等 4 河来水, 由长河水道经枞阳闸与长江连通。工程所在水系见图 1。

2 生态基流组成分析

美国的水电站水流控制标准主要是为保证鱼类、野生生物的健康和保持水质提供适宜的水流条件, 以及娱乐活动的需求^[2]。我国的相关技术指南和导

收稿日期: 2014-09-09

作者简介: 杨寅群, 男, 工程师, 博士, 主要从事水资源与水利工程环境影响的研究。E-mail: yangyinqun@whu.edu.cn

通讯作者: 操文颖, 男, 副处长, 高级工程师, 主要从事水资源保护管理与研究。E-mail: Caowy@ywrp.gov.cn

则^[3-5]在确定生态基流时,考虑的因素一般包括工农业生产及生活需水量;维持水生生态系统稳定所需水量;维持河道水质的最小稀释净化水量;维持河口泥沙冲淤平衡和防止咸潮上溯所需水量;航运、景观和水上娱乐环境需水量等^[3-5]。

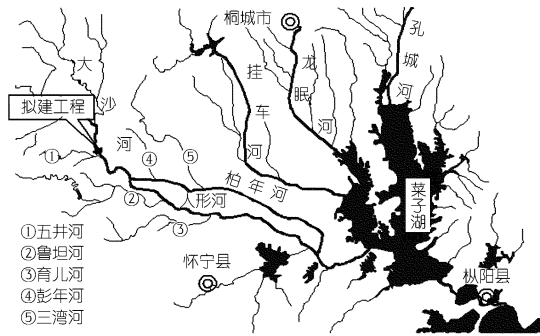


图 1 工程所在水系示意

菜子湖湿地位于拟建水库下游,水库调度运行可能对湿地生态系统产生一定的影响,因此在生态基流计算时,不仅需考虑维持下游河道水生生态系统稳定和水环境质量所需的水量,还应考虑维持菜子湖湿地生态功能所需的水量。由于大沙河没有航运功能,且天然状态下丰枯水量变化大,枯期水面狭窄,该工程生态基流中不包含航运、景观和水上娱乐所需水量。综合分析后,确定工程的生态基流计算应考虑 4 个方面,即:维持水生生态系统稳定所需水量、维持河流水环境质量的最低稀释净化水量、维持菜子湖生态功能所需的最低水量和工农业生产及生活用水量,即,生态基流 = max{维持水生生态系统稳定所需水量,维持河流水环境质量的最低稀释净化水量,维持菜子湖生态功能所需水量} + 工农业生产及生活用水量。

3 方法比选

自 20 世纪 70 年代以来,生态基流开始受到重视并得到大量的研究。早期的研究主要为水文学方法,如 Tennant 法、7Q10 法等;后来研究人员根据河道断面参数判断河流所需流量,形成了基于水力学的方法,如湿周法、R2 - Cross 法等,以及水力学与生境相结合的生境模拟法;90 年代后,随着对河流整体生态功能的重视,以 BBM 法为代表的综合法被提出^[6]。

根据各计算方法的适用条件,综合考虑工程影响河段生态目标的具体情况和需水特点、基础资料获取及研究周期等,本文采用 Tennant 法、湿周法和 R2 - Cross 法进行比较计算分析,取其最大者作为推荐的最低维持水生生态系统稳定所需水量;采用 7Q10 法和 90% 保证率最枯月平均流量法进行比较计算分析,取

其大者作为推荐的维持河流水环境质量所需的最小稀释净化水量。常用的生态基流计算方法及其在该工程的适用性分析见表 1。

4 生态基流计算

4.1 维持水生生态系统所需水量

4.1.1 Tennant 法

Tennant 法建立了河流流量和水生生物、河流景观及娱乐之间的关系,该方法认为多年平均流量的 10% 是支撑短期生存栖息地的最小瞬时流量^[7]。Tennant 法简单易操作,比较适合对河流进行最初的目标管理和河流的战略性管理,计算结果可作为其他方法的一种检验。

采用 1967 ~ 2010 年共 44 a 工程坝址处水文资料进行计算,坝址处多年平均流量 10.8 m³/s,按照生态基流不小于多年平均流量 10% 的标准计算,生态流量取 1.08 m³/s。

4.1.2 湿周法

湿周法基于湿周和水生生物栖息地的有效性有直接联系的假设,认为保证好一定水生生物栖息地的湿周,也就满足了水生生物正常的生存需求,该方法一般适用于宽浅河道^[8]。工程尾水池出口所在的河道,形态比较顺直,河床形状稳定,河道呈宽浅矩形,属于湿周法的适用范围。因此,以该断面作为湿周法的计算断面,对应的湿周流量关系见图 2。

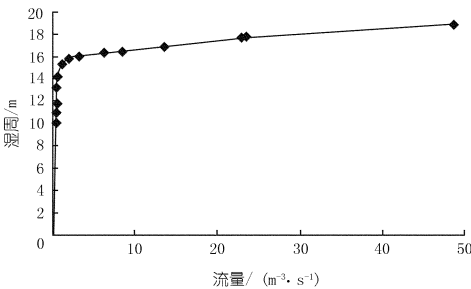


图 2 尾水池出口断面湿周 - 流量关系

由图 2 可知,随着河道内流量的增加,湿周逐渐增大,在湿润流量关系线上存在明显的转折点,以转折点对应的流量 1.02 m³/s 作为推荐的流量值。

4.1.3 R2 - Cross 法

R2 - Cross 法以曼宁公式为基础,是美国科罗拉多州水资源保护董事会(CWCB)最常采用的一种定量方法^[9]。选择坝址下游的五井河汇口下游断面、三湾河下游汇口断面和赌棋墩(入菜子湖)断面等 3 个宽

表 1 常用生态流量计算方法及其适用性

| 类型 | 方法名称 | 计算方法 | 适用或限制条件 | 是否适用 | 原因 |
|---------------------|-----------------|---|---|------|--|
| 维持水生生态系统稳定所需水量 | Tennant 法 | 根据水文资料以年平均径流量百分数来描述河道内流量状态。最小生态用水量不应小于工程所在河流控制断面多年平均流量的 10% | 作为河流进行最初目标管理、战略性管理方法使用 | 适用 | |
| | 最小月平均径流法 | 以最小月平均实测径流量的多年平均值作为河流基本生态环境需水量 | 适合于干旱、半干旱区域,生态环境目标复杂的河流。对生态目标相对单一的地区,计算结果偏大 | 不适用 | 工程所在区域不属于干旱、半干旱区 |
| | 湿周法 | 采用湿周作为栖息地的质量指标,绘制临界栖息地区域湿周与流量的关系曲线,根据湿周流量关系图中的转折点确定河道推荐流量值 | 适用于河床形状稳定的宽浅矩形和抛物线型河道 | 适用 | |
| | R2 - Cross 法 | 采用河流宽度、平均水深、平均流速及湿周率指标来评估河流栖息地的保护水平 | 适用于非季节性小型河流 | 适用 | |
| | 组合法 | 采用多变量回归统计方法,建立初始生物数据与环境条件的关系,来判断生物对河流流量的需求 | 适用于受人类影响较小的河流 | 不适用 | 大沙河受采砂、取排水等人类影响较大 |
| | 生境模拟法 | 根据知识物种所需的水力条件的模拟,确定河流流量 | 适用河流主要生态功能为某些生物物种的保护 | 不适用 | 与大沙河主要生态功能不符。 |
| | 组合法 | 以 BBM 法为代表,从河流生态系统整体出发,根据专家意见综合研究流量、泥沙运输、河床形状与河岸带群落之间的关系 | 资源消耗大、时间长,一般至少需要 2 a 时间。综合性、大流域生态需水 | 不适用 | 大沙河属于小型河流(平均流量 10.7m ³ /s < 15m ³ /s),且综合法研究周期过长 |
| 维持河流生态环境质量的最小稀释净化水量 | 生态水力学法 | 通过水生生物适应的水力生境确定合适的流量,属于生境模拟法 | 适用于大中型河流内的水生生物所需生态流量的计算 | 不适用 | 大沙河属于小型河流 |
| | 7Q10 法 | 采用 90% 保证率最枯连续 7d 的平均流量作为河流最小流量设计值 | 适用 | | |
| | 90% 保证率最枯月平均流量法 | 90% 保证率最枯月平均流量法作为河流最小流量设计值 | 适用 | | |

浅断面作为典型计算断面,根据坝址下游大断面及相应的水位流量关系,推求平均水深、平均流速、水面宽度、湿周和湿周率等水力参数。

计算结果表明,工程建成后,枯水期(10 月至次年 3 月)各断面流量均有所增加;丰水期流量有所减小,但水深、流速和湿周率等指标均能满足 R2 - Cross 法规定的最小流量标准,且随着大沙河各支流的汇入,各断面流量逐渐增加,水面宽、平均水深、湿周率等水力要素值亦逐渐增大。受影响最大的坝址 - 五井河汇口河段,当工程按下泄流量不小于 1.08 m³/s 调度运行时,最小水深 0.31 m。鱼类调查结果显示,大沙河中下游河段鱼类个体均较小,一般体长为 10 ~ 15 cm,极少数个体的体长能达到 20 cm 以上。通过下泄 1.08 m³/s 的生态基流,能满足小型鱼类在水体中的自由游动、藏身、觅食等生境要求。

从水面宽度来看,随着工程运行,水面宽度枯水期有所增加,丰水期有所减小。水面宽与原河道状况相比,虽有一定的变化,但类比其他山区河流,能满足本河段鱼类的生长和生活要求。

根据对大沙河流域分布的鱼类生态习性分析来

看,除少数鱼类外,大部分种类均适宜流速 0.2 ~ 1 m/s 的生境,当工程按河道内下泄水量不低于 1.08 m³/s 调度运行时,各断面的流速在 0.34 ~ 0.58 m/s 之间,河流流速对鱼类的生存是适宜的。

4.2 维持河流生态环境质量最小稀释净化水量

4.2.1 7Q10 法

7Q10 法于 20 世纪 70 年代传入我国,主要用于计算污染物允许排放量,在许多大型水利工程建设的环境影响评价中得到广泛应用。采用 1967 年 5 月至 2010 年 4 月共 44 a 系列坝址处逐日天然径流,计算得出 90% 保证率最枯连续 7 d 的平均流量为 0.48 m³/s。

4.2.2 90% 保证率最枯月平均流量法

《河湖生态需水评价导则(试行)》(SL/Z 479 - 2010)提出,水质需水计算应遵照《水域纳污能力计算规程》(GB/T25173 - 2010)执行,依据该规程计算纳污能力所采用的设计水文条件为水质需水。河流水域纳污能力计算的设计水文条件为 90% 保证率最枯月平均流量或近 10 a 最枯月平均流量。根据坝址处 1967 ~ 2010 年 44 a 最枯月流量系列,90% 保证率的最

枯月平均流量为 $0.97 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

4.3 菜子湖生态需水量

为保护菜子湖湿地生态环境,采用最小水位法推求为菜子湖维系基本生态功能,工程需下泄的最小水量。为防止湖泊生态系统退化,最小水位法在确定湖泊最低生态水位时,将水文统计资料中的多年平均年最低水位作为参考值,综合考虑湖泊上层典型鱼类生存水位、野生鱼类生存和繁殖所需的最低水位,选取水位的最大值作为最小生态水位^[11]。

分析菜子湖车富岭水位站 1954 ~ 2010 年共 46 a 逐日水位数据,可得出多年平均年最低水位为 8.61 m。菜子湖湖底平均高程约 8.0 m,上层典型鱼类鲢、鳙生存水深约 2 m,相应水位约为 10.0 m;野生鱼类如鲇类、鲤、鲫等生存和繁殖所需的最低水深约为 1.5 m,相应水位为 9.5 m。因此,可选取 10.0 m 水位作为菜子湖最小生态水位。菜子湖水位为最小生态水位时,为保障菜子湖水量,枞阳闸关闭,此时,为维持菜子湖水位为 10.0 m,赌棋墩(大沙河入菜子湖)断面最小流量应为 $2.97 \text{ m}^3/\text{s}$,各支流入汇流量采用最枯月 1 月平均流量,区间支流入汇量合计 $1.92 \text{ m}^3/\text{s}$,则工程最小下泄流量需为 $1.05 \text{ m}^3/\text{s}$ 。在此情况下,湖泊能够维持一定的水面面积,湖内鱼类等水生生物能够维持相当的生物量,湖周滩涂面积规模以及湖泊中的鱼虾生物量能够维持迁徙至菜子湖的鸟类觅食。

4.4 工农业生产及生活用水量

经调查,工程坝址至河口之间大沙河干流河段有潜山县源潭镇双峰水厂、桐城市青草镇青草水厂、怀宁县马庙水厂和金拱水厂等 4 处水厂取水口,分别位于坝址下游 2.3, 10.3, 19.2 km 和 22.8 km,设计取水量分别为 $0.08, 0.07, 0.01 \text{ m}^3/\text{s}$ 和 $0.01 \text{ m}^3/\text{s}$,合计取水量 $0.17 \text{ m}^3/\text{s}$ 。坝址下游农业用水主要为红旗灌区灌溉用水,从大沙河干流最大引水流量 $0.15 \text{ m}^3/\text{s}$ 。工农业生产及生活用水量合计 $0.32 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

4.5 生态基流的确定

河流系统基本生态环境需水 = $\max \{ \text{维持水生生态系统稳定所需水量} (1.08 \text{ m}^3/\text{s}), \text{防治河流水污染需水量} (0.97 \text{ m}^3/\text{s}), \text{维持菜子湖生态功能所需水量} (1.05 \text{ m}^3/\text{s}) \} + \text{工农业生产及生活用水量} (0.32 \text{ m}^3/\text{s}) = 1.40 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

由于坝址下游 400 m 处有五井河汇入,坝址至五井河段无工农业生产及生活用水量需求,五井河枯水期的多年平均流量在 $0.67 \text{ m}^3/\text{s}$ 以上,当大坝以 $1.08 \text{ m}^3/\text{s}$ 的流量下泄时,在到达五井河断面时,大沙河流量将达到 $1.75 \text{ m}^3/\text{s}$,且随着下游彭年河、鲁坦河、三湾

河和育儿河等支流的汇入,生态基流满足程度随河流延伸逐渐趋好。因此,坝址处工程建设和运行期下泄的生态流量不低于 $1.08 \text{ m}^3/\text{s}$ 即可满足下游生态需水要求,最终推荐该工程建设和运行期下泄的生态基流为 $1.08 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

5 结 论

本文基于某大型综合利用水库工程的工程特性及工程所在区域的生态环境特点,综合考虑坝下河段维持水生生态系统稳定所需水量、维持河流水环境质量的最低稀释净化水量、维持下游湿地生态功能所需的最小水量和工农业生产及生活用水量,采用 Tennant 法、湿周法和 R2 - Cross 法、7Q10 法和 90% 保证率最枯月平均流量法等多种方法,确定了工程的最小下泄生态基流量。研究结果为合理制定工程调度运行方案,保持河流生态系统健康提供了技术支持。

需要指出的是,生态基流是避免河流水生态系统功能遭受无法恢复的破坏而必须保证的河道内最小瞬时流量。

在长期的河流生境演变过程中,河流物种适应了河流水流的自然涨落变化过程,并依靠这种自然变化得以满足生境条件,河流生态系统的完整性很大程度上依赖于河流水流的天然动态变化过程。因此,对于有条件的工程,应考虑对河流生态具有重要影响的水文特征值的变化,开展生态流量的动态过程研究。

参考文献:

- [1] 林启才,李怀恩. 宝鸡峡引水对渭河生态基流的影响及其保障[J]. 干旱区资源与环境, 2010, 24(11): 114 - 119.
- [2] 孙小利,赵云,于爱华. 国外水电站生态流量的管理经验[J]. 水利水电技术, 2010, 41(2): 13 - 16.
- [3] 国家环境保护总局环境工程评估中心. 水电水利建设项目河道生态用水、低温水和过鱼设施环境影响评价技术指南(试行)[R]. 北京:国家环境保护总局环境工程评估中心, 2006.
- [4] 水利部水利水电规划设计总院. 全国水资源保护规划技术大纲[R]. 北京:水利部水利水电规划设计总院, 2012.
- [5] 中华人民共和国水利部. SL/Z 479 - 2010 河湖生态需水评估导则(试行)[S]. 北京:中国水利水电出版社, 2010.
- [6] 尚小英. 渭河宝鸡市区段生态基流调控研究[D]. 西安:西安理工大学, 2010.
- [7] Tennant D L. Instream flow regiments for fish, wildlife recreation and related environmental resources[J]. Fisheries, 1976, 1(4): 6 - 10.
- [8] Gippel G J, Stewardson M J. Use of wetted perimeter in defining minimum environmental flows[J]. Regulated Rivers: Research and Management, 1998, 14(1): 53 - 67.
- [9] 吴洁珍,王莉红. 生态环境建设规划中引入生态环境需水的探讨[J]. 水土保持, 2005, 12(5): 59 - 62.
- [10] 杨涛. 渭河宝鸡市区段生态基流及调控初步研究[D]. 西安:西安理工大学, 2008.

[11] 燕文明,刘凌,王翠文. 淡水湖泊最小生态需水量简易求解方法
及应用[J]. 水电能源科学,2012, 30(7):6 – 8.

(编辑:常汉生)

Study on ecological basic flow for a large multipurpose reservoirs in Anhui Province

YANG Yinqun¹, LIU Yachun¹, ZHAO Yanxin², KANG Jin³, CAO Wenyin¹

(1. Yangtze River Water Resources Protection Institution, Changjiang Water Resources Commission, Wuhan 430051, China; 2. Chinese Academy for Environmental Planning, Ministry of Environmental Protection, Beijing 100012, China; 3. Hubei Academy of Environmental Science, Wuhan 430072, China)

Abstract: The operation of large and middle multipurpose reservoirs will change the natural hydrological regime downstream. To avoid irreversible damage to the functions of river aquatic ecosystem, it is necessary to rationally determine the ecological basic flow in the downstream channel. Taking a reservoir as a case, the methods including Tennant, Wetted Perimeter Method, R2 – Cross, 7Q10 and the most dried monthly average discharge with guarantee rate of 90% etc. are selected on the basis of the comprehensive analysis on the ecological protection demands and service functions of the downstream channel, through the comparison and selection of the common used ecological basic flow calculation methods. Based on the calculation results and by consideration of the ecological water demand of downstream wetland, water intake of waterworks, water demand of industry and agriculture, the ecological basic flow of the reservoir is determined.

Key words: ecological basic flow; ecological flow; analysis of aquatic organism; water demand analysis; multipurpose reservoir

(上接第 53 页)

Long – distance shear strength of slide – zone soil and its effect on landslide initiation

WANG Zhentao

(Shandong Provincial General Station of Geo – environment Monitoring, Ji'nan 250014, China)

Abstract: The long – distance shear strength of slide – zone soil and its variation law are the main controlling factors of landslide initiation. However, the existing common practice of direct shear test and triaxial shear test are unable to carry out the long – distance shearing. To study the variation law of long – distance shear strength of slide – zone soil and its effect on landslide initiation, a landslide in Qingning Township of Daxian County Sichuan Province was taken as an example to conduct a ring shear test on the slide – zone soil. The variation law of the long – distance shear strength of the slide – zone soil was worked out and analyzed in comparison with the process and movement characteristics of the landslide. The results showed that the variation of the long – distance shear strength corresponded with the landslide initiation process. The landslide was first triggered by the factors such as the rainfall, and then started to deform and slip at a low velocity. Under the shear stress of the slide mass, the pore water pressure increased sharply as a result of the shear shrinkage effect, which led to a sharp decrease of the shear strength. When the shear strength was below a certain critical value, the slide mass started to slip at a high velocity. The research conclusions can provide reference for other similar studies and theoretical basis for the forecast and prevention of landslide.

Key words: slide – zone soil; long – distance shear strength; ring shear test; landslide initiation