

长江上游水电开发对流域生态环境影响初探

陈进, 黄薇, 张卉

(水利部长江水利委员会 长江科学院, 湖北 武汉 430010)

【摘要】 长江水能资源丰富, 其中上游地区水能蕴藏量占全流域近 90%, 未来 20 年, 长江上游地区将有一大批水电工程开工建设, 届时在长江上游干支流将形成较大规模的梯级水电站群, 这些水电站及水库投入运行后, 将对长江上游及全流域的生态与环境产生重要影响。本文根据已有规划成果, 预测未来长江上游梯级水电工程的格局; 讨论上游地区生态与环境对水电站建设的制约因素; 初步分析梯级水库群对于长江水生生物, 特别是鱼类的影响; 最后提出减缓梯级水库群对流域生态与环境影响的对策。

【关键词】 长江上游; 水电站; 梯级水库; 生态与环境; 洄游性鱼类

中图分类号: TV7+X24

文献标识码: B

文章编号: 1671-1408(2006)08-0010-05

1 引言

长江水量丰富, 水流落差大, 水能资源丰富, 根据近期普查成果, 全流域水能资源理论蕴藏量平均功率 27 781 亿 kW, 年发电量 24 336 亿 kW·h, 约占全国总量的 40%, 其中技术可开发量 25 627 亿 kW, 年发电量 11 879 亿 kW·h, 约占全国总量的 48%, 经济可开发量 22 832 亿 kW, 年发电量 10 498 亿 kW·h, 约占全国总量的 60%。长江流域水能资源的 89.4% 集中在上游地区。开发可再生的水能资源对于我国能源发展战略无疑具有重要意义, 但大规模的梯级水库的建设和运行将显著改变长江天然的水文过程、水沙分配比例, 生境的改变将对流域生态系统与环境产生重大影响。如果规划的水电工程全部实施, 长江上中游干流和相当多的支流将被部分渠化或完全渠化, 自然河流将转变为半天然河流或人工控制的河流, 这种变化将给长江的生态系统和环境带来长期的影响。健康的长江不仅应该为人类服务, 而且也应为流域自然生态系统提供良好的环境, 流域水文循环和生态系统的维持需要自然的长江。所以, 在开发和利用长江的水能时, 应该充分认识到长江本来是水文循环的产物, 水文循环的基本特征是水流的连通性、动态

性、可循环性, 应该维持自然的水文循环。本文针对长江上游水电开发现状及未来水电规划, 分析长江上游地区未来水电站的格局; 讨论梯级水库建设对水沙过程等环境因素引起的变化; 探讨这种变化对长江自然生境的影响, 以鱼类为典型水生生物, 讨论梯级水库群对生态与环境的影响方式和问题; 最后提出减小水电工程对生态与环境影响的对策。

2 长江的水电站及水库建设

长江流域第一座水电站——石龙坝建于 1910 年, 到 1949 年全流域共建成 31 座水电站, 全是小水电, 总装机容量仅 13.4 MW。解放后, 水电站及水库建设发展迅速, 50~60 年代, 水电开发主要集中在交通便利和经济相对发达的中下游地区, 60 年代到 80 年代, 上、中、下游地区水电建设全面展开, 到 20 世纪后期至 21 世纪, 为适应西部大开发战略和“西电东送”要求, 我国水电开发的重点转移到水能资源丰富的长江上游和西南

收稿日期: 2006-05-30

基金项目: 水利部现代水利科技创新项目专题(XDS2004-02-03)资助

作者简介: 陈进(1959-), 男, 湖北武汉人, 博士, 教授级高级工程师。

诸河等地区,到2001年底,全流域已建和在建水电站2441座,装机容量69727.1MW,年发电量2924.96亿kW·h,占全国水电装机容量的70%左右。全流域已建、在建水电站装机容量和年发电量分别占经济可开发量的30.5%和27.9%。从地区分布来看,中下游地区水能开发利用程度已经超过50%,上游地区不到20%,而长江江源至宜宾河段,水电开发不到经济可开发量的5%,所以,今后20年,长江水电开发的主战场在长江上游地区。

从水库建设规模来看,到2000年为止,长江流域已经建设水库4.4万座,总库容1373.37亿 m^3 ,其中大型水库109座,总库容667.42亿 m^3 ,中型水库997座,总库容242.00亿 m^3 ,如果加上在建的大中型水库,总库容超过2113亿 m^3 。表1给出了长江上游地区主要干支流上规划和建设的大中型水电站水库库容统计情况,从已建和在建水库来看,乌江流域和上游干流区间河段水电开发程度比较高,而其他流域水电开发程度还比较低,但各河段规划的水库较多,特别是金沙江流域规划的水库总库容将达到径流量的83%。随着规划水电站的逐步实施,长江上游地区水库总库容将达到河川径流量的61%,如果考虑大量的小型水库和塘库,水库控制的地表径流量将超过年径流量的70%以上,除赤水河等少数支流外,长江上游干流绝大多数河段都将布满梯级水库,相当多的天然河流将转为人工控制的河道。

3 上游地区水电开发的制约因素

长江上游流域面积约100万 km^2 ,不仅水能资源丰富,而且森林、矿产和旅游等资源也十分丰富,同时,长江上游区处于我国地形第一和第二阶

梯,地势陡峻,山高谷深,土层浅薄,地质构造活动强烈,外动力地质现象如泥石流、滑坡、山崩等灾害严重,生态与环境脆弱。

长江上游地区森林资源十分丰富,是我国仅次于东北的第二大林区,也是长江水土资源保护的重要屏障。森林主要分布在金沙江、岷江、大渡河、嘉陵江等河流的上游。多年来,由于不合理开发,重伐轻造,森林植被锐减。不少地区的森林已经破坏,有些演替为草灌群落,生态系统自我调节能力大为下降,土地退化和水土流失面积不断扩大。

长江上游地区矿产也十分丰富,铜、铅、锌、锑、钨、钴、锡、铁、锰、铝等储量,约占全国的30%~50%;镁、钒、钛、汞储量占全国80%左右,磷矿几乎全部在长江流域,仅占全国土地总面积0.7%的攀西地区,就蕴藏着占全国95%的钛、54%的钒、20%的铁。

长江现有鱼类370种,分别属于17目、52科、178属,其中纯淡水鱼类294种,咸淡水鱼类22种,海淡水回游鱼类9种,海水鱼类45种。上游地区的鱼类种类繁多,共有鱼类230种,其中仅见于上游水体的有103种,如中华腹裂鱼、重口腹裂鱼、布氏哲罗鱼等受到特殊的自然条件影响,仅在上游地区形成优势种群。

长江上游地区是水系、山脉、生物和人文的综合体,风景名胜和人文古迹众多,具有自然遗产、观赏和科学研究等价值。如有三峡、九寨沟、黄果树、三江并流等自然奇观,有国宝大熊猫栖息地。到2003年为止,已经建立国家级自然保护区32个,保护区面积达到200万 km^2 。长江上游每一条河流由于所处的地理位置不同,景色各异,自然风光具有唯一性。长江上游地区人类活动已经有100万年的历史,有各类重要遗址数十处,文物点更是

表1 长江上游大中型水库建设情况(至2001年)

流域	年径流量 亿 m^3	已建水库库容 亿 m^3	在建水库库容 亿 m^3	已建在建水库 库容之和 亿 m^3	已建在建水库库容占 年径流量的比例 %	规划水库库容 (总库容) 亿 m^3	总库容占年径 流量的比例 %
金沙江	1565.2	0	0	0	0	1300(1300)	83
岷沱江	1065.0	5.9	70.0	75.9	7	260(335.9)	32
嘉陵江	698.8	37.1	25.3	62.4	9	171.6(234.0)	33
乌江	551.1	30.5	166.0	196.5	36	73.5(270.0)	49
宜宾至宜昌	634.8	42.9	479.6	522.6	82	83.3(605.9)	95
长江上游合计	4514.9	116.4	740.9	857.4	19	1887.6(2745)	61

数不胜数, 仅受三峡水库影响的文物点就达 1 087 处。

所以, 在进行梯级水库规划和建设时, 特别是大型水库建设时, 应该深入了解上游地区生态与环境敏感点, 充分考虑所在河流生态、资源、环境和人文等方面的制约因素, 避免或减少水电开发对生态与环境的影响。

4 梯级水库带来生境的变化

生态系统包括非生物部分(即生境)和生物部分, 梯级水库对生态与环境的影响首先体现在对生境的改变, 包括河流水沙输移过程、水体的连续性、流态、流速、水温、溶解氧和透明度等环境要素的变化, 主要影响在以下几方面。

(1)梯级水库对河流最直接的影响是破坏了河流的连续性。长江上游是许多洄游鱼类的重要栖息地, 洄游鱼类需要三场一道(繁殖场、育肥场、产卵场, 洄游通道), 梯级水库的建设造成洄游鱼类等水生生物的生命通道阻隔, 相当多的洄游鱼类可能灭绝。由于修建鱼道不仅增加工程成本和技术难度, 而且较难评价其效果, 所以目前已建和在建大坝基本上没有考虑修建鱼道。径流式电站虽然河流水文过程影响较小, 但水流利用率一般很高, 河道水流基本上通过引水管道和水轮机流过, 也会对鱼类等水生生物带来毁灭性打击。例如, 岷江上游建设了大量引水式水电站, 虽然没有建高坝大库, 但造成相当长的河段, 在枯季完全脱流, 全部河水都从压力管道流过, 对洄游鱼类等水生生物有致命打击, 如珍稀鱼类——虎嘉鱼已经基本消失。洄游鱼类是水生生态系统中关键生物指标物种之一, 它的灭亡将影响整个河流生态系统的结构和生态系统的完整性。

(2)大中型水库的人工调节虽然显著提高了人类利用水的保证率, 但同时也使自然河道的洪枯过程减弱, 甚至消失。而相当多的水生生物需要河流的洪枯变化。洪水是自然现象, 河流和河道的形成需要洪水, 没有洪水, 就没有河流, 河道就会萎缩, 河流的生态功能就会下降。洪枯变化带来了河流水位、水温、水量、含沙量和消落带等的变化, 生物多样性常常与生境的复杂性直接相关, 这些现象是河流生境的体现, 是生物多样性需要的自然环境。当然, 特大洪水对人类和自然生态都有巨大的

破坏, 但一般性洪水却是自然生态所需要的, 许多水生生物和两栖生物需要在河滩上产卵, 如果河水常年不上滩, 生物栖息地将大为减少。研究表明, 降雨与径流的依时变化是河流和湿地的植物、无脊椎动物和鱼类生命循环的主要驱动力, 季节性高峰流量的丧失会导致鱼类产卵、孵化和迁徙激发因素的中断, 一些鱼类遇洪水或急流才能刺激产卵和幼苗生长。河流洪水过程的减弱, 使鱼类较难进入湿地或回水区, 改变了水生生物的食物网结构, 岸边植被复原能力降低或消失, 植被生长的速度减缓。

(3)大水库的建设对库区生境影响巨大。库区水流速度减小, 水体纳污能力和自净能力下降, 特别是在水库支汊区域, 水体污染物很难扩散。水库淹没大量滩地, 鱼类和两栖动物的栖息地减少。水库水体深度较大, 水温会产生分层, 水库下泄的低温水对下游水生生物和农田灌溉都会产生不利影响。泥沙淤积将影响水库的使用寿命, 库尾淤积将影响回水变动区航运和码头。

(4)梯级水库的建设和运行将在相当长的时间内使中下游河道输沙量和水体的含沙量减少。正常的河流需要平衡输沙, 河岸稳定、河口演变、营养物的输送、水体净化和生态维持都需要一定的输沙。例如, 三峡水库的清水下泄, 长江中下游河段将发生长时间的冲刷, 河床下降, 沿岸地下水位也会下降, 使河势变化和沿岸湿地生境受到影响。在平原湖区, 由于长江水位下降, 进入洞庭湖的洪水会减少, 洞庭湖会加速退化, 江湖关系将发生变化。清水下泄, 对河岸会产生侵蚀, 江水对周边湿地地下水交换将减少, 同时可能对两岸堤防安全构成威胁。长江河口地区由于长期缺乏泥沙的补给, 岸线将受海潮的侵蚀, 河口自然演变规律和生境发生变化, 同时对河口岸线利用也将产生不利影响。尼罗河三角洲在阿斯旺水库修建后, 进入河口的泥沙减少, 导致海岸线不断后退和侵蚀。因此, 河流的沙多了不好, 沙少了也不行, 应该重视水体含沙量减少带来的新问题。

(5)大规模的水库建设对区域气候、水文循环和环境变化有一定影响。水库的建设, 将增加水的蒸发和渗漏损失, 使下泄径流量减小, 如汉江流域, 丹江口水库建设后, 90年代以来上游来水量减少了 10% 以上, 原因有区域气候变化的影响, 也有水库蒸发和渗漏的影响。再如, 阿斯旺水库每

年蒸发和渗漏损失水量达 210 亿 m^3 ，达到水库总库容的 10% 以上。随着长江上游大规模的水电站建设，已经开始担心水库蓄不满水的问题。因为长江虽然水资源丰富，但大部分是洪水，非汛期水量并不多，而大部分水库都是汛后开始蓄水，将加剧枯季人类用水和生态用水的矛盾。另一方面，水库的建设，淹没大量土地，移民搬迁将改变库区土地利用方式，地下水位抬高，气温及气候将会产生变化，区域水文循环和生境也将发生改变。另外，水库还可能诱发地震、滑坡等地质灾害。

5 梯级水库对生物的影响

梯级水库对生物的影响是一个长期和复杂的过程，自然生境的破坏，人工环境的产生，一些生物会通过自身的调整逐步适应新的环境，继续生存和发展，而另外一些生物会不适应新的环境而出现物种退化或消亡。生态系统中任何生物的存在都有其特定的地位和作用，不同生物之间相互依存，一个生物的消亡，必然影响其他生物的存亡和整个生态系统的完整性。所以，大坝及水库对生物的影响及生物对水库建设的响应是一个十分复杂的过程，需要长期观测和研究才会有定量的成果，这里以鱼类为例，说明生物受水库影响的情况。

长江水系有浮游植物 321 种，常见的近 330 种，浮游动物 330 种，常见种类 130 种，底栖动物 220 种，水生高等植物 214 种，水生大型动物中除鱼类外还有兽类白鱉豚、江豚、爬行类扬子鳄和两栖类大鲵等珍稀物种，其中国家一级保护动物白鱉豚、中华鲟、长江鲟、白鲟；国家二级保护动物江豚、胭脂鱼、川陕哲罗鲑、秦岭细鳞鲑、松江鲈鱼等。梯级水库对鱼类影响可以从以下几方面来说明。

(1) 随着长江干流葛洲坝和三峡水电站的建设和沿江大规模筑堤建闸工程，河海间洄游的鱼类如鲟鱼、鲂鱼等珍稀鱼类已大为减少。国家一级保护动物中华鲟原产卵地原在长江上游合江至屏山河段，长约 800 km，原有 16 处产卵场，葛洲坝电站建成后，虽然在坝下建立了人工产卵场，但仅局限在 5 km 范围内，产卵场面积仅为原来的 1% ~ 2%。国家一级保护动物白鲟产卵场分布于金沙江下游和重庆以上的长江干流，产卵季节为 3~5 月，习惯在河滩砾石间产卵。国家二级保护动物胭脂鱼产卵场在长江上游岷江和嘉陵江等支流，鱼卵具有

微粘性、散布在石块缝隙中发育，幼鱼可随江漂流到中下游及通江湖泊。如果在这些河段建设水库，河滩将淹没，必将影响到这些珍稀鱼类栖息地和洄游通道。

(2) 长江上游河段特有鱼类，大多数终生在流水中生活，它们的形态结构、生理特征和生态习性同栖息地的水流、河床物质和底栖生物相适应，如岩原鲤、圆口铜鱼等喜栖息于快速流淌、与大气接触面大、含氧量较高的水体，形成水库后，在静水中则会因溶解氧不足而死亡。

(3) 长江上主要的经济鱼类——四大家鱼的产卵很大程度上取决于水温和涨水等环境因素，在 4 月底至 5 月初的繁殖期，如果水温未达到 18 $^{\circ}C$ ，即使涨水也不产卵，如达到合适水温，又遇降雨引起河流水位陡涨，可刺激家鱼产卵，产卵规模和涨水幅度表现出正相关，鱼卵在随水漂流过程中发育、孵化，漂流距离可达 300 ~ 400 km，且要求流速在 0.2 m/s 以上，否则鱼卵和鱼苗会下沉而不能正常发育，像这样鱼卵漂流性的鱼类，在长江干流有 20 多种。在水库内，因库区河滩淹没，产卵场减少，鱼卵也难以漂流孵化。

(4) 长江上游梯级水电站中，大部分是低水头的径流式电站，虽不是高坝大库，但水流利用率很高，90% 以上的水流流经水电站水轮机或压力管道，鱼类等水生生物难以存活。而且径流式水电站绝大多数是日调节或无调节能力河道，每日都有断流时段，鱼类无法生存。另一方面，许多高坝大库下泄水流，通过掺气进行消能防冲，保护河道，但同时造成水库下游相当长的河段（可达数百公里）的河水气体过饱和，幼鱼吞食而造成气泡病大量死亡。

6 建议

长江上游梯级水电站建设对流域生态与环境的影响十分复杂，短时间内较难看出明显影响，应本着科学务实的态度全面客观分析，处理好保护生态环境与水电开发的关系。水电开发的规划、设计、建设和管理者应该广泛听取各方面的意见，鼓励公众参与，尽量采取措施，减小水电工程对流域生态与环境的影响，建议采用的措施有以下几点。

(1) 政府及各部门、流域管理者、水库管理者和利益相关者都应该具有生态与环境保护的理念，

(下转第 17 页)

3.4 严把资金的出口关

由于国库会计核算内部没有现金,各种犯罪行为都必须设法通过国库的资金清算渠道把资金转出去才能得逞。因此,只要采取切实有效的措施,把住资金出口,就能牢牢堵住犯罪的行为,消除犯罪分子的侥幸心理。因此,每个国库工作人员,除了有高度负责的事业心、责任心外,还要时刻保持高度警惕,对每一笔出口业务,在经过记账、复核、同城票据交换、行库往来、国库内部往来、大额支付和小额支付等清算环节时,都要严格审核,认真落实国库清算业务的事前审核、事中控制、事后监督制度,确保国库资金安全。

3.5 完善新系统及内部网络建设

一是对系统不断进行优化和完善,增强系统安全防范自控能力。尽快开发国库事后监督功能,提高事后监督工作的效率,为国库资金安全和国库会计核算质量保驾护航。二是在内联网上配备一个分支网,区别与其他办公用机的网段和IP地址,将国库业务用机纳入其中,增强国库会计核算系统的安全系数。此外,在完善系统内部网络的基础上尽快实现财、税、库、行等部门间的横向联网,利用现代化手段提高核算质量,实

现信息共享,减少重复劳动,加快税费款入库、报解和库款支拨速度。

3.6 强化内控制度管理

一是自控防线。在科学设置岗位和合理配备人员的基础上,确保印、押、证实行三分管,避免账务处理“一手清”。二是互控防线。建立健全对账制度和查询查复制度,真正做到有查必复、查必详尽;同时,与财税部门及时对账,相互签章,年底实行面对面对账制度。三是监控防线。建立“前台核算”与“后台检查”相分离的机制,明确责任,相互合作,相互制约;对关键性岗位要实行监督、制约机制,建立事前、事中、事后全方位监控网络,加大事后监督的监督管理力度,实现事后监督电子化操作,提高事后监督的效率。

参考文献:

- [1] 人行南京分行课题组.关于完善国库单一账户体系的思考[J].金融纵横,2004(6).
- [2] 刘文林.国库资金风险及其防范[J].中国金融,2005(19).
- [3] 李香稳.国库资金清算中的风险及其控制[J].金融理论与实务,2005(7).

(责任编辑 尹美娥)

(上接第13页)

充分认识到水电站建设和运行给生态与环境带来的不利影响,同时应该认识到问题的复杂性和长期性。

(2)加强流域统一管理,在长江干支流水资源综合规划中,应从长江全流域角度,根据各河段特点,制定河流生态基流标准,作为水电站规划、设计、建设和运行的依据。水电站建设必须保持河流必要的生态基流,并从流域的角度考虑梯级水电站的生态调度。

(3)以流域为单元,定期进行生态与环境监测,进行长期的科学观测和科学研究,对水库建设不仅应进行环境影响预测评价,更重要的是需要建立后评估制度,在工程完成后观测和分析对流域生态与环境的影响。

(4)水电站的规划不能仅考虑水能利用的经济指标,还要考虑水电站及水库对各类自然保护区及生态与环境敏感区的影响,应将避免和减少这种影

响作为规划的重要目标。对于已经造成影响的,应该采取必要的工程和非工程措施进行修复。

(5)从法律等制度上建立合理的生态补偿机制,需要水电站受益者向受影响的河流生态和弱势群体进行补偿,建立流域生态与环境保护工作和研究费用的投入机制。

参考文献:

- [1] 长江水利委员会.长江流域地图集[M].北京:中国地图出版社,1998.
- [2] 陶思明.湿地生态育保护[M].北京:中国环境科学出版社,2003.
- [3] 中国大中型水电站规划图集[R].水利水电规划设计总院,1994.
- [4] 中国水力资源复查成果,长江流域——概述[R].长江水利委员会,2004.
- [5] 范继辉,程根伟,张艳,等.岷江上游水电梯级开发存在的问题及建议[J].中国水利,2005(10):47-49.

(责任编辑 尹美娥)