

综述水电工程对生态环境负面影响的减轻措施

于永海 曲 洋 (河海大学现代农业工程系 江苏南京 210098)

【摘 要】水电工程在发挥巨大效益的同时,对生态环境不可避免地会带来一些负面影响。水电的无序开发与过度开发,会严重破坏生态环境,从法律法规层面规范水电开发行为很有必要。就水电工程本身而言,它对陆地与水生生态环境会产生一些负面影响,现综述这些影响的减轻措施。

【关键词】水力发电工程 生态环境 负面影响 措施 综述

人类兴修水利工程已有悠久的历史,水力发电工程是 20 世纪人类社会文明和科学技术发展提高的标志之一。水力发电属于一种工业,其产品就是电力,操作的是机械,驱动源是由上游流向下游的水,电能开发而水量并未丢失^[1]。与煤炭、石油和核能发电等方式相比,水能是明显的更清洁的再生能源,世界各国无不优先发展水电。目前我国的水能开发程度还不高,为满足防洪、供水、灌溉、电力供应等方面的要求,在未来较长一段时间内,水利水电建设仍是我国国民经济的重要基础工作。但工程对生态环境的影响也日益受到社会各界的关注,在今后一个时期,生态环境问题将成为我国水电建设乃至整个水利事业进一步发展的重要制约因素。为此,世界各国都建立了相应的环境评价制度,并采用一些先进的工程措施,以消除或减轻不利影响。本文重点讨论减轻水力发电工程对生态环境负面影响的措施。

1 法律保障措施

水电开发会改变原来的河流状态,而最重要的是水库将淹没部分土地、居民要搬迁,用部分陆地面积换取了水面面积,而且由于河流流态的改变会影响部分鱼类的生存环境以及水库泥沙淤积可能带来一些不利影响^[2]。因此水电开发要遵循水的自然规律和经济规律,充分考虑水资源承载能力和水环境承载能力,其无序开发和过度开发必将对生态环境产生不利影响。水电开发过程必需建立一套科学、完整的评估体系,以作出准确的抉择,采取相应对策。

美国是世界上最早实行环境影响评价制度的国家,其水电开发实行的是许可证制度,分为原始许可证和新的许可证。联邦政府所建造的水电项目由

国会进行授权,并主要由美国内政部、垦务局、美国陆军工程师团和田纳西流域管理局进行建设。至于大多数非联邦政府的水电项目,则必须由联邦能源监管委员会(FERC)颁发许可证授权进行建设,或者授权一个现有的项目继续进行运营。在下列情况下,非联邦政府所属的水电项目开发商必须提交许可证申请或豁免申请:1)项目建在国有航道之上;2)项目占用国有土地;3)项目利用国有水坝的水或国有水电;4)位于国会拥有商务条款管辖权的水域;5)项目建于 1935 年 8 月 26 日后,并且该项目影响州际或者外国的商业利益。原始许可证的有效期为 50 年。至少在原始许可证到期前 2 年,被许可人必须提交新的许可证申请。处理新许可证的程序与处理原始许可证的程序几乎完全相同^[3]。

俄罗斯实行的是生态鉴定制度。所谓生态鉴定,即是指由一定的机关或组织对计划进行的经济活动和其他与利用自然资源和保护环境有关的活动,按一定的标准进行审查和评价,以判定其是否符合俄联邦规定的生态要求,是否可以允许其生态鉴定对象实施的一种特定的监督检查程序或监督检查活动。在其生态鉴定制度中实行的是“环境保护优先性原则”,即在环境管理的过程中把环境保护放在优先位置考虑,在社会生态利益与其他利益冲突时,优先考虑生态利益^[4]。

我国于 1979 年颁布的《环境保护法(试行)》中最先引入了环境影响评价制度。水电环境保护管理始于 20 世纪 80 年代初,到 80 年代后期,大中型水电建设项目基本纳入环境管理轨道,建立了比较健全的管理程序和环境影响评价技术规范。1988 年颁布了《水利水电项目环境影响评价技术规范》,1999 年颁布了《江河流域规划环境影响评价规

范》，2002年又修订颁布了《环境影响评价技术导则（水利水电工程）》。此外，还颁布了适用于水利水电工程的其他环境影响因子（地面水环境、地下水环境和生态环境等）的评价规范。随着对水电开发建设项目环境影响评价的深入研究和管理工作，逐步建立了水生生态、陆地生态、水环境以及水库淹没和移民安置环境影响评价体系和方法^[5]。现阶段，法律规定的保障措施主要是确立了“三同时”制度。指凡从事对环境有影响的建设项目，其环境保护的设施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。“三同时”制度是我国环境管理的一项重要制度，是对环境影响评价报告中提出的各项防治措施和对策的具体落实^[6]。

2 陆地生态环境影响及减轻措施

水电工程对陆地生态环境的影响主要从以下几方面考虑：土地利用、材料运输、鸟类与输电线的相互影响及坝下水流量的改变。水电建设同样也会对人类产生直接影响，本文不予赘述。

2.1 土地利用

土地利用会直接危害陆生植物和野生动物的栖息地，其影响的严重性取决于当地物种的敏感性和受影响地区的特性^[7]。减轻土地利用影响的措施有：1) 合理选择运输通道，对易受影响物种加强研究，并将可移植的物种移植到与其相似的栖息地；2) 水库缓慢蓄水，以利于野生动物的迁移^[8]；3) 合理规划运输路线，尽量避免河流及其它敏感地带或有价值的栖息地；4) 在桥梁或管道建设上应用适当工程技术，减小淤积^[9]；5) 在站址处尽量保护树木和其它植被，沿运输通道两侧尽快植树，减少侵蚀；6) 建立天然的或人工的帷幕，减少建设和运行的噪音^[7]。

2.2 材料运输

在水电站建设期间，大量建筑材料需要运输，材料的原产地和堆放地都会对陆地生物体产生直接或间接的影响，应尽量减少受影响的陆地范围，并提供实物支付或等价替换的保护措施。主要包括：1) 合理制定工程进度，以便于把开挖产生的土料或岩石用于大坝建设或土地平整上；2) 尽量利用现有的垃圾掩埋场或其它设施来处理材料，减少影响范围；3) 用尽可能小的容器来运输和存储化学物质，降低污染的风险。一旦发生事故，便于将化学物质转移至有利地形，并注意与水体和湿地隔离^[7]。

2.3 鸟类与输电线的相互影响

当鸟类在飞行中遇到输电线或着落于输电塔时会造成死亡或受伤。大型水鸟和食肉鸟类最易受到影响。在多数情况下，输电线引起的鸟类死亡可能性较小。但如果输电线穿过鸟类主要的迁徙路径，则影响较大。减轻输电线对鸟类影响的措施有：1) 为各种类型的转换塔装设保护设施；2) 仔细研究当地的鸟类，尽量估计其食物类型及捕猎现状，减少输电线路的影响；3) 将转换通道设于地形较低的地区，减少鹰类对转换塔的利用，降低死亡率。但在电站建成之前，并不可能预见或减轻所有潜在的影响^[7]。因此，必须结合电力生产、输送及环境保护等进行仔细的观察、分析，制定妥善的解决措施。

2.4 坝下水流减少

在水电站建设及运行期间，水流变化会影响两岸的植被和栖息在这些植被中的动物。一些河流或河段会影响周围的含水土层。河岸的生物群落通常依赖于河流平均流量或洪峰流量，长时间的流量减少可能会导致河岸区域的重要改变。减轻坝下水流减少影响的措施：1) 合理确定最小生态流量，满足生态用水要求^[8]；2) 尽量缩短永久性大坝建设的枯水期；3) 合理调度运行期水量，保证河流至少可间歇性地连续流动；4) 当发电要求剧增时，应逐步增加水量，减慢发电前干燥地区的洪水泛滥，使野生动物有足够的时间逃生^[7]。

3 水生生态环境影响及减轻措施

对于水电工程的审批或复审过程而言，水生生态环境影响一直是生态评价的重点。疏浚河道、河流拦截、水轮机运行和蓄水等均能引起生态反应，下面逐一讨论各影响及缓解措施。

3.1 疏浚河道

不考虑客观因素，疏浚河道的影响包括河道底层物质移动、增加悬浮固体、下游淤积、水体或沉积物的化学变化等，这些变化将对生活在河道底部的鱼类及植物产生较大影响。减轻疏浚河道影响的措施有：1) 尽量减小疏浚范围，并合理安排时间，尽可能在物种低产或非繁殖期进行；2) 在大体积土料被挖掘的情况下，沉积物中会含有大量的有害化学物质，濒危物种易受影响，此时应加强研究，使用更广泛的减轻设施。如设立粉煤灰帷幕或使用水力挖泥机，但是水力挖泥机会增加陆地影响范围，所以应在充分比较后再应用^[5]。

3.2 河流拦截

水力发电设施会截断鱼类的上下游通道,对依靠向上游洄游而完成生命循环的溯河产卵鱼类和为产卵顺流而下的鱼类的影响很大,且对非洄游鱼类也会产生影响。减轻河流拦截对鱼类影响的措施是使用相应的过鱼设施,通常为各种形式的鱼道。鱼道必须具有如下3个主要特征:1)水从其底部排放,这样鱼处于来自尾水渠的较大水流(即诱鱼水流)之中;2)鱼上溯的水流速度在鱼类游泳能力的范围内;3)如果一次洄游上溯的整个距离太长的话,那么每隔一段距离所设置的休息池可供鱼休息。鱼道的替代方案包括机械(或液压)升鱼机或“捕捞和载运”方案——指在坝下捕捞上溯洄游鱼群,并将其用车辆或船只运到上游的指定地点^[9]。

3.3 水轮机运转

在水力发电过程中,从水库大坝流出的水通过水轮机转轮,带动发电机运转,鱼类易困在水轮机进水口中。水轮机通道引起的鱼类损失可能消极地影响鱼的数量,特别是在梯级发电的河流系统中。减轻水轮机运转影响的措施有:1)增加溢流量。如果鱼类迁移期相对较短,并在河道水流正常时发生,则可利用增加溢流量来冲刷通过大坝或支流溢洪道到尾水管间的鱼类。2)设置鱼栅。鱼栅利用鱼类对外部激励的反应来使其远离进口或吸引其至专门通道处。电隔板、气泡链帷幕、光、声音和水的射流等方式已经在实验或现场研究中应用,其结果相差不多。但鱼栅并不能阻止所有的鱼类进入水电站入口,它依赖于鱼类适应环境的状况和完成捕食或避免被掠夺的能力等因素。在仅有一种或一些种类不必考虑或者水轮机引起的死亡率可被接受的地区,鱼栅的运用是有效的。3)设置导流系统。导流系统包括倾斜的平面、楔形铁丝网压力筛、活动筛、圆筒筛和固定百叶窗等,它引导或强迫鱼类进入旁通道以使其返回至坝下自然水体中。每种类型的导流系统在特定情况下起作用,在运用时应根据具体情况加以比较选择^[7]。4)设计“对鱼类友好”的水轮机。目前这项研究成果已被应用于美国能源部的先进水轮机系统(AHTS)工程。利用计算流体动力学(CFD)技术,AHTS工程评价了一项似乎可提供有利于鱼类安全通过条件的螺旋式转轮设计。应用这种“对鱼类友好”的水轮机设计可省去进水口鱼栅,只要在实际中达到模型试验所预测的高效率即可^[10]。

3.4 蓄水

水库蓄水后会引引起水质的变化。减少水库蓄水引起水质变化的措施有:1)加强水源保护,防止水体污染。对营养物和输入水库的悬浮固体使用各种化学物质产生絮凝,从水体中移除并减少循环。2)对于成层型水库,合理利用水工建筑物,加速水循环,改善水质。每年都应有一定时间使水库水位降低至最低限度,使大部分库底能有充分的时间处于氧化环境,加速沉积物的氧化分解。3)向水库深层增氧,改善水质。可采用空气压缩机、气泡幕、空气扩散器等向深层水体输送空气(氧气),加速上、下层水的交换和混渗,破坏水温分层,改善深层水缺氧,加速沉积在库底的物质的氧化分解,从而改善水质^[7]。此外,水库蓄水可能会淹没河床产卵鱼类的产卵场,此时可在下游河道或支流建立人工产卵河道或从人工孵化场放养^[11]。

综上所述,水电工程会对生态环境产生很大影响,有些影响而且具有长期性。因此,其环境影响评价要坚持长期观测研究,并努力寻求减轻其不良影响措施,改善和保护生态环境。今后的水电开发工作方向正如中国大坝委员会秘书长、水电专家高季章所说,应在水电开发中切实保护生态环境,通过生态环境保护促进水电建设的健康发展,特别是以科学的发展观为指导,建立与生态环境友好的水电工程建设体系,实现水电开发与生态环境保护的协调发展^[12]。

参考文献:

- [1] 左东启. 水力发电与环境生态 [J]. 水利水电科技进展, 2005, 25 (2): 1-7.
- [2] 陆佑楣. 中国水电开发与可持续发展 [J]. 中国三峡建设, 2005, (1): 4-6.
- [3] 赵建达, 杨桥译. 美国水电的开发 [J]. 小水电, 2005, (4): 7-16.
- [4] 张波, 赵华. 俄罗斯生态鉴定制度初探——兼议完善我国环境影响评价制度 [J]. 求是学刊, 2005, (7): 67-71.
- [5] 祝兴祥, 常仲农. 中国水电环境保护现状与对策 [J]. 环境经济杂志, 2004, (11): 24-27.
- [6] 王承达. 环境影响评价制度的比较研究: 中国内地与香港 [J]. 学术研究, 2002, (3): 50-53.
- [7] John S. Gulliver, Ph. D., Roger E. A. Arndt, Ph. D. Hydropower Engineering Handbook [M]. Ecological effects of hydropower facilities. Chapter 8: ecological effects of hydropower facilities.
- [8] 黄真理. 国内外大型水电工程生态环境监测与保护 [J]. 长江流域资源与环境, 2004, (3): 101-108.

(下转第10页)

全国小水电站分为一、二、三类,对于问题严重的三类电站,限期进行技术改造。当然,对于安全隐患严重,无法实施技术改造的老电站,也可参照水库大坝安全管理办法,拆除重建、甚至报废。

2) 制定相关政策支持小水电站技术改造。调查表明,老电站经改造后,平均效率能提高 10% 左右,可更为高效地利用我国宝贵的水电资源,有利于我国节约型社会建设。同时,老电站技术改造几乎不会对生态环境造成任何破坏,如果引入“一体化设计”的新理念,反而会有利于生态环境的改善,在水电开发受生态环境制约愈来愈严重的今天,其意义更为重大。但目前,经济发达的地区,老电站技术改造工作进展较好,而经济欠发达地区老电站技术改造工作举步维艰,究其原因主要是政策和观念问题。建议参照病险水库除险加固的办法,由国家出台相关政策,如中央财政补助、税收优惠和新电新价政策等,鼓励投资流向老电站技术改造。浙江省实施的新电新价政策(技术改造后新增发电量电价由 0.36 元/kW·h 提高到 0.42 元/kW·h)收到了很好效果。

3) 加大监督和检查力度。小水电行业主管部门应对各地老电站技术改造规划、国家相关政策执行情况及国家财政资金使用情况加大监督和检查力度,并会同地方行业主管部门,组织有关专家及时对完成技术改造后电站的运行效果进行评估和验收,以确保 2015 年我国农村水电行业现代化的全面实现。

4) 加强人才培养和技术培训。行业主管部门应采用多种形式加强小水电规划、设计、施工和管理人员的技术培训工作,切实引导先进的规划设计理念、先进的运行管理方法以及先进实用的新材料、新技术、新设备在小水电建设和管理中的应用。

4 预期效果

我所近年来的实践表明,小水电站实施技术改造

后社会、经济和生态环境效益明显,主要体现在:

1) 小水电站技术改造工程具有显著的社会效益。小水电站技术改造工程可大大提高电站运行的安全可靠,电站噪音明显降低,职工劳动强度显著减轻,生产条件得到改善,从而更好地保障职工的身心健康和生命安全。

2) 小水电站技术改造工程具有显著的经济效益。一般情况下,技术改造后,机组的能量转换效率平均能提高 10% 左右,对于可实行增容的电站^[2],发电量的提高幅度可更大,如在全国老电站全部进行技术改造,相当于新增 300 多万 kW 装机。从而不仅使我国有限的水电资源充分发挥作用,有益于节约型社会建设,而且具有十分明显的经济效益。

3) 小水电站技术改造工程具有显著的生态效益。近年来,水电开发受生态环境因素制约的情况愈来愈严重,而老电站技术改造几乎对生态环境没有任何破坏,如果引入“一体化设计”的新理念,反而会有利于生态环境的改善。

小水电站面广量大,技术改造工作任重而道远。但只要明确目标,认真规划、积极推进,小水电站技术改造这项功在当代、利及后人的工程一定会得以顺利完成。

参考文献:

- [1] 吕建平. 新疆小水电站考察与改造可行性研究 [R]. 水利部农村电气化研究所, 2004, 11.
- [2] 徐锦才, 张巍, 徐国君等. 农村小水电站机组增容改造的方法 [J]. 中国农村水利水电, 2004, 6.

陈生水 (1962 -), 男, 南京水利科学研究院副院长, 水利部农村电气化研究所所长, 教授级高工, 主要从事水利水电工程的科学研究和技术咨询工作。

(上接第 13 页)

- [9] 朱效章, 赵建达. 欧洲小水电发展现状制约因素和对策 [J]. 小水电, 2005, (3): 11 - 16.
- [10] 英 A.W.H. 水电站洄游鱼类的补救措施 [J]. 水利水电快报, 2000, (5): 15 - 19.
- [11] 张志英. 溪落渡水利工程对长江上游生态环境及珍稀特有鱼类的影响和对策 [J]. 中国水产, 2001, (4): 20 - 21.

- [12] 高季章. 建立与生态环境友好的水电建设体系 [J]. 中国三峡建设, 2004, (6): 30 - 33.

于永海 (1968 -), 男, 河海大学副教授、博士, 主要研究小水电与农村能源工程. Email: yhyu@hhu.edu.cn