

# 水利工程建设对生态环境的影响综述

李 蓉<sup>1</sup>, 郑垂勇<sup>2</sup>, 马 骏<sup>3</sup>, 赵 敏<sup>3</sup>

(1. 河海大学外国语学院, 江苏 南京 210098 2. 河海大学科学研究院, 江苏 南京 210098;  
3. 河海大学商学院, 江苏 南京 210098)

**摘要:** 分析水利工程建设对生态环境的影响, 目的是协调两者的关系, 促进社会可持续发展。综述了水利工程对生态系统产生的各种影响, 如对局部气候和大气的影 响, 对水文情势和水温的影响, 对泥沙的影响, 对水质的影响等, 指出 水利工程的生态影响问题实质上是人与自然的关 系在水利工程上的具体体现, 水利工程建设应当正确认识和处 理水利工程的各 种生态影响, 实现水利工程与生态环境协调发展。

**关键词:** 水利工程 水利建设 生态环境 生态影响 综述

**中图分类号:** X171 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-9511(2009)02-0012-04

1949 年中华人民共和国成立以来, 进行了大规模的 水利建设, 初步形成了防洪、排涝、灌溉、供水、发电等水利工程体系, 在抗御水旱灾害、保障社会经 济安全、促进工农业生产持续稳定发展、保护水土资 源和改善生态环境等方面发挥了重要作用<sup>[1]</sup>。但是, 水利工程在为人类社会带来福祉的同时, 也往往对生态系统产生各种影响, 有的甚至是持续而 深远的影响<sup>[2]</sup>。分析水利工程建设对生态环境的影 响, 目的是正确认识和处 理水利工程的各 种生态影 响, 以实现水利工程与生态环境的协调发展, 促进社 会可持续发展。

## 1 对局部气候和大气的影 响

水利枢纽工程建设会使库区微气候环境条件有所改变, 包括气温、风速、湿度、降水等。有关研究表 明, 水面上空比成片的房屋群上空空气的透明度高 8%~10%, 水面上空与陆地上空相比较, 紫外线辐射 高出 30%, 气温降低 4~5℃, 相对湿度提高 10%~15%<sup>[3]</sup>。一般情况下, 地区性气候状况受大气环 流控制, 但大中型水库和灌溉工程的修建, 使原先的 陆地变成了水体或湿地, 对局部小气候产生了一定的 影响, 主要表现在对降雨、气温、风和雾等气象因 子的影响<sup>[4]</sup>。

### 1.1 对降雨量的影响

a. 降雨量有所增加。这是由于修建水库形成了

大面积蓄水, 在阳光辐射下, 蒸发量增加, 引起降雨。

b. 降雨地区分布发生改变。水库低温效应的影 响可使降雨地区分布发生改变: 库区和邻近地区的 降雨量有所减少, 而一定距离的外围区降雨则有所 增加, 地势高的迎风面降雨增加, 而背风面降雨则 减少。

c. 降雨时间分布发生改变。夏季水面温度低 于气温, 气层稳定, 大气对流减弱, 降雨量减少; 但冬 季水面较暖, 大气对流作用增强, 因而降雨量增加。

### 1.2 对气温的影响

水库建成后, 库区与空间的接触由陆面变为水 面, 与空气间的能量交换方式和强度均发生变化, 从 而导致气温发生变化, 库区年平均气温略有升高。

### 1.3 对大气的影 响

在谈到大坝与生态问题时, 首先谈到的最重要 问题就是大坝建设对大气的影 响。从世界范围看, 这个问题十分突出, 因此, 国际上把对大气的影 响看 做是建坝对生态影响的首要问题。但是, 这个问题 在中国并不严重, 原因有 2 个: ①中国的电站虽然很 大, 但多属高山峡谷型水库, 与国外的水库相比, 库 水面面积并不大; ②我国有大面积森林的库区不 多<sup>[5]</sup>。

## 2 对水文情势和水温的影响

### 2.1 对水文情势的影响

水利工程尤其是水利枢纽工程的兴建改变了流

基金项目: 江苏省社会科学基金(07EYC059)

作者简介: 李蓉(1969—), 女, 江苏南京人, 讲师, 博士研究生, 主要从事技术经济及管理研究。

域水文循环情势,对整个流域产生不同程度的影响,其影响有利有弊<sup>[6]</sup>。水库蓄水后,原先的河流变为湖泊,水位抬高且水面面积增大,这一方面加大了水面的蒸发量,引起水分循环变化;另一方面由于岩层具有一定的透水性,水库会发生渗漏,使地下水水位升高。水库水位的变化与天然情况下水位的变化大不相同。调蓄能力较大的水库,其水位变幅较大,而径流式水库的水位变幅不大,不会出现明显的季节性变化。与天然河道相比,水库的流速变化也很明显。在水库的不同库段,流速的变化不一样,一般越靠近库尾,流速越接近天然河道,越近坝前,流速越小,在某些条件特殊的库湾,流速甚至接近于零。拦河筑坝使水文情势发生突变,影响原河流的生态过程和功能。水文情势的主要变化包括:流量的稳定化与流速频率的变化,季节性高峰流量的丧失,流速变缓,急流状态消失,水位落差变化平缓,来水时间、来水时期改变,水量向上蒸发和向下渗漏改变水分循环等<sup>[7]</sup>。

## 2.2 对水温的影响

水温变化指水库的特殊水温结构使入流和出流产生温差的现象。水库工程引起水温变化,是水库建设中不可避免的现象<sup>[8]</sup>。水库流速从上游到坝址处逐渐减小,水体性质也发生了改变,长期滞留在库内的水与大气之间的热量产生变化引起水温和流态产生变化。

## 3 对泥沙的影响

水利枢纽工程的建设将改变库区和上下游河道泥沙的输移及沉降模式,对上下游及工程区的生态环境产生一定的影响<sup>[9]</sup>。水库蓄水后,上游流速减小,水库来水携带的泥沙将会在库区内淤积,而水库泥沙淤积会减小库容,从而降低水库的运行效益。泥沙问题是水利工程建设中最重要的环境问题之一。在河流上建坝,阻断了天然河道,导致河道的流态发生变化,改变了河流的泥沙运动规律,进而引发整条河流上下游和河口的水文特征发生改变,这是建坝带来的最大生态问题之一,也是最令人担忧的问题,应该特别慎重对待<sup>[10]</sup>。水库蓄水后,流速降低,河水挟沙能力减弱,水体中的悬浮物质或多或少地沉积下来,不仅影响到航道的运用,而且减少了水库的库容,影响水库的使用年限。水库的回水沉积作用对河道形态也有影响。河流被大坝拦截后,泥沙在水库底部沉积,形成一个回水三角洲,这个三角洲朝水坝方向渐渐递升,泥沙颗粒变细<sup>[11]</sup>。

## 4 对水质的影响

水利工程建设会对水质产生一定影响。一方

面,水体经过长距离的输送或一段时间的储存,会使复氧过程充分形成,从而丰富了水体潜在的环境容量资源;另一方面,库区水体抬高,水流缓慢,不利于污染物的扩散<sup>[12]</sup>。

通常河流水的矿化度和总硬度均较低,pH值适中,溶解氧丰富。但对河流无论采取哪种开发方式,对水质都将产生影响,尤其是水库工程对水质的影响较明显。水库形成后,库区流速减小,水库的沉清作用显著,有利于削减溶解矿物质,减少浑浊度和生化需氧量,增加营养物质浓度。水库建成后,入库支流河水的稀释自净能力降低,导致入库支流河道污染加重。库内水温一旦出现分层,库水会形成一种密度屏蔽,使底层冷水层变成厌氧微生物层,库内不溶解的固体物质沉降在库底就会产生营养富集现象。总的来说,水库对水质可产生正负两方面的影响。①正面影响:库内大体积水体流速慢,滞留时间长,有利于悬浮物的沉降,可使水体的浊度、色度降低;同时由于库内流速慢,藻类活动频繁,呼吸作用产生的CO<sub>2</sub>与水中钙、镁离子结合产生CaCO<sub>3</sub>和MgCO<sub>3</sub>并沉淀下来,降低了水体硬度,减少了因碱性增加(pH值上升)而导致水体毒性加大的可能性。②负面影响:库内水流流速小,降低了水、气界面交换的速率和污染物的迁移扩散能力,因此复氧能力减弱,使得水库水体自净能力比河流弱;库内水流流速小,透明度增大,利于藻类光合作用,坝前储存数月甚至几年的水,因藻类大量生长而导致富营养化<sup>[13]</sup>;被淹没的植被和腐烂的有机物会大量消耗水中的氧气,并释放沼气和大量二氧化碳,同样导致温室效应;悬移物质沉积于库底,长期累积,不易迁移,其中含有的有毒物质或难降解的重金属会形成次生污染源<sup>[4]</sup>。另外由于减少了河流基流生态水量,可能会加剧河道断面萎缩,增加污水排放总量,改变农业灌排系统,提高面源入河比例,加快面源入河速度,恶化下游河流、湖泊的水环境质量。

## 5 对土壤和环境地质的影响

### 5.1 对土壤的影响

水库蓄水后,将导致沿岸地下水状态发生变化,通常在水库的近坝部分出现地下水升高,而库周地下水位升高,会浸没土地,并使土地沼泽化、盐碱化<sup>[4]</sup>。

a. 浸没。在浸没区,因土壤中的通气条件差,会造成土壤中的微生物活动减少、肥力下降,从而影响作物生长。

b. 沼泽化。过分湿润致使植物根系衰败、呼吸困难,当潜水层达到耕作层时,造成土壤湿度过大,

以至大多数包气带被破坏。

c. 盐碱化。由库岸渗漏补给地下水,经毛细管作用升至地表,在强烈蒸发作用下,使水中盐分浓集于地表,形成盐碱化。土壤溶液渗透压过高,可引起植物生理干旱。当然,盐碱化不是水利工程建设必然带来的,也有设计、运行不当造成的。

## 5.2 对环境地质的影响

修建大坝后可能会触发地震、滑坡、塌岸、水库渗漏等不良地质灾害<sup>[4]</sup>。

a. 大型水库蓄水后可诱发地震。水库诱发地震主要是因为巨大体积的蓄水增加的水压,以及在这种水压力下岩石裂隙和断裂面产生润滑,使岩层和地壳内原有的地应力平衡被改变。值得注意的是,水库蓄水可以在天然地震较少和地震强度较弱的地区,诱发较强烈的地震。

b. 库岸产生滑塌。水库蓄水后,由于水位升高,岸坡土体的抗剪强度降低,故易发生塌方、山体滑坡及危险岩体失稳。

c. 水库渗漏。水库渗漏造成周围的水文条件发生变化,若水库为污水库或尾矿水库,则将造成水库周围地区和地下水体的污染。

## 6 对河道的影响

河道整治是水利工程的组成部分。河道是水生态环境的重要载体,护岸工程是河道生态治理的一项重要措施,对保护堤防免受冲刷、防止水土流失具有重要作用<sup>[14]</sup>。与此同时,水利工程建设对河道的影响也是显著的,主要体现在以下几个方面:①河道顺直化工程改变了自然水系,使生态结构单一化,生物群落减少,河水净污能力削弱,从而降低了环境质量,引起生态退化<sup>[15]</sup>;②河道横断面几何规则化,往往会把自然河流的复杂形状变成若干种几何规则断面,改变了河流横断面深潭浅滩交错的自然格局;③构筑堤防会引起河流侧向的非连续化。因为堤防妨碍汛期主流与岔流之间的沟通,阻止了水流的横向扩展,形成另一种侧向的水流非连续性<sup>[16]</sup>;④河口整治工程可能造成岸线、河床高程变化,由此可能会影响到该地区的潮水位,从而影响排涝总水量<sup>[17]</sup>;⑤人工裁弯改直工程会造成河床演变,引发河道冲刷,导致河道水位下降<sup>[18]</sup>。

## 7 对生物多样性的影响

生物多样性是指在一定时间和空间内所有生物物种及其变异的生态系统。生物多样性的减少主要是由于人类各种经济和社会发展活动造成的。水利工程建设的大发展,淹没了成片的森林草地,是不容

忽视的重要原因。水利工程建设对生物多样性产生的影响通常可分为对陆生生物和水生生物产生的影响<sup>[19]</sup>。

### 7.1 对陆生生物的影响

对陆生生物的影响总的来说有2个方面,一个是永久性直接的影响,指库区淹没和永久性的工程建筑物对陆生植物和动物造成的直接破坏;另一个是间接的影响,指局部气候变化、土壤沼泽化、盐碱化等所造成的对动植物的种类、结构及生活环境等的影响<sup>[4]</sup>。

水库兴建、蓄水将会淹没大片陆地,这对陆生生物的生长栖息地、觅食地产生危险,所以水利工程对陆生生物带来的影响大多是不利的。具体表现为河滨植被、河流植物面积的减少,微生物多样性的降低,鸟类、两栖动物和昆虫栖息地的改变或避难所的消失,造成物种数量的减少和某些物种的消亡<sup>[20]</sup>。但水利工程淹没的土地主要是流域或沿岸的一些农田、平原、坡地等海拔较低地区,主要以农作物为主,动物很少,因此,水库兴建淹没土地对农业影响较大,对动物影响不大<sup>[21]</sup>。水利工程运行后,水库水体的存在使空气相对湿度有所提高,将减少森林火灾发生的概率,降低库周防火等级,对库周陆生植物生态系统结构的稳定和植物的生长有利。另外,水利工程的兴建将会增加流域沿岸湿地、沼泽的面积,而对这一带两栖生物以及水禽会带来有利影响,使它们的种类、密度相应增加<sup>[22]</sup>。

### 7.2 对水生生物的影响

由于水利工程作用的对象主要是水体,所以水生生态系统受工程影响较直接、明显。水库的兴建抬高了水位,改变了河流水生生态系统,破坏了水生生物的生长、产卵所必需的水文条件和生长环境。此外,水库淹没区和浸没区原有植被的死亡以及土壤可溶盐都会增加水体中氮磷的含量,加上库区周围农田、森林和草原的营养物质随降雨径流进入水体,从而形成富营养化的有利条件<sup>[4]</sup>。

兴建水利工程对水生生物的影响重点体现在对鱼类资源的影响上:①阻隔了鱼类洄游通道。水库大坝截断江河,使洄游性鱼类不能顺利完成其生活周期,河流的梯级开发会加重这一影响<sup>[23]</sup>。②改变鱼类区系组成。水库形成后,水体的水文条件发生较大变化,从而改变了鱼类的栖息环境。不同的鱼类栖息环境不同,因此,库区的鱼类组成常发生明显的变化<sup>[24]</sup>。③影响鱼类繁殖。水库的存在和运行影响鱼类的产卵场和鱼类的产卵活动,水库蓄水后水流减缓、水深加大和泥沙沉积则对喜在急流河底产卵的鱼类不利,水库运行时,库水位的变动不利于

在草上产卵的鱼类繁殖,因为水库水位的消落常将它们卵暴露在库岸上致其死亡<sup>[25]</sup>。

## 8 对人口迁移和土地利用的影响

水利工程的兴建必然带来移民问题<sup>[26]</sup>。由于水库建设打破了移民原有的生产体系、生活方式及地缘、血缘和亲属网络,使他们长期赖以生存的政治、经济、文化体系解体;与此同时,移民安置还造成安置地人口增加,以及资源、基础设施承载力增加等一系列问题。但对于不同的水利工程,移民问题的影响也是不同的。如都江堰是古代水利工程,从现有可查阅的资料看,移民问题不是其突出问题;万家寨水利枢纽及引黄工程妥善安置了库区移民,改善了其生活条件和生存环境,提高了供水保证率,对人口迁移和土地利用产生了积极的影响;塔河下游生态调水工程由于塔河下游人烟稀少,因而没有人口迁移问题<sup>[27]</sup>。总的来看,水利工程建设或多或少都会产生一定的人口迁移现象<sup>[28]</sup>,并且由于水库淹没占用一部分土地,使得人地矛盾更加紧张。另外,水利工程的兴建必然会使诸多环境因子发生变化,如施工过程中产生的废水、废气、噪声、固体废弃物等,将影响施工区的环境卫生和当地居民及施工人员的健康。

## 9 结 语

生态环境恶化是当代人类面临的重大全球性问题之一。随着自然资源开发利用程度的提高,人们开始反思:如何在原有生态环境改变的情况下,采取适宜措施,使生态环境由不平衡再到新的平衡?水利工程的生态影响问题,实质上是人与自然的关系在水利工作上的具体体现。任何一项水利工程其本质都应该是生态工程,在改变自然的同时不能以破坏生态为代价,保护生态是水利工程应有之义。水利工程建设应当树立和落实科学发展观,按照人与自然和谐相处的理念,正确认识和处理水利工程生态影响问题,实现水利工程与生态环境协调发展。

### 参考文献:

[1] 汪恕诚. 水利建设与生态保护要协调发展[N]. 经济日报, 2005-08-22.

[2] 冯敏, 刘滨, 成印福. 关于水利工程与河流生态系统关系的探讨[EB/OL]. [2005-12-16]. <http://www.hwcc.com.cn/newsdisplay/newsdisplay.asp>.

[3] 方子云. 水利建设的环境效应分析与量化[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1993.

[4] 曹永强, 倪广恒, 胡和平. 水利水电工程建设对生态环境的影响分析[J]. 人民黄河, 2005(1): 56-58.

[5] 汪恕诚. 论大坝与生态[J]. 水力发电, 2004(4): 1-4, 14.

[6] 张伟, 龚爱民. 浅谈水利工程对环境的影响[J]. 水利科技译文集, 2005(3): 7-13.

[7] 牛玉国, 张学成. 黄河源区水文水资源情势变化及其成因初析[J]. 人民黄河, 2005(3): 31-33.

[8] 雷晓琴. 水工程水环境安全问题浅析[J]. 人民长江, 2005(4): 58-59.

[9] 张红武, 姚文艺, 张俊华, 等. 黄科院90年代泥沙研究进展[J]. 泥沙研究, 1999(6): 30-33.

[10] 张博庭, 赵顺安. 大坝七宗罪的误区[J]. 中国投资, 2005(7): 42-43.

[11] 赵惠君, 张乐. 关注大坝对流域环境的影响[J]. 山西水利科技, 2002(1): 92-96.

[12] 何强. 环境学导论[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.

[13] 姚同山. 水利工程项目环境影响后评价理论与方法初探[EB/OL]. [2004-11-19]. <http://www.hwcc.com.cn/newsdisplay/newsdisplay.asp?Id=115659>.

[14] 陈兴茹. 城市河流生态修复浅议[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2006(3): 226-231.

[15] 王超. 流域水环境综合治理的构想与展望[EB/OL]. [2007-10-30]. [http://www.cws.net.cn/zt/07nianhui/CWS-News\\_View.asp?CWSNewsID=27993](http://www.cws.net.cn/zt/07nianhui/CWS-News_View.asp?CWSNewsID=27993).

[16] 董哲仁. 探索生态水利工程学[J]. 中国工程科学, 2007(1): 1-7.

[17] 浙江水利厅. 浙江省河口综合规划技术纲要[EB/OL]. [2007-03-30]. [http://www.zjwater.gov.cn/pages/document/1/document\\_170.htm](http://www.zjwater.gov.cn/pages/document/1/document_170.htm).

[18] 浦承松, 温维超, 杨树德. 裁弯改直对南垒河孟连口岸段河床演变的影响[J]. 泥沙研究, 2004(5): 62-67.

[19] 翁立达, 赵琛山. 中国水利水电工程的环境保护[J]. 水利学报, 2000(9): 73-77.

[20] 徐景花. 浅谈水利工程对生态环境的影响[EB/OL]. [2008-03-27]. <http://www.hwcc.com.cn/newsdisplay/newsdisplay.asp?Id=191649>.

[21] 樊远昆. 贵州省遵义灌区一期工程环境影响评价述[J]. 水电勘测设计, 2003(4): 12-16.

[22] 孟宪民, 崔保山, 邓伟, 等. 松嫩流域特大洪灾的警示: 湿地功能的再认识[J]. 自然资源学报, 1999(1): 14-21.

[23] 雷阿林, 李志军, 李迎喜. 构建长江开发与保护的和谐关系[J]. 科学对社会的影响, 2005(4): 26-30.

[24] 蒋红, 谢嗣光, 赵文谦, 等. 二滩水电站水库形成后鱼类种类组成的演变[J]. 水生生物学报, 2007(4): 532-539.

[25] 陈淑玲. 影响鱼类繁殖的外界因素[EB/OL]. [2006-08-23]. <http://www.yasp.gov.cn/list/articlelist.asp?id=1572>.

[26] 薛选世. 水利工程对河流生态环境的影响及对策探讨[EB/OL]. [2007-02-06]. [http://www.lm.cn/expert/expertpaper/200702/t20070206\\_30668.htm](http://www.lm.cn/expert/expertpaper/200702/t20070206_30668.htm).

[27] 中水新华国际工程咨询公司. 典型水利工程对生态环境影响分析调研报告[R]. 北京: 中水新华国际工程咨询公司, 2007.

[28] 罗元华, 乔建平. 水利工程移民问题与政策[J]. 科学新闻, 2003(11): 40-43.

(收稿日期 2008-08-05 编辑 彭桃英)