

大型水利工程的生态调度

吕新华

(中国科学院 武汉文献情报中心, 湖北 武汉 430071)

摘要: 简要介绍了美国田纳西河流域管理局、中央河谷工程、科罗拉多河流域、大古力水坝与哥伦比亚水工程以及日本、巴西、津巴布韦、澳大利亚等国家的大型水利工程的生态调度状况, 在对国内外水库调度现状进行对比分析的基础上, 提出了建立基于河流域生态健康的大型水利工程生态调度模式的对策: 国家政府及有关管理部门必须高度重视大型水库对河流生态的影响; 加强相关科学技术研究; 探索新型水利工程生态调度管理体制; 进一步完善相关的法律、法规建设。

关键词: 大型水利工程; 水资源管理; 水库调度; 河流生态

中图分类号: TV213.4

文献标识码: A

文章编号: 1001-7348(2006)07-0130-03

1 关于生态调度

1.1 大型水利工程对河流生态的影响

大型水利工程建设, 使人类能够对水资源进行更加有效的管理和充分的利用, 兴利除弊, 造福人类。比如建立在江河干支流上的水坝, 既可以发电灌溉, 又能防止洪水泛滥, 同时还能改善河道航运条件等。但是, 大坝建设改变了江河的自然径流状况, 使大坝上游从急流(流水)区转化为静水(滞水)区, 因此伴随有水文和生态过程的改变。建坝改变了河道的流态, 导致坝址上游河道泥沙淤积; 其次, 对水量和电力需求的日变化和季节性变化, 会造成泄洪量的长期或者短期变化, 造成自然水流的非连续性, 进而“导致河流年水位图的变化曲线变得平整, 峰值降低”^[1], 河流形态多样性降低, 水生生物多样性下降, 河流生态系统受损。

在澳大利亚, 筑坝等引起的自然流程的变化是河流及洪泛平原生态系统恶化的一个重要因素。Angela H Arthington 认为自然流程是江河生态学中重要的“驱动者”^[2], 并总结出自然流程的变化对生态的破坏主要

表现在以下几个方面: 大量的湿地损失; 沼泽和森林鸟类数量和物种减少; 许多水生动物植物灭绝, 鱼类生境被破坏; 洄游迁移鱼类数量减少或者消失; 水质被破坏, 水华出现; 外来物种入侵等。“要减轻大坝对生态的影响, 起码在短期内, 应努力集中于改变水库调度方式, 使其对河流的影响降到最小程度”^[3]。采取制定合理的水库调度规程的办法, 可以弥补或减缓其造成的对生态环境的影响。这是近年来学术界以及有关管理部门一直关注的问题, 并由此引出了大型水利工程的“生态调度”概念。

1.2 生态调度

什么是“生态调度”? 它究竟包括哪些方面的内容? 目前国内外学术界对“生态调度”还没有给出明确的定义。顾名思义, 大型水利工程的生态调度的核心内容应该是指在水利工程运行与管理过程中更多地考虑生态因素。本研究所述“大型水利工程的生态调度”, 是针对具体的河流水利工程对象, 如水库大坝, 探讨其调度和运行对河流生态系统的影响以及相应的对策措施。在过去若干年里, 对大型水库建设和运行中存在的环

问题, 虽然也有过大量的研究和探索, 但是对于生态调度的考虑是不充分的。随着经济的不断发展, 人们对生态与环境问题的认识逐步提高, 生态调度理念渐渐引起了水利科学工作者以及相关管理部门的重视。

2 国内外大型水利工程调度规程的比较

2.1 国外大型水利工程的生态调度

1991-1996年, 田纳西河流域管理局(TVA)在其管理的20个水库通过提高水库泄流量及水质, 对水库调度运行方式进行了优化调整。具体包括: 通过适当的日调节、涡轮机脉动运行、设置小型机组、再调节堰等提高下游河道最小流量, 通过涡轮机通风、涡轮机掺气、表面水泵、掺氧装置、复氧堰等设施, 提高了水库下泄水流的溶解氧浓度, 对改善下游水域生态环境起了重要作用。2004年5月, TVA董事会批准了一项新的河流与水库系统调度政策。这项政策将TVA的水库调度的视点从简单的水库水位的升降调节转移到运用其所管理的水库, 来管理整个河流系统的生态需水量。

收稿日期: 2006-01-18

基金项目: 中国长江三峡工程开发总公司项目

作者简介: 吕新华(1966-), 男, 湖北仙桃人, 副研究员, 研究方向为资源、生态环境信息。

为了在科罗拉多河上游形成更为自然的水情,美国内政部垦务局最近同意增加科罗拉多河流域上游的春季泄水,释放春季洪峰,满足下游栖息地的流量需要。美国内政部垦务局还将与渔业和野生生物局,流域内州政府官方代表,以及公众利益相关方组织共同讨论确定因地制宜的调控方案。

美国加利福尼亚州的中央河谷工程(CVP)始建于20世纪20年代,包括大约20座水库。1937年美国的农垦法提出,CVP的大坝与水库“……首先,应用于调节河流、改善航运和防洪;其次,用于灌溉和生活用水;第三用于发电。”最近,CVP修改了1937年法规并专门指出,CVP的大坝与水库现在应当:“首先用于调节河流、改善航运与防洪;其次用于灌溉与生活用水,及满足鱼类与野生动物需要,用于保护与恢复的目的;第三用于发电和增加鱼类与野生动物。”

大古力水坝(GCD)是哥伦比亚流域水工程(CBP)的主要项目,1942~1948年间,GCD的运行首先是为了满足发电,而没有防洪任务。1948~1972年,GCD更多地是为了控制洪水,哥伦比亚河流域的能源管理从单个工程起决定作用过渡到以工程系统为主。1973年以后,发电和洪水控制行动被提高到流域尺度。1983年提出的鱼类和野生动物项目,认为考虑溯河产卵鱼类问题是流域管理的主要问题。从1980年开始,GCD和哥伦比亚流域其它水利工程的调度主要集中在充分满足维持或增强溯河产卵的鱼类种群的寻址需求。1995年,美国海洋渔业局提出的生物学意见成为了决定工程调度的主要因素。

1995年日本河川审议会提出了《未来日本河川应有的环境状态》,指出推进“保护生物的多样生息、生育环境”、“确保水循环系统健全”、“重构河川和地域的关系”的必要性。1997年日本对其河川法做出修改,不仅治水、疏水,而且“保养、保全河川环境”也写进了日本的新河川法。筑坝使下游河流水流稳定而丧失活力,导致河床形态改变和浸水频率减少。沙石供给减少使河床下降、河床材料粗粒化,多种生物的栖息地将减少。为此,日本通过弹性管理大坝对下游放水、将蓄沙堰临时沉积的泥沙还原给大坝下游、通过设置排沙闸来提供泥沙等新尝试^[4]。另外,为了减少低水位区域而下游放流以维持下

游流量,尽可能使因泥沙的供给、移动造成的对自然环境的冲击得到恢复。

此外,巴西Tucuru水电站在其水库调度规程中明确提出:“为了在允许大坝下游航运条件的情况下避免给堤岸生态群落造成伤害,保护堤岸斜坡和水库四周的稳定性,并且避免溢流远高于以前的纪录,水电站运行规定了水位不能超过72.00m”。在非洲南部的津巴布韦,研究人员在Odzi河的Osborne水库观测站开展研究,运用Desktop模型,估算河流的生态环境需水流量,为水库调度提供了切实可行的指导^[5]。在澳大利亚,要求每个州和地区都要对“水依赖的生态系统”做出评价,并且提出水的永续利用和恢复生态系统的分配方案。水的分配方案必须要考虑到5~10年之后可能出现的情况,通过一些数据来指导重新调整径流的季节变化特征以达到最佳的生态状态。

从以上国外大型水库调度情况来看,不难得出以下几点认识:

(1)在以美国为代表的西方发达国家,实施水库调度时均考虑到众多因素的影响,除了发电、防洪、灌溉、改善航运、提供生活用水以外,还包括下游堤岸保护、维持或增强溯河产卵的鱼类种群的寻址需求、生物栖息环境、水质保护、湿地改良、旅游休闲等因子。CVP甚至将保护恢复鱼类与野生动物需求放在发电需求之先考虑。这足以说明,历史发展到现阶段,生态因子在制定水库调度规程中应该具有十分重要的地位,而不再是可有可无。

(2)水库调度不再是从前所认为的、简单的水库水位的升降问题,而是关系到全流域、尤其是坝下区域生态的重大事件。水库调度必须从河流系统整体出发,充分考虑河流生态环境需水量要求。在建有梯级水库的河流上,各水库之间要在统一规划的基础上,实行联合调度,共同承担河流系统的生态需水量的释放。

(3)水库调度规程应该由多方参与制定,以协调各方利益,包括政府部门、流域管理机构、渔业部门以及公众利益相关方等共同讨论制定适宜的调控方案。

(4)生态调度在国外也有一个被认识和被接纳的过程。最初的水库调度无一不是从直接的需求(如发电、灌溉、防洪等)出发,追求的是经济利益的最大化。但随着时间的推

移,大型水利工程对河流生态系统的负面影响凸现之后,解决筑坝河流的生态受损问题得到了重视,水库调度方案也因之而进行了修订。

2.2 生态调度在国内

国内大型水库的调度,也并不是完全忽视生态问题的存在,只不过在巨大的防洪压力以及持续不断的电力需求情况下,相比国外,河流生态问题没有引起有关管理部门应有的重视。以长江三峡水库为代表,目前国内大型水利工程的水库调度基本上是以防洪、发电和改善航运为主,“适当兼顾其它如水产、旅游、以及改善中下游水质等要求”。水库调度的优化决策系统也仅是以上述目标作为决策变量,“一般不考虑专门的调度要求”^[6]。“生态调度”在国内目前仍停留在理论探讨以及初步的尝试阶段。

近年来,“生态调度”在国内学术界及水资源管理部门屡屡被提及,但是对其概念内涵的理解,在不同论述中并不一致,归纳起来大致包括以下几方面的内容:大型水利工程的生态调度,即是在强调水利工程的经济效益与社会效益的同时,将生态效益提高到应有的位置;水库调度要保护河流域生态系统健康,对筑坝给河流带来的生态环境影响进行补偿;河流水质的变化也是水库调度必须要考虑的重要问题;水利工程调度的生态准则是保证下游河道的最小生态环境需水量等。

3 建立基于河流流域生态健康的水库调度模式

大型水利工程的生态调度是可持续发展的要求。因此,针对目前国内的实际情况,国家政府及有关管理部门必须要从一个新的高度来认识水库对河流生态的影响,建立基于河流流域生态健康的水库调度模式,并尽快付诸实施。

3.1 进一步提高对生态调度的认识

目前国内外对于大型水利工程生态调度的认识和实践都存在着很大的差异,主要包括以下几方面原因:国内目前能源短缺。中国的水能资源总量居世界首位,但是,与发达国家相比,水电开发程度还很低。因此,发电便成为水库调度重点考虑的因素,尤其是在用电高峰期。价值取向问题。对比西方发达国家,中国目前经济水平相对低

下。因此,国家或企业投巨资兴建大型水利工程,肯定希望在尽可能短的时间内收回投资,产生经济效益。在经济利益的驱动下,生态效益便容易被忽视。但如果一定要等到整体经济发展水平提高到了一个新的层面,再回过头来面对已经受到严重损害的河流生态系统,思考对策,恐怕为时已晚。河流生态系统朝着受干扰的方向发生退化,生物多样性和社会为此付出的代价将是昂贵的。而在一个生态系统内随着生态系统的第二级和第三级链式反应,一个受损生态系统向一个新的生态系统的转变过程可能要消耗大约几十到数百年的时间。所以与其临渴掘井,不若未雨绸缪。管理体制问题。国内的大型水利工程均由国家投资建设,行业部门主管。和水利工程建设、运行相关联的部门与水库调度规程的制定之间缺少联系;而西方国家的水利工程建设允许企业和私人参股,在对重大问题决策时,除了相关政府部门、流域管理机构等之外,还有公众利益相关者或个人参与。他们之间既能相互协商又相互制约,因此水利工程调度能够兼顾多方利益,并在经济效益、社会效益以及生态效益之间取得协调一致。除此之外,国外与水利建设和运行相关的法律、法规比较健全,能够对其起监督作用;而目前国内则存在着法制不健全以及执法不严等诸多需要改进的问题。

3.2 加强对水利工程生态调度及相关理论的系统科学研究

生态调度目前在国内是一个新概念,而且它的确切内涵还有待进一步探讨。要对大型水利工程实施生态调度,首先必须加强相关的理论研究,以科学的、系统的理论来指导实践。笔者认为,关于生态调度,目前的研究至少应该从以下几方面着手:

(1) 基于生态水文学的河流生态环境需水量研究。河流生态与环境需水可以被视作维护生态与环境不再恶化并有所改善所需的水资源总量,包括为保护和恢复内陆河流下游天然植被及生态与环境的用水、水土保持及水保范围之外的林草植被建设用水、维持河流水沙平衡及湿地和水域等生态环境的基流、回补区域地下水的水量等方面。国外关于这方面研究成果非常丰富。针对具体水利工程的运行情况,结合河流系统各个方面的用水需求,运用电脑模型和人工智能

技术,掌握河流的基本生态环境需水量的变化,将会给水利工程实施生态调度提供理论依据和操作指南。

(2) 水库调度与水库营养物控制研究。水库水质污染所导致的富营养化,可以通过适当的水库调度来减轻。水库水质分布具有时间分布特征和竖向分层特征,因此,根据污染物入库的时间分布规律制定相应的泄水方案,通过水坝竖向分层泄水,能将底层氮、磷浓度较高的水排泄出去,利用坝下流量进行稀释,可以有效控制库区水污染。另外,还可以通过设计前置水库,拦截入库污染物,控制水库的富营养化。至于坝下区域,则需要将具体时段和地点的水质监测情况,及时进行反馈,以制定相应的释放水策略。

(3) 水库调度的工程措施研究。进一步研究水库大坝的功能设计,如溯河洄游鱼类通道设计、对水轮机设备进行技术改造等。工程技术措施的改进有望更好地解决大型水库泥沙的冲淤平衡问题,延长水库寿命直至能永久使用;减小水库水温分层对水生生物生境带来的不利影响;缓解水坝下泄水流中溶解氧不足、或者是溶解气体过饱和对下游鱼类生长与繁殖的影响等。

3.3 探索新型水利工程生态调度管理体制

大型水利工程的调度牵涉到很多方面,要想协调各部门利益,取得最大的综合效益,首先需要有科学的认识和正确的价值观念,其次还必须建立具有相对完善的、运作高效的管理体制。

水利工程由行业部门管理,但是它的建设和运行所影响的是一个相当大的区域,包括这个区域内的人群以及公共环境。鉴于此,水利工程调度可以说并不只是行业管理部门内部的事,应该由与之相关联的部门共同协商来完成。美国佛罗里达州呼吁建立“科学顾问小组”(Scientific Advisory Panel),由该小组推荐一套生态系统执行监测参数。科学顾问小组对监测项目必须进行的修正负有责任。根据国内的具体情况,建议成立由水利部门(行业管理部门)、渔业部门、环境保护部门、流域管理机构、政府组织和科研机构等联合的大型水利工程生态调度管理机构。甚至可以吸收国外的经验,让利益相关方代表参与管理。生态调度管理机构在审议各行业调度方案后汇总,在协调各方需求的基础上,制定出最后的调度规程,付诸

实施。

除此以外非常重要的一点,就是必须在科学研究的基础上,逐步制定和完善相关的生态法律、法规,使大型水利工程的生态调度在法律的约束和保障之下有序地开展,同时也可以减少不同行业之间的利益纷争。

参考文献:

- [1] Terry D Prowse, Fred J Wrona, Geoff Power. Dams, reservoirs and flow regulation. <http://www.nwri.ca/threats2full/top> 2003- 10- 29.
- [2] Angela H Arthington. Environmental flow: ecological importance, methods and lessons from Australia. Paper presented at Mekong Dialogue Workshop 'International transfer of river basin development experience: Australia and Mekong Region', 2 September 2002.
- [3] Johnson Brett M, Saito Laurel, Anderson Mark A, et al. Effects of climate and dam operations on reservoir thermal structure. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 2004, (2): 112 - 122.
- [4] 尾泽卓思. 河川環境の保全・復元に向けて[J]. 土木技術, 2002, 57(8): 36 -41.
- [5] Denis A Hughes, Pauline Hannart. A desktop model used to provide an initial estimate of the ecological instream flow requirements of rivers in South Africa *Journal of Hydrology*, 2003, (270): 167- 181.
- [6] 长江水利委员会. 三峡工程综合利用与水库调度研究[M]. 武汉: 湖北科学技术出版社, 1997. (责任编辑: 赵贤瑶)

更正

由于印刷厂排版系统的失误,将刘希宋、邓立治同志的《培育与发展我国汽车工业自主知识产权的对策研究》(发表于本刊2006年第3期)和《基于BP神经网络的自主品牌创新能力研究》(发表于本刊2006年第5期)两篇文章的作者单位误印为“哈尔滨工业大学”,其正确名称应为“哈尔滨工程大学”。

特此更正并向作者致歉!

《科技进步与对策》编辑部
2006年7月