

河道型消落带生态环境问题及其防治对策 ——以三峡库区重庆段为例

苏维词^{1,2}, 张军¹

(1. 重庆师范大学地理与旅游学院, 重庆 400047; 2. 贵州科学院山地资源研究所, 贵州 贵阳 550001)

摘 要:三峡大坝建成及水库蓄水运行后将出现一个落差高达 30m 的消落带, 形成一个巨大的河道型的周期性湿地生态系统。根据三峡水库的蓄水规划及河道型消落带的特殊性, 有针对性地探讨了在三峡水库(重庆段)运行过程中消落带产生的一系列生态环境问题, 如消落带土地利用导致的水体富营养化, 回水顶托区形成近岸污染带, 船舶航行造成的水体污染等, 并针对这些问题产生的原因、时空分布特征及发展趋势, 提出了消落带土地利用适宜性评价, 梯度开发, 建设生态屏障带; 实施城镇污水、工业污染和生活垃圾控制工程, 发展环境友好型循环生态农业; 建立基于 3S 技术的消落带生态环境问题监测预警系统等防治措施。

关键词:河道型消落带; 生态环境问题; 防治对策; 三峡水库; 重庆

中图分类号:X171

文献标识码:A

0 引言

消落带是指水库、江河、湖泊等水体季节性涨落, 使水陆衔接地带的土地被周期性淹没和出露成陆而形成的干湿交替地带^[1], 是一类特殊的湿地生态系统。随着社会对能源需求的增加, 各地大中型水利枢纽工程不断修建, 消落带的生态环境问题也日益突出, 并受到学术界的关注。国内外对消落带的研究主要集中在河岸带生态、植被的恢复与重建等方面, 如消落带水文变化因子与结果的响应模型^[2,3]、消落带类型、消落带环境问题的成因^[4-6]、消落带的环境功能^[7,8]与管理^[9]、被淹没土壤的重金属元素迁移规律模拟^[10-12]等等。

三峡水库于 2003 年 6 月开始蓄水, 2009 年建成竣工。在水库运行中, 根据“蓄清排浊”的运行方案, 在一个涨落周期内, 水位将由 9 月底至 10 月初的 145m 增加到 10 月底至 11 月中旬的 175m, 并于库区内形成一个长约 600km 垂直高差 30m 的消落带。据西南大学和中国科学院成都山地研究所的测算, 水库消落带淹没面积达 437km² 和 446km², 其中在 145

~175m 之间的重庆段永久性消落带面积达 291.1km²。三峡库区消落带面积大、涨落规律特殊(冬蓄夏排), 作为典型的河道型消落带, 狭窄细长, 流域面积大, 极易成为沿岸区域各种废物的排放地。此外, 河道型消落带水流特有的横向环流、滞流缓流等特性, 使水体对污染的自净能力极低, 加之库区生态环境基底脆弱, 易产生各种生态问题。三峡库区消落带是水库周边泥沙、有机物、化肥和农药等污染物进入水库的最后一道生态屏障, 对三峡水库水源安全极其重要。此外, 消落带的生态环境问题不仅影响到重庆长江上游段生态屏障建设, 并对库区周边县市的可持续发展产生影响。因此, 对库区生态环境问题开展深入研究, 分析其形成原因, 并对其变化进行预测, 意义尤为重大。

1 库区消落带主要生态环境问题分析

1.1 消落带土地利用导致水体富营养化

三峡库区蓄水运行后, 不同高程水位运行下将产生不同面积的消落带出露(表 1), 高程水位为 160~

基金项目: 国家社会科学基金(06XYJ01)、重庆市高校 GIS 重点实验室、重庆市人文地理学重点学科重庆市高校创新团队项目资助。

第一作者简介: 苏维词(1965—), 男, 研究员, 主要研究领域: 生态环境与可持续发展。E-mail: suweici@sina.com。

收稿日期: 2010-07-25

175m 的消落带出露时间达 120d 以上,面积约 171.79km²,与农业生产时间几乎同步。消涨落带土地的利用必然会扰动土层,使土层中的 N、P、K 等营养元素从土层中淋溶出来并随地表径流进入水体中。据袁辉的资料^[13],在消落带初次淹没后,中级水平的营养物质释放量将达 TP 118.9t/a, TN 4 683.1t/a, 氨氮 133.3t/a。此外,库区农业生产中化肥、农药、农用地膜、有机肥等的使用又会给水体带来大量的营

养元素,造成水体富营养化。已有研究表明,三峡水库消落带中紫色土、冲积土的磷零点吸持平衡浓度高于富营养化的临界浓度 0.02 mg/L^[14]。三是,消落带水流流速较慢,水体自净化能力较弱,夏半年平均温度高,极易造成水藻的迅速生长,发生水华而造成水体水质恶化。三峡库区已先后监测到分别以隐藻、硅藻、甲藻、绿藻和蓝藻为优势种群的 5 种类型水华^[15]。

表 1 不同水位条件下三峡重庆库区消落带的面积分布状况

Tab. 1 Areas of the fluctuation zone under different water levels in Chongqing reach of the Three Gorges Reservoir

类别	时 段					
	11 月中旬 至 12 月	1 月	2 月	3 月	4—5 月	6—9 月
水位/m	175	175~170	170~165	165~160	160~145	145
消落带出露面积/km ²	无	65.47	59.58	46.74	119.31	291.1
累计出露时间		7~8 个月	6~7 个月	5~6 个月	4 个月	

注:据参考文献^[16]整理。

1.2 回水顶托区形成近岸污染带,造成回水区水质恶化

从 2003 年 11 月实现 139m 蓄水至 2004 年年底,长江、嘉陵江、乌江重庆库区段共清捞江面漂浮物约 12 万 t,三峡大坝漂浮物来量达 20 万 t^[15]。库区消落带狭窄细长,水流所特有的横向环流、滞流缓流特性,使库区河道拓宽,水流速度明显减缓,特别是库区蓄水后的回水顶托作用,使污染物不能及时随径流排出,大量积存于消落带形成近岸污染带,造成消落带土壤酸化和出现水华。如 2004 年库区神女溪、大溪河、抱龙河等 13 条河流的回水区部分河段曾发生“水华”现象,至 2006 年在库区 23 条一级支流回水区上游水体中呈富营养的断面已占 13.6%^[17]。

1.3 航运船舶污染

随着三峡工程的竣工,长江航运日益发展,过境船舶数量增长迅速,三峡库区船舶平均流量 10 万艘/a,在重庆市境内航行和停泊的各类船舶约 3 万艘,这些船舶每年产生固体垃圾 4.9 万 t,生活污水约 1 800 万 t,含油废水约 100 多万 t。船舶产生的大量生活、生产垃圾、含油污水未经处理直接排入库区^[18],由于消落带水流速度较慢,污染物不能及时的得到自然稀释,造成了水体污染及水生生物多样性的破坏,特别是含油污水自然降解速度极慢,造成部分水体缺氧,影响鱼类等水生生物的呼吸,造成生物死亡,对环境危害严重。此外,化学品专用船舶洗舱废水处理能力不足,检查监督力度不高,导致大多数船舶将洗舱废水不加处理直接排入长江。

1.4 废弃物污染

一是三峡库区消落带狭窄细长,集水面积大,消落带两岸的生活污水、生产废水大部分不经处理直接排入消落带。此外,农业生产中残留的化肥,农药等,遇降水随地表径流直接进入消落带。2009 年长江三峡工程生态与环境监测公报显示,2008 年三峡库区重庆段工业污染源废水排放量为 5.36 亿 t。

二是库区周边农业生产的面源污染严重。2008 年重庆市畜禽养殖排放污染物 8 568.48 万 t,畜禽粪尿排入环境产生的 COD 污染负荷为 28.70 万 t,全市氮肥、磷肥、钾肥单位面积使用量分别为 223.71kg/hm²、77.46kg/hm²、21.15kg/hm²,农膜使用量 3.09 万 t,农药使用量 2.10 万 t。三峡库区占重庆市总面积的 70.5%,因此大部分污染物都将集中于库区内^[19]。

三是固体废物污染。2008 年全市工业企业固体废物产生量为 2 311 万 t。这些固体废弃物大多随意堆存在消落带及周边,高水位时受江水浸泡或降水冲刷,大量重金属等有毒物质淋溶于地表径流并随地表径流进入消落带,对消落带土壤及水体造成严重污染。

1.5 酸雨污染

重庆作为三峡库区唯一的将大城市,是我国酸雨危害最严重的地区,为酸沉降的高敏感区之一。重庆市 2008 年 SO₂ 排放量 78.24 万 t,降水的 pH 值均值为 4.67^[19],这些酸性降水也大多经消落带入库,对消落带湿地生态系统的土壤和生物多样性、水库水质及

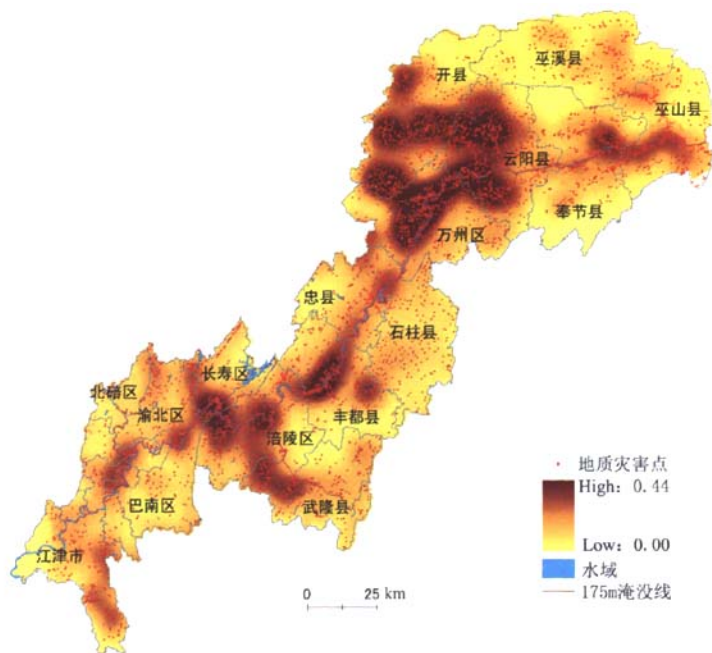


图 2 重庆三峡库区地质灾害密度分布图

Fig. 2 Density of geological disasters in Chongqing reach of the Three Gorges Reservoir

区水流平均流速为 0.1~0.5m/s, 支流回水区平均流速在 0.1m/s 以下^①, 导致鱼类、藻类等水生生物和消落带陆生生物生境条件变化, 从而引起一系列生态问题。其间消落带表现的更为显著: 原有陆生生态系统变为季节性湿地生态系统, 原来陆生环境中的物种将逐步消亡, 175m 蓄水后直接淹没植物 120 科 358 属 550 种, 145m 以下植物因被永久性淹没将全部死亡; 原先生活在消落带范围内的 8 目 20 科 76 种哺乳动物, 大部分因难以适应新生境而迁徙, 有害啮齿目、食虫目动物被迫随移民而上迁; 该带内的 65 科 222 属 291 种昆虫, 也因大面积农林园地淹没而大量减少, 植物大量死亡, 食物短缺加快了消落带动物种类的减少速度^[16], 而水生环境中生长的物种又因消落带的季节性出露水面而难以成活, 水陆两生的物种数量少, 使消落带生物多样性减少, 生态系统结构和功能趋于简单化, 稳定性变差, 脆弱性增强。

2 消落带生态环境问题调控对策

2.1 加强消落带土地资源管理, 合理利用消落带的土地资源

库区消落带的成陆期与库区夏半年的光热雨资

源集中期基本同步, 使库区消落带的土地具有较高的生产利用潜力和多种利用价值。消落带土地资源的开发利用要做到: 一是要示范先行, 在典型消落带开展小范围的试验示范, 通过试验示范总结经验和模式, 再适度推广。二是保护原生态环境优先、因地制宜, 合理选择开发模式及区域: 首先针对不同水位的不同出露面积及时间, 制定不同高程水位下出露消落带的开发利用模式, 如峡谷陡坡型消落带要以林草保护封育为主, 适当进行人工促育; 平坦型消落带适当开展季节性农业、花卉、瓜果蔬菜种植、优质牧草种植等, 有些地方可以因地制宜的发展库岸生态观光旅游等^[16], 突出消落带湿地生态系统的两栖特色。其次限制土地利用地域范围, 建立天然消落带保护区, 严格控制保护区的开发利用; 再次对于季节性利用的消落带, 要尽量发展环境生态友好型生态农业, 推广免耕等耕作新方式, 逐步建立完善消落带土地利用的环境影响评价责任制, 避免或减少因土层扰动而加剧消落带土壤流失。

2.2 开展消落带土地利用适宜性评价, 梯度开发, 建设生态屏障带

根据不同的蓄水运行方案, 基于 3S 技术开展消

①金鉴明院士在第十一届科协年会三峡库区生态环境建设论坛上的发言, 题目为《三峡库区必须进行生态修复与屏障建设》, 作者为金鉴明, 汪俊三。 <http://www.ctgpc.com.cn/sx/news.php?mNewsId=39714>。

落带土地利用及其环境变化三维模拟,结合库区消落带的地貌、土壤及气候等环境条件及周边居民的生活生产习俗,开展消落带土地利用适宜性评价和设立生态屏障带。生态屏障带就是在消落带建立一个污染源与库区水体之间的缓冲带,对进入水库且经过消落带的污染源进行过滤、吸收和沉淀,通过植物屏障带来吸收污水中N、P及有机物污染物、降解重金属含量等。依据高程、土壤、坡度、地貌和原土地利用类型,对消落带进行梯度分级,以耐水植物群落带—季节性综合利用带—堤坝防护带—生态屏障建设带模式进行建设(图3)。耐水植物群落带主要种植芦苇、狗牙根、野地瓜藤和水花生等耐淹性强的植物,对消落带植被系统进行生态修复;季节性综合利用带主要针对地势平坦,土壤肥沃,出露时间较长区域(160m水位以上出露时间约180d),可满足玉米,大部分蔬菜等农作物和狗牙根、野地瓜藤和苏丹草等草本植物生长、发育、成熟的条件要求;库岸混交林带主要以乔木、灌木、草被混交为主,增加屏障带的生物多样性及系统的稳定性。此外,可适当种植经果林,上述综合措施可相对缓解库区的人地矛盾,增加农民收益。

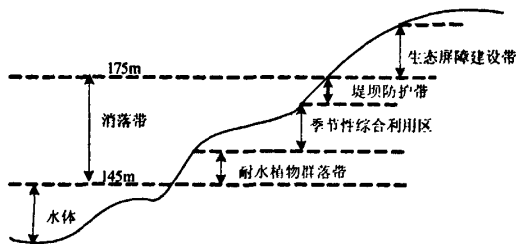


图3 三峡库区消落带综合利用建设示意图

Fig. 3 Sketch map of multiple utilization and construction for the fluctuation zone in the Three Gorges Area

2.3 建立消落带开发统一管理体制,完善政策制度,加大生态保护投入

库区消落带流域面积广,涉及到众多领域和行业利益,现有的管理体系较为分散,效率不高。建立三峡库区(消落带)管理委员会,将原来分散于环保部门的污染防治,国土部门的地质灾害治理,发改委的生态建设规划,水利及林业部门的水土流失等工作统一纳入委员会的管理下,做到统筹规划、统一管理。对土地开发实行严格的生态环境影响评价许可制度,实行环境影响责任制,即“谁污染,谁治理”。建立消落带环境保护专项基金,坚持多元化的投入机制,在加大政府投入的同时,在资金、土地、税收、信贷等方面积极引导和鼓励企业、社会参与生态保护和建设,实行“谁保护,谁受益”的鼓励政策;建立生态审计制度,对生态治理工程实施环境效益评估,确保投入的合理

性与效率。尝试建立生态补偿机制,研究发展区域与保护区域,受益地区与受损地区的利益补偿关系。

2.4 实施城镇污水、工业污染和生活垃圾控制工程,发展库区环境友好型循环生态农业

进一步调整库区产业结构,加强对工业污染治理力度,要坚决关闭“高污染、低效益”的企业,把降低工业污染作为重点,在城市及农村推行垃圾分类,提高资源的循环利用。建立分布合理的污水、垃圾处理设施,提高对各类污染物的处理率,不达标的污水、工业垃圾坚决不准排放,配套建设和完善雨污分流的污水收集排放系统,提高污水处理率。在库区发展循环生态农业,大力发展农村沼气,加大“一池三改”工程示范建设面;开展高毒高残留农药专项整治,进一步扩大测土配方施肥示范面;实施无公害绿色农产品产地认定计划,减轻农业生产中点、面源污染的危害。

2.5 建立基于3S技术的消落带生态环境问题监测预警系统

以3S技术为依托建立消落带生态环境问题动态监测系统,针对库区消落带可能出现的重大环境问题、地质灾害等建立预测、预警系统,如库区水土流失监测,森林生态系统及病虫害监测,农业环境监测,重大气象灾害、重大突发性病原性病毒及疫情等预警监测系统。监测预警系统可很好的实现对消落区生态环境变化的全时空监测,及时掌握其动态变化,保证库区水体及消落带的生态安全,如对影响消落带滑坡、塌方地质灾害的各因素,如库岸地形、地质、水文等数据进行遥感监测,并结合水库水位、地下水位、库区地震、暴雨等诱发性因素,来评估滑坡、塌方发生概率,对滑坡、塌方进行活动敏感性综合分析,制定消落带内不同等级的地质灾害危险度区划。对危险性较大发生概率较高的地质灾害进行工程性技术防治。

2.6 研究开发消落带污染的生物修复新技术

生物修复是指利用生物的生命代谢活动,来减少污染环境中的有害物质的浓度或使其无害化,从而使污染的环境能够部分或完全地恢复到原始状态的过程。生物修复技术主要包括河道人工曝气复氧法、生物膜法、生物修复法等^[21]。可根据实际情况选用,首先应根据消落带实际污染种类、严重程度及水文环境现状的实际情况,培育和选择引入的微生物品种,优化原微生物群落结构、增加微生物数量及生物活性,特别是显著地影响污染物降解的生物化学行为,利用微生物降解消落带中水体的营养元素、有机物及重金属,净化水体。

3 结语

三峡库区消落带具有特殊的生态意义,是保护三

峡水库水质的最后一道生态屏障。消落带水陆系统的不断耦合运动,对消落区生态环境影响重大。消落带的生态环境问题是水库蓄水运行过程中水位的周期性涨落及河道型消落带特有的水文、水力学因素(集水面积广,回水区狭长,流速缓慢)与不合理的人类活动叠加造成的,其生态环境有自身的特性。将消落带的开发利用与生态环境的修复保护有机结合起来,开发利用要着重于消落带生态环境的保护与改善,对已有环境问题,因地制宜的提出了综合管理,梯度利用,政策保障,生物技术修复等解决措施。消落带生态环境问题的根治需要相关学科的综合研究,摸清河道型消落带特殊的水文、水力学特性,研究水污染的生物修复技术等,进一步研究其对外在人类活动的响应反馈机制,是未来防治和解决消落带生态环境问题的关键所在。

参考文献

- [1] 苏维词,赵纯勇,杨华. 三峡库区消落区自然条件及其开发利用评价——以重庆库区为例[J]. 地理科学, 2009, 29(2): 268—272.
- [2] Zacharias I, Dimitriou E, Koussouris T. Estimating groundwater discharge into a lake through underwater springs by using GIS technologies [J]. Environmental Geology, 2003, 44(7): 843—851.
- [3] Hill N. M., Keeldy P. A., Wishen L. C. A hydrological model for predicting the effects of dams on the shoreline vegetation of lakes and reservoirs [J]. Environment Management, 1998, 22(5): 723—736.
- [4] 张虹,朱平. 基于 RS 与 GIS 的三峡重庆库区消落区分类系统研究——以重庆开县为例[J]. 国土资源遥感, 2005, 3(65): 66—69.
- [5] 赵纯勇,杨华,苏维词. 三峡重庆库区消落区生态环境基本特征与开发利用对策探讨[J]. 中国发展, 2004, 4: 19—23.
- [6] 冯大兰,刘芸,钟章成. 三峡库区消落带现状与对策研究[J]. 中国农学通报, 2006, 22(4): 371—381.
- [7] 袁辉,王里奥,詹艳慧,等. 三峡库区消落带健康评价指标体系[J]. 长江流域资源与环境, 2006, 15(2): 249—253.
- [8] 黄京鸿. 三峡水库水位涨落带的土地资源及其开发利用[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 1994, 19(5): 528—533.
- [9] 王炯. 三峡库区消落带的利用与管理问题研究[J]. 西南农业大学学报(社会科学版), 2003, 1(1): 35—38.
- [10] 陈梓云,彭梦伙. 三峡库区消落带土壤中铅污染调查[J]. 土壤与环境, 2001, 10(2): 165—166.
- [11] 傅杨武. 三峡水库消落带土壤—水体系统中重金属模拟研究[J]. 环境科学与技术, 2007, 30(10): 14—16.
- [12] 肖广全,温华,魏世强. 三峡水库消落区土壤胶体对 Cd 在土壤中迁移的影响[J]. 水土保持学报, 2007, 21(4): 16—20.
- [13] 袁辉. 三峡库区消落带对水环境影响分析及利用模式研究[D]. 重庆:重庆大学, 2006: 113—114.
- [14] 石孝洪,魏世强,谢德体,等. 三峡水库消落区土壤磷吸附特征[J]. 西南农业大学学报(自然科学版), 2004, 263(3): 331—335.
- [15] 谭淑端,王勇,张全发. 三峡水库消落带生态环境问题及综合防治[J]. 长江流域与资源, 2008, 17(1): 101—105.
- [16] 苏维词,杨华,赵纯勇,等. 三峡库区(重庆段)消落带土地资源的开发利用模式初探[J]. 自然资源学报, 2005, 20(3): 326—332.
- [17] 重庆市水利局. 2006 年水资源公报[M]. 重庆, 2007, 5: 17—18.
- [18] 陈雅荣,崔保华,刘德绍,等. 三峡库区生态环境保护 and 建设对策研究报告[M]. 2007.
- [19] 重庆市环保局. 2008 年重庆市环境状况公报[M]. 重庆, 2009, 6, 11: 5—6.
- [20] 重庆“十一五”规划重庆市生态经济功能区划研究[M]. 重庆: 2005, 11: 49—50.
- [21] 曾昭超,周详. 生物修复技术在水体污染治理中的应用[J]. 环境科学导刊, 2010, 29(2): 68—70.

The main eco-environmental problems and prevent measures within the watercourse-type fluctuation zone — A case in Chongqing reach of the Three Gorges Reservoir

SU Wei-ci^{1,2}, ZHANG Jun-yi¹

(1. Geography College of Chongqing Normal University, Chongqing 400047, China;

2. Institute of Mountain Resources, Guizhou Academy of Sciences, Guiyang, Guizhou 550001, China)

Abstract: With the Three Gorges Reservoir being completed, a watercourse-type fluctuation zone with up to 30m high fall is going to appear, which will bring about a large periodic wetlands ecosystem. According to the water-store planning of the Three Gorges Reservoir and the particular characteristics of the fluctuation zone, important eco-environmental issues, such as eutrophication caused by land use, the nearshore pollution in backwater area, and the water pollution by ship's navigation, are discussed in the paper. Furthermore, in light of the reason and spatial-temporal distribution as well as development tendency of the above problems, it is proposed that the following prevention and control measures should be adopted, to evaluate the suitability of land use in the fluctuation zone, to reclaim the land step by step, to establish ecologic protective barrier, to carry out controlling engineer to domestic sewage and industrial pollution and domestic garbage, and to develop environmentally friendly recycling eco-agriculture, as well as to establish monitoring and warning system for the eco-environment in the fluctuation zone through the 3S technique.

Key words: watercourse-type fluctuation zone; eco-environmental issue; counter measure; the Three-Gorges Reservoir; Chongqing