

水库调度对大坝下游河道生态径流的影响

韩 帅^{1,2,3}, 夏自强^{1,2}, 刘 猛², 孙飞飞²

(1. 水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京 210098; 2. 河海大学水文水资源学院, 江苏 南京 210098; 3. 湖南省水利水电勘测设计研究总院, 湖南 长沙 410007)

摘要 采用逐月频率计算法, 分别计算水库修建前后河道生态径流, 并对其变化情况进行比较, 确定水库调度是否符合河道生态径流的要求。根据襄阳站水文资料对丹江口水库的调度进行分析, 结果表明: 丹江口水库目前的调度方式对汉江流域生态系统的影响比较大, 提出了减小丹江口水库调度对汉江生态系统影响的措施: 为减少这种影响, 应以建坝前的最大、最小和适宜生态径流过程为准, 对现有的调度规程进行适当修改, 使以后运行的最小生态径流不小于建坝前的最小生态径流, 最大生态径流不大于建坝前的最大生态径流过程, 减小水库对生态系统的影响。

关键词 水库调度; 生态径流; 逐月频率计算法; 生态评价; 丹江口水库

中图分类号 TV697.1 **文献标识码** A **文章编号** 1004-693X(2010)01-0021-03

The influence of reservoir operation on in-stream ecological flow downstream of dam

HAN Shuai^{1,2,3}, XIA Zi-qiang^{1,2}, LIU Meng², SUN Fei-fei²

(1. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Hohai University, Nanjing 210098; 2. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China; 3. Hunan Investigation and Design Institute of Water Conservancy and Hydropower, Changsha 410007, China)

Abstract: Using the monthly frequency computation method, the in-stream ecological flow before and after construction of the reservoir was computed and the change of the in-stream ecological flow was compared before and after construction of the reservoir. It was determined whether the reservoir operation met in-stream ecological flow requirements. According to data from the Xiangyang hydrological station and the Danjiangkou Reservoir, the impact of using the current operation procedure of Danjiangkou Reservoir on the ecosystem of the Hanjiang River basin was serious. Measures to reduce the impact of Danjiangkou Reservoir on the Hanjiang River ecosystem are proposed.

Key words: reservoir operation; ecological flow; monthly frequency computation method; ecological evaluation; Danjiangkou Reservoir

1 问题的提出

在河流上修建水库是利用水力发电的主要形式, 大坝阻隔了江河, 使河流连续性发生变化。水库调度因目标不同而有区别, 但现有的任一调度方式, 都会使河道内流量年内或年际发生变化。怎样对这种变化进行评价, 并减少因水库调度而使河流生态系统退化或破坏, 维持河流生态系统的健康生命, 是

目前国内外学者研究的重点之一^[1-2]。

尽管国际上有不少环保人士反对修建大坝, 但是随着世界能源趋紧, 水能作为一种可再生能源, 尤其像中国这样的能源消耗大国, 水库大坝的修建是不可避免的。笔者从流量因素出发, 采用相同的方法对大坝修建前后坝下游河道生态径流因水库调度产生的变化进行比较, 分析出产生改变的原因, 并提出减少这种改变的方法, 使河道维持河流生态系统

健康的所需生态径流量。

2 生态径流计算方法

目前,国内外主要的生态径流计算方法可以分为4类^[3]。第1类是水文指标法(也称历史流量法),常用方法有Tennant法或称蒙大拿(Montana)法、水生物基流法、可变范围法、7Q10法、得克萨斯(Texas)法、流量持续时间曲线分析法、年最小流量法和水力变化指标法(IHA)等;第2类是水力学法,主要有湿周法和R2Cross法;第3类是整体分析法,包括南非的BBM法和澳大利亚的整体研究法;第4类是栖息地法,包括IFIM法和CASIMIR法。

笔者根据现有资料和各种方法在国内的应用情况,采用逐月频率计算法^[4]进行生态径流计算。该法是一种水文统计学方法,属上述第1类水文指标法。该法将流量资料分为1~12月份共12个月平均径流系列,按每月多年平均径流分析出最小生态径流、最大生态径流和适宜生态径流。该方法使用简单,操作方便,使用的资料不多,适合在流量较大的河流上使用。该方法提出了最大生态径流理念及计算方法,在建有大坝的江河上,为了达到河流生态系统的健康要求,水库在进行调度时,其最大出流量应尽量小于该河段的最大生态径流量。

2.1 生态径流

生态径流可以分为广义和狭义两种,广义生态径流不仅考虑河流生态系统所需要的流量,还应包括适合河流生态系统的水位、水温、泥沙和水质等因素。狭义的生态径流仅指维持河流生态系统健康所需的流量。

目前,广义生态径流在国内实际应用还不多,而且实际应用中有很多困难。狭义生态径流理论考虑因素少,运行起来相对简单,狭义生态径流理论的应用将有利于人们接受生态健康概念,为广义生态径流理论的应用铺平道路。

2.2 最小生态径流、最大生态径流和适宜生态径流

狭义生态径流理论只考虑河流流量的变化特征,根据河流多年天然径流资料,运用水文统计的方法,将河流天然状态下的丰水年、平水年和枯水年的径流过程对河流生态系统产生的影响,将河道生态径流分为最小生态径流、最大生态径流和适宜生态径流。

a. 最小生态径流:维持河流生态系统生命,避免河流生态系统遭受不可恢复性破坏的最小径流过程。在逐月频率计算法中是将每个月多年月均流量的最小值作为该月的最小生态径流,再由每个月的最小生态径流组成全年的最小生态径流过程。

b. 最大生态径流:维持河流生态系统生命,避免河流生态系统遭受不可恢复性破坏的最大径流过程。由于水库调度的影响,使河道全年的自然径流过程发生变化,特别是在枯水期,河道的流量可能受水库调度的影响而高于同期水位,流量也大于同期径流,这也会对河流生态系统产生严重影响,是河流季节性变化消失,造成某些物种消失或减产,使河流生态系统受到不可恢复的生态破坏。在逐月频率计算法中是指将每个月多年月均流量的最大值作为该月的最大生态径流,再由每个月的最大生态径流组成全年的最大生态径流过程。

c. 适宜生态径流:维持河流生态系统健康和保持生物多样性最为合适的径流过程。长期处于最大生态径流或最小生态径流对河流生态系统来说是不利的,这样生态系统功能将会减弱。河流径流过程是随机变化的,因时因地而异,适宜生态径流过程应具有明显的统计特征,并具有一个相应的变化范围。逐月频率计算法中是指将1年中每个月的保证率都取为50%,用此保证率求得河流的适宜生态径流过程。

3 应用实例

3.1 基本资料

笔者以丹江口水利枢纽为例,分析丹江口水库调度过程对汉江生态径流过程的影响。丹江口水利枢纽工程是长江支流汉江上第1个控制性大型骨干工程,是新中国成立后自主修建的第1座大型水利枢纽,位于湖北省丹江口市市区北面丹江与汉江汇口以下800m处,工程1958年开工建设,1973年底第1期工程建成,丹江口水利枢纽工程建成后形成了亚洲第一大的人工水库。枢纽分两期开发,第1期正常蓄水位157m,相应总库容174.5亿 m^3 ;第2期工程于2005年开始修建,正常蓄水位170m,相应总库容290.5亿 m^3 ,第2期工程建成后,丹江口水库将成为南水北调中线工程的饮用水源地。第1期工程的总库容174.5亿 m^3 ,约为襄阳水文站多年平均年径流总量401.1亿 m^3 的43.5%,丹江口水库的调度对下游河道流量的影响非常大^[4]。

襄阳水文站是汉江控制站,位于丹江口水利枢纽下游,其来水量主要是丹江口以上汉江,襄阳水文站具有较完整的水文资料,能很好反映出丹江口水库的调度对汉江的影响。分别选用1930~1957年和1974~2003年的日平均流量作为建库前后的原始资料进行逐月频率计算^[5]。

3.2 计算过程

采用逐月频率计算法,得丹江口水利枢纽建坝前后多年平均径流过程,如图1所示,以及建坝前后

汉江襄阳站生态径流过程,如图 2、3、4 所示。

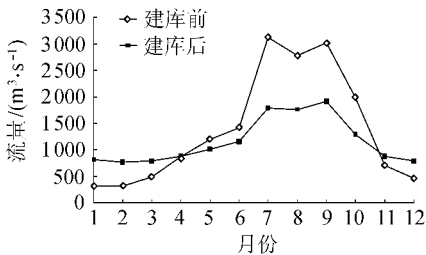


图 1 襄阳站多年平均径流过程

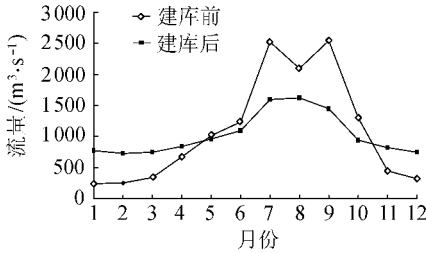


图 2 襄阳站适宜生态径流过程

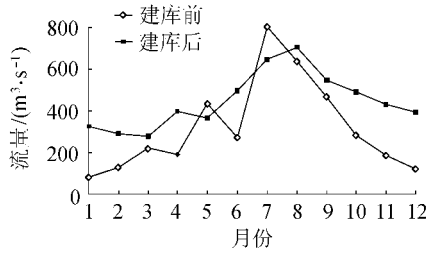


图 3 襄阳站最小生态径流过程

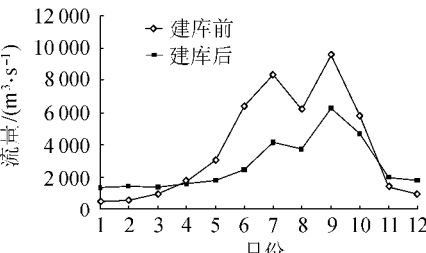


图 4 襄阳站最大生态径流过程

3.3 结果分析

襄阳站的月平均径流过程和生态径流过程在丹江口水库修建前后发生了较大变化,由于丹江口水库是汉江上的控制性工程,且从水库到襄阳水文站的支流汇入所占襄阳站流量的比重不大,影响襄阳水文站水位流量的主要是丹江口水库以上汉江,丹江口水库修建前后襄阳水文站流量发生的变化主要是由丹江口水库调度引起的。这种变化对汉江流域生态系统的健康稳定是非常不利的,在水库调度时一定要首先考虑对生态的影响再考虑经济方面的效益。

由逐月频率计算法得到,丹江口水利枢纽工程建成后,襄阳水文站多年平均径流过程变得平坦化,年内变化不再明显,对于长期以来已经适应了以往径流条件的流域内生物来说,这种变化将使生物减

少或灭绝,生态系统失去平衡或遭受破坏。襄阳水文站 11 月至翌年 3 月的多年平均径流要高于建库前,计算的最大生态径流过程相同月份也高于建库前,5 月和 7 月的最小生态径流要低于建库前,这些变化主要是由于丹江口水库调度引起的,对河流生态系统都是不利的。

为了减少这种影响,应以建坝前的最大、最小和适宜生态径流过程为准,对现有的调度规程进行适当修改,使以后运行的最小生态径流不小于建坝前的最小生态径流,最大生态径流不大于建坝前的最大生态径流过程,减小水库对生态系统的影响。丹江口水库可以根据南水北调中线工程的供水要求,适当考虑 11 月至翌年 4 月多调水,5 月至 10 月少调水,并对丹江口水库调度进行修改,来减少丹江口水利枢纽工程对汉江流域生态系统的影响。

4 结 论

从丹江口水利枢纽工程的计算实例可以看出,逐月频率计算法能够很好地反映水库调度对大坝下游河道生态径流过程的影响。可以用逐月频率计算法对水库调度进行生态评价,对不利于大坝下游生态系统的水库调度方式进行修改。

对于新建大坝的水库调度方式可以建坝前的水文资料为基础,运用数学模型,对现有的调度方式进行模拟计算,按照现有的水库调度方式推算得出以后多年径流过程。采用逐月频率法,对模拟计算得出的径流过程进行分析计算,与建坝前的生态径流过程进行比较,对水库调度方式进行生态评价。从多种方案中选择生态效益和经济效益最佳的方案作为该水库的调度方式。

对于建有多级大坝的河流上,则应结合水库群优化调度方案进行评价,力图使河流生态系统受到的影响最小。

参考文献:

[1] 王远坤,夏自强,王桂华. 水库调度的新阶段:生态调度[J]. 水文, 2008, 28(1): 7-9.
[2] 马颖. 长江生态系统对大型水利工程的水文水力学响应研究[D]. 南京: 河海大学, 2007.
[3] 钟华平,刘恒,耿雷华,等. 河道内生态需水估算方法及其评述[J]. 水科学进展, 2006, 17(3): 430-433.
[4] 李捷,夏自强,马广慧,等. 河流生态径流计算的逐月频率计算法[J]. 生态学报, 2007, 27(7): 2916-2921.
[5] 邹振华,李琼芳,夏自强,等. 人类活动对长江径流量特性的影响[J]. 河海大学学报:自然科学版, 2007, 35(6): 622-626.

(收稿日期 2008-08-11 编辑 高渭文)