

生态视角下水利水电工程运行对周边环境的影响及应对措施研究

陈文

武义县清溪口水库工程管理处 321200

DOI:10.12238/ems.v7i7.14230

[摘要] 水利水电工程在能源供应、防洪减灾、水资源调配等方面具有重要作用,对促进社会经济发展意义重大。但从生态角度而言,其运行过程中难免会对周边环境产生诸多影响,本文对水利水电工程运行对周边环境产生的各种影响进行了细致分析,这些影响涉及水文变化、生物多样性变化、土地利用变化、地质稳定性变化、社会环境变化等多个方面。并有针对性地提出了相应对策,如合理确定生态流量、建设鱼类过坝设施、建立生物多样性保护区、实施生态恢复、完善社区参与补偿机制、采用绿色设计与智能管理等措施来减少水利工程对生态系统造成的负面影响,以实现水利水电工程的可持续发展,达到水利工程效益与生态环境保护相协调的目的。

[关键词] 水利水电工程;生态环境影响;可持续发展

引言

水利水电工程属于国家基础设施创建的关键部分,在能源供应、防洪减灾、农田灌溉、水资源调配等方面作出显著贡献,拿三峡工程来说,它有着很强的防洪功能,极大地削减了长江中下游地区的洪水灾害风险,每年给予的清洁能源达到千亿千瓦时的水平,有效地推动了当地经济的繁荣发展。但是,必须清楚的是,水利水电工程的建设和运行会给周围的生态环境带来不可小觑的影响。生态环境是人类赖以生存的根底,是当前区域内一切生物和非生物的总和。很多研究显示,工程建设会改变河流的自然水文状况,造成生物多样性受损,土地利用方式改变,甚至影响到地质稳定和社会环境。在全球都在积极践行可持续发展观念的时候,怎样才能发挥水利水电工程的最大效益的同时,尽可能地减少它给生态环境带来的不良影响,这是一个迫切需要解决的问题。

1 水利水电工程运行对周边环境的影响分析

1.1 对水文环境的影响

一是水利工程的修建特别是水库的修建使河流原有的自然流态发生了完全性改变,水库蓄水以后河流水位大幅度提升,流速显著减缓^[1]。有相关研究显示某大型水库建成后蓄水,库区河段的平均流速由建库前的 1.5m/s 下降到 0.3m/s 一下,水位也抬升了 30~50 米,这一变化给河流的自然水文过程带来了全方位影响。二是径流方面的改变,水库对河流径流有调蓄效果,这使河流的径流流量发生改变。汛期时水库大量蓄水,削减洪峰流量,枯水期放水,增加下游河道水量,这样在一定程度上有利于防洪和水资源调配,但破坏了河流原有的自然径流节律。

1.2 对生物多样性的影响

水文环境的剧烈改变给水生生物的栖息地带来了毁灭性的破坏,水库蓄水所形成的静水环境与河流原本的流水环境有着巨大的差别,很多喜欢流水的鱼类生存和繁殖受到了严重的影响。一些山区河流修建水电站之后,原先的急流性鱼类种群数量急剧下降。有些种类甚至面临灭绝的危险,水位的频繁波动还对水生植物的生长和分布产生了不良影响,水生植物生长繁殖需要相对稳定的水位和光照条件,水库水位的大幅度涨落破坏了水生植物的生存环境,造成它们的分布范围变小,生物量下降。

1.3 对土地利用的影响

水利水电工程施工需要大量的土地资源,水库蓄水时会淹没大量土地,这些被淹没的土地包含耕地、林地、草地以及居民点等等。在我国部分大型水库建设时的淹没了耕地的面积,统计到数万亩甚至几十万至百万亩都是有可能的,土地被淹没造成的直接损失是农业生产遭受影响,还带来了人口的大规模迁移,也给当地的经济和社会结构造成了巨大的冲击。

1.4 对地质稳定性的影响

大型水库蓄水之后,水体压重增大了地壳应力,而且水渗入改变了断层之间的力学性质,加大了断层的润滑程度,从而提升了地震诱发的风险。据有关数据统计,全世界大概有 0.1% 的水库在建成之后产生了水库诱发地震,我国也是水库诱发地震较多的国家之一,像新丰江水库在蓄水之后就发生了 6.1 级地震,给周边地区的人民生命财产安全带来了极大的威胁。

1.5 对社会环境的影响

水利水电工程建设常常牵扯大规模人口迁移,很多居民要离开原先住处,搬到新地方去,这个过程既给居民生活带来巨大改变,又碰上不少安置难题。移民安置点的基础设施创建、就业机会给予、社会融入之类问题,如果移民安置不当,也许会出现移民回流、社会不安稳等状况。按照有关资料,某大型水电工程移民安置期间,因为就业岗位缺乏,部分移民生活艰难,出现回流情况,给工程建设,当地社会稳定造成一定冲击^[2]。

2 水利水电工程环境影响的应对措施

2.1 生态流量保障措施

2.1.1 生态流量标准的科学设定

在生态流量保护时,可以使用 Tennant 法、湿周法等传统方法,配合河流生态系统健康评价模型,来确定生态流量阈值。比如对于山区的季节性河流,要收集多年的日流量数据,分析不同流量等级下的生态反应,确定枯水期最小生态流量是多年平均流量的 10%~30%。还要考虑鱼类繁殖期对流速(0.3—0.8m/s)和水深(1—3m)的要求,灵活调整流量标准。然后用 InVEST 模型模拟不同流量情况下的生态系统服务价值,考虑碳储存、水质净化等功能,既要保障生物生存需要,也要维护河流生态系统的总体健康,每年都要做一次生态流量标准的后评估工作,按照河流生态系统的实际反应及时作出调整。

2.1.2 构建生态流量监测与调控体系

在河流的关键断面设置多普勒流速仪、超声波水位计和水质多参数传感器,实时收集数据并传送到智慧水利管理平台。当监测到生态流量低于设定的阈值时,平台就会自动发出警报,联动闸门控制系统,优先开启生态机组,采用阶梯式下泄流量的方式,在 48 小时内把流量恢复到标准范围内。系统还有存储和分析历史数据的功能,可以画出生态流量变化趋势图,给以后的调度方案改进给予依照。

2.2 鱼类保护设施建设

2.2.1 建设鱼类过坝设施

在鱼道设计时,要准确算出池室尺寸,池室长度依照鱼类体长来设,是 1.5 - 3 倍体长,水深控制在 0.8 - 1.2m,坡度不可高于 1:20。针对鲑鳟鱼类,在鱼道入口处设立水流刺激装置,通过 0.5 - 1.0m/s 的诱导水流以及特定频率的声、光信号,引领鱼类进入鱼道^[3]。升鱼机采用连续式提升装置,每小时可运送 200 - 300 尾大型鱼类。鱼道创建的时候,用生态混凝土材料,这种材料多孔的构造利于水生生物附着生长,而且模仿天然河床的粗糙度,削减鱼类游动阻力。

并在鱼道出口处设立缓冲池,免除鱼类因为流速突变而受伤,缓冲池的面积按照鱼道规模设计成 10 - 30 平方米,水深维持在 1.5 - 2m。

2.2.2 实施鱼类增殖放流行动

在增殖放流之前,改良放流区域的底质,投放砂石,沉木等物质来创建鱼类栖息地。放流鱼苗要经过严格检疫,没有传染性疾病,而且要有一定的规格,鲤科鱼苗的体长要大于或者等于 8cm,鲑科鱼苗的体长要大于或者等于 12cm。放流之后,用 PIT 标记技术,给 10% 的鱼苗植入电子芯片,借助沿河水声监测体系,追踪鱼类洄游路线。定时展开放流区域的生态调查,监测鱼类种群数量,生物量以及群落结构改变,联系环境要素剖析增殖放流效果,给改良放流方案给予科学依照,每季度对放流区域的水质,底质执行检测,保证鱼类生存环境安全^[4]。

2.3 生物多样性保护与恢复

2.3.1 生物多样性保护区的设立

保护区边界划定借助地理信息系统(GIS),叠加植被类型,动物栖息地和河流廊道数据,确定核心保护区、缓冲区和实验区。在核心区设置红外相机监测网络,每平方公里设置 3—5 台相机,实时监测珍稀物种活动;在缓冲区利用无人机定期巡护,监测非法人类活动;在保护区周边设立生物廊道,种植本土乔木,灌木和草本植物,形成宽度 50—100 米的植被带,连通破碎化的栖息地,促进物种迁移和基因交流。并建立保护区生态监测站,配置专业技术人员,每月开展动植物种群动态监测,生态环境质量检测等工作,及时掌握保护区生态状况变动情况。

2.3.2 实施生态恢复工程

在湿地重建的时候,用“挖塘抬田”的办法,弄出水深 0.5 - 2 米的浅滩和深潭交错的地形。种芦苇、香蒲这些本土挺水植物的时候,按照 1×1 米的株行距密集种植,栽完之后铺上生物炭改良土壤,提升植物成活率。然后用人工补水和自然径流相结合的办法,让湿地水位上下波动保持在正负 30 厘米以内,引进水生动物做生态调节,投放螺,蚌之类的底栖生物净化水质,放养一些草食性鱼类控制水草生长,形成完整的湿地生态系统。在湿地周围设立围栏和警告标志,防止有人随便进入,定时清除湿地里的垃圾和外来入侵物种,守住湿地生态系统的稳定。

2.4 土地资源的保护与利用优化策略

2.4.1 合理规划工程占地

运用三维激光扫描技术对工程区地形执行细致的测绘,借助 BIM 技术完善工程布局,譬如在山区工程当中,把输水

隧洞轴线选定在山脊线下面 30—50m 的安稳岩层之中,减小地面挖掘;用无人机航空测定技术,对工程占地展开动态检测,保证占地范围不会超出审批面积的正负 3%;在工程谋划阶段,组织起多学科专家小组执行筹划,重视地质状况,生态环境与社会经济要素,比较不同筹划对环境的影响,建设成本以及操作难易程度,从而决定最优筹划。

2.4.2 强化土地复垦与生态修复工作

土地复垦时,先对污染土壤进行重金属淋洗修复,用 EDTA 溶液(浓度 5mmol/L)进行 3 次循环淋洗,在坡度 $>25^{\circ}$ 的地方修建水平阶整地,阶面宽 1.5—2m,外高内低,种植刺槐、柠条等固土植物。平缓地区按农田标准改良土壤,每亩施入有机肥 3—5 吨,过磷酸钙 50kg。在土地复垦期间,利用土壤墒情监测系统对土壤水分,养分等指标进行实时监测,根据监测数据调整灌溉,施肥方案,提升土壤肥力和植物生长质量。同时对复垦土地进行质量评估,邀请第三方机构进行验收,保证复垦土地达到相应质量标准^[5]。

2.5 地质灾害防控措施

2.5.1 地震监测预警系统构建

在库区周围布置高精度微震监测台网,台站间距保持在 2—3km,选用三分量地震检波器,采样频率达到 1000Hz,利用人工智能算法对监测数据展开即时分析。一旦察觉到地震波 P 波,就在 3 秒之内通过短信,广播等途径向周边 5km 范围内的居民发出警报,警报信息涵盖地震震级、预估抵达时间等关键数据,而且,跟区域地震监测中心形成数据共享,把各方监测数据汇总起来,从而提升地震预测的精确度。

2.5.2 山体滑坡及泥石流防治工程研究

对不稳定边坡,用预应力锚索加固技术,锚索长度按照边坡高度设成 15—30m,预应力施加值设成 300—800kN。在泥石流易发沟谷,造格栅坝,坝体采用钢筋混凝土构造,格栅间隔设成 0.5—1m,拦截粒径 $>0.3\text{m}$ 的石块。另外在沟谷两边造导流槽,槽底铺防渗土工膜,保证泥石流按照规划路线排出。在防治工程建设完成之后,装边坡位移监测设备,用北斗卫星定位,光纤传感等手段,随时监测边坡位移变动。监测到边坡位移速度高于警戒数值的时候,立刻启动应急反应机制,疏散危险地带的人,并执行进一步的加固操作。

2.6 社会环境协调措施

2.6.1 健全移民安置与补偿机制

创建移民信息管理平台,记载移民家庭人口、财产、就业等信息。在集中安置点创建时,按照人均住房面积 30 m^2 标

准规划住宅,设置社区服务中心、文化广场等公共设施,给移民给予职业技能培训。依照市场需求开设电工,月嫂等课程,培训时长 2—3 个月,保证培训之后就业率 80%以上。而且需要创建移民就业服务中心,同当地企业形成合作关系,搜集就业岗位信息,定时举办招聘会,给移民搭建就业平台。

2.6.2 推动地方文化传承与创新发展

对受到威胁的古建筑实施“原拆原建”的迁移保护,并借助三维建模技术对建筑结构实施数字化存档。在移民社区设置文化传习所,聘请当地的非遗传承人,每周举行 2 次传统手工艺教学,包含刺绣、木雕等,每年举办“文化节”活动,通过歌舞演出,民俗表现等形式传承弘扬地方文化。还要利用现代信息技术把传统文化变成数字化产物,做成短视频、VR 体验之类的商品,通过网络平台流传出去,增添文化影响范围,促使移民青少年参与到文化传承活动当中。并设立文化传承奖学金,对于表现杰出的青少年予以嘉奖,从而激起他们对本土文化的爱好与喜爱,定时举办文化传承成果展,表现移民社区在文化守护和发展方面所取得的成绩。

结语

水利水电工程属于国家发展必不可少的基础设施,在能源供应、防洪减灾等方面做出巨大贡献,不过,它运行时对周边生态环境的影响很广很杂,牵涉水文、生物多样性、土地利用,地质稳定、社会环境等诸多方面,这些影响既危害生态系统的稳定和生物多样性,又给人类社会的可持续发展带来麻烦,通过执行科学设置生态流量,创建鱼类过坝设施,划定生物多样性保护区,执行生态恢复工程,改良土地资源利用,防控地质灾害,完善社会环境协调机制等一连串针对性举措,可以在某种程度上减轻水利水电工程对生态环境造成的负面影响。

[参考文献]

- [1] 易子良. 探析水利水电工程规划设计对生态环境的影响与应对策略[J]. 工程建设与设计, 2025, (08): 35-37.
- [2] 邢晓霞. 农田水利工程施工对生态环境的影响与保护策略[J]. 农业开发与装备, 2025, (03): 166-168.
- [3] 张泽锋. 水利水电工程对生态环境的影响及保护策略研究[J]. 绿色中国, 2025, (01): 133-135.
- [4] 张玉茂. 水利水电工程建设对生态环境影响的利弊分析[J]. 大众标准化, 2024, (24): 77-79.
- [5] 云峰. 水利工程环境影响分析及控制[J]. 内蒙古水利, 2024, (12): 98-99.