

金沙江干热河谷水电站库区消落带生态修复对策研究^{*}

王 勇, 李 鹏, 穆 军, 白 丹

(西安理工大学 西北水资源与环境生态教育部重点实验室, 西安 710048)

摘 要:通过对水库运行后消落带的特点进行分析,预测了金沙江干热河谷水电站水库建成后,由于水库水位的涨落形成的消落带,可能会带来环境污染、土壤侵蚀和水土流失、生态系统被破坏、诱发地质灾害等生态环境问题。通过实地调查、现场试验和对三峡等消落带的分析研究,确立了电站水库蓄水后消落带应该具备的立地类型和消落带区域在水库建设过程中应相配套的工程措施;以及在水库蓄水后水面以下 0~5 m 应种植杨柳等高大乔木;5~15 m 应种植根系发达的草本,如香根草等;15~30 m 应以苏丹草、稗草、小米草等饲草为主。

关键词:消落带;干热河谷;水电开发;生态修复

中图分类号:TV697.21;X171.4

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2009)05-0141-04

Ecological Restoration in Level-fluctuating Zone Countermeasures of Dry-hot Valleys Reservoirs in the Jinsha River

WANG Yong, LI Peng, MU Jun, Bai Dan

(Key Laboratory Northwest Water Resource, Environment and Ecology, Ministry of Education, Xian University of Technology, Xian 710048, China)

Abstract: In this paper, characteristics of level-fluctuating zone is analyzed after running the reservoir, because of the formation of the level-fluctuating zone by the reservoir water level fluctuation, which may resulted to some ecological environment problems such as the environmental pollution, soil erosion, ecosystem damaged, geological disasters and so on. By surveys, field tests and analysis of level-fluctuating zone Three Gorges area, site type and engineering facilities of level-fluctuating zone region are established after water reservoir. Moreover, some measures are provided such as planting willow below 0~5 m of water level, planting Vetiver below 5~15 m of water level, planting Sudangrass, barnyard grass, millet grass below 15~30 m of water level.

Key words: water-level-fluctuating zone; dry-hot valley; hydropower development; ecological restoration

金沙江水电基地是我国也是世界上最大的水电基地^[1],也是世界上少有的水能资源富集的河流。金沙江从青海省玉树(巴塘河口)开始,至四川宜宾与长江相接全长 2 360 km,落差 3 280 m,金沙江水量充沛,落差巨大,水能资源十分丰富。根据全国水力资源普查结果,全流域水能资源理论蕴藏量为 1.124 亿 kW,占全国总蕴藏量的 16.5%,可开发水能资源达 8 891 万 kW^[2]。

金沙江干热河谷区位于北纬 26.6°~28.0°,东经 100.3°~103.6°,流经云南高原西北部、川西南山

地,到四川盆地西南部的宜宾接纳岷江为止,全长 2 316 km,流域面积 34 万 km²。金沙江流域内资源丰富,拥有水能、森林、矿产、生物、旅游等众多优势资源。特别是水能资源,金沙江坡陡流急,水量丰沛且稳定,落差大且集中,在西南及全国均占很重要的地位,是规划的“西电东送”的重要电源基地^[1]。为了充分利用金沙江流域的水能资源,长江流域规划拟定的梯级开发方案中明确提出,金沙江干流河段的开发规划以发电为主,兼顾防洪、发展航运等。

金沙江下游河段全长 782 km,落差 729 m,规

* 收稿日期:2009-04-04

基金项目:国家重点基础研究发展计划项目(2007CB407206);陕西省自然科学基金重点项目(SI08-ZD02)

作者简介:王勇(1983-),男,陕西渭南人,硕士研究生,研究方向:水土保持与荒漠化防治。E-mail:wangyongtougao@163.com

通信作者:李鹏(1974-),男,山东烟台人,博士,副教授,主要从事水土资源与环境方面研究。E-mail:lipeng74@163.com

划按梯级从上至下依次开发修建若干大型水电站。金沙江干流中下游开发条件成熟,且水电的开发可以带动当地的经济发展^[3]。由于金沙江下段地处干热河谷,干热河谷被认为是世界上环境恶劣生态脆弱的地区^[4]。在电站建成蓄水后,不可避免地面临同一个生态环境问题即消落带问题。消落带出现将加重该地区生态环境问题。三峡工程的竣工,带来的消落带问题已引起社会各界的广泛关注。因此笔者认为有必要在认识和学习前人对消落带问题研究的技术和方法的基础上,对金沙江流域下游干热河谷水电站库区未来的消落带生态修复工程进行研究,希望做出一些前瞻性的建议。

1 水电站库区消落带的形成及特点

所谓消落带是指工程建成之后正常运转的水位变动带,是水位反复周期性变化的干湿交替区圈。刁承泰等人^[5]认为水库涨落带又称消落带或消落区,指的是水库季节性水位落而使周边被淹没土地周期性地出露于水面的一段特殊区域,是水生生态系统和陆地生态系统交替控制的过渡地带,是一类特殊的湿地生态系统。黄川等人^[6]认为消落带地是湖水水生生态系统与湖岸上陆地生态系统的交替控制地带。该地带两种生态系统的物种生命活动十分活跃,具有生物的多样性、人类活动的频繁性和生态脆弱性。无论是气候变化还是人类活动,都会对其产生很显著的影响,消落带湿地已成为湖岸带中生态最脆弱的地带,并严重制约着库区周围环境的演替和发展。

如果干热河谷水电站也像三峡一样,采取“蓄清排浑”的运行方案,即在每年汛期(6-9月),金沙江上游来沙量最大之前,将水库水位降至最低的145 m,并开闸放水排沙,而在汛期后(10月)输沙量和径流量小的枯水期开始蓄水,将水位升至最高的175 m,以拦蓄清水发挥水库效益。这样每年水位上下变化使库区出现一条约几十米宽的沿金沙江两岸的变动带,受库水反复、周期性的淹没以及水位涨落所产生的冲刷和淤积作用,消落区的地形、土壤和水分状况将会发生一定变化,景观以及生态功能也会有所改变^[7]。

总之如三峡问题专家刁承泰^[5]对三峡水库消落带指出的一样,干热河谷也应具备其中的特征,一是消落带面积和水位涨落幅度大,面积较大的连片消落带多;二是消落带水位涨落季节反自然枯洪规律,消落带出露成陆时期最为炎热潮湿,大雨、暴雨频繁;三是消落带范围内被淹没城镇、工矿企业、园林

耕地及迁移人口多,入库大小支流最多,陡峭峡谷消落带分布最广;四是库岸带城镇多、规模大,人口和产业尤其是工矿企业密度高,而经济社会发展水平落后,生态环境差,人类活动与消落带相互作用影响最为频繁与强烈;五是消落带形成后的初期阶段,淹没前的陆地生态环境、陆生生态系统尤其是植物群落等将发生巨大变化。

2 库区消落带可能出现的问题及治理意义

消落带是水生生态系统和陆地生态系统交替控制的不稳定的特殊湿地生态系统。在人工调度下,水电站水库的水位涨落速度、幅度和频率与天然河道明显不同,增加了消落带的不稳定性。而且,每年消落带陆地的出露时期与库区夏季的光、热、雨资源集中期基本同步,在高温高湿的情况下,消落带很可能形成严重的生态环境问题,不仅影响库区本身,甚至整个电站工程的运行效果都可能产生直接的影响。

2.1 环境污染加重问题

消落带作为水域与陆地环境的过渡地带,其生态系统将受到来自水陆两个界面的交叉污染:一是水域中的一些污染物由于风浪和库中水体的运动,向两岸消落带移动,水中的部分垃圾将进入消落带,如塑料污染物等。同时,水中的一些营养物质也将进入消落带的下部土壤中富营养化;二是电站库区人口密集,水库两岸人类活动频繁,人类生产、生活产生的大量废物和垃圾、工业废水、生活污水经过消落带进入水库,造成水体污染。

2.2 水土流失、土壤侵蚀和地质灾害问题

由于水电开发,形成的弃渣场,开挖边坡、断面等高悬碎石岸坡,在水库蓄水之后,部分将处于消落带区域,在重力和水位涨落的水动力双重作用下,水土流失加剧,甚至导致消落带区域若干地质灾害的发生,给库区人民的生产生活带来不良影响。

2.3 爆发疫情、流行性疾病问题

干热河谷区居民分布在库区两岸,生产生活都与库区联系较为紧密。低水位时,垃圾、杂草等污染物直接滞留在消落带上;高水位时,水流速度慢,污染物不易扩散。这两种环境都易滋生各种相关的病原体、致病菌,尤其是在夏季高温高湿的环境条件下,污染严重的消落带将成为各种相关病菌、寄生虫的滋生源,异味和恶臭的散发地,尤其是低水位时,在库区耕作的群众很有可能携带病菌,这样很可能导致大规模疫情的发生和流行。

2.4 消落带植被恢复的现实意义

金沙江干热河谷水电工程的兴建对库区生态环境、动植物群落、生态系统以及库区经济发展的影响是深远的。水电站库区消落带是水电站库区的重要组成部分,对生态植被进行修复与重建不仅直接关系到水库水土流失、泥沙淤积的多少和水质标准,而且直接影响到水库的运行和寿命,同时还影响到电站周边城镇经济的发展。因此,进行干热河谷水电站库区消落带植被修复与重建研究是必须的,而且随着大坝的修建,这一问题会变得更加突出。

3 消落带生态修复的研究

3.1 以三峡为主的库区消落带生态修复的研究

对于消落带的研究尤其是三峡库区消落带的研究已成为热点,而且前人在这方面已经作了大量的工作。李昌晓等人^[8]模拟三峡库区消落带土壤水分变化特征,研究池杉幼苗对不同土壤水分水平的光合生理响应。戴方喜等人^[9]通过对消落带的特征及其植被的作用研究,提出了库区消落带梯度生态修复概念,为构建健康运行的库区生态系统提供了一种思路。徐高福等人^[10]总结千岛湖消落区种植挺水树种的试验成果,针对不同立地提出千岛湖消落带植被恢复措施。任雪梅等人^[11]对三峡消落带植被恢复研究,建议在178 m以上种植果树,178~170 m种植柳树,170 m以下种植蔬菜、饲草等一年生的草本植物。陈芳清等人^[12]通过模拟水淹试验,研究了秋华柳幼苗对水淹的适应能力及机理,提出秋华柳可作为库区水位消落带植被恢复与重建的先锋物种。冯大兰等人^[13]通过分析三峡库区消落带的生态环境问题,预测了芦苇在库区的应用前景,即可防止水土流失、水体富营养化,同时,合理利用芦苇资源还可增加库区人们的经济收入,加快库区农村的经济建设步伐。

吴江涛等人^[14]在水库消落带内为植物生长构筑适合的立地条件和生态环境,提出了库区消落带植被生境构筑的三种方法,即PEB防冲刷基材生态护坡技术、防冲刷生态型护坡构件、燕窝植生穴。张光富等人^[15]根据该区的具体特征,提出开县前置库消落带的生态恢复应遵循工程措施与生物措施相结合、植被恢复为先导和生态位分化的原则。裴得道、许文年等人^[16]通过室内模拟消落带土壤侵蚀试验,说明了植被混凝土生态护坡技术具有优良的抗冲刷性能。

3.2 干热河谷区消落带生态修复的研究

目前,金沙江干热河谷区消落带的研究较少,穆

军等人^[7]针对金沙江干热河谷电站水库建成之后所形成的消落带的特点,以及存在的生态环境问题,提出利用香根草和工程综合技术来治理的思路。

相比较起来,干热河谷植被恢复研究起步较早。1995年,中国林业科学研究院资源昆虫研究所就结合紫胶寄主林培育开始干热河谷造林技术方面的研究。在中国科学院成都山地所、西南林学院中国林科院资源昆虫研究所、云南省林科院等科研单位的共同努力下,树种筛选、立地划分、育苗技术造林技术方面进展显著,桉树、相思等筛选成功,并大面积推广^[17]。张建平、张信宝等^[18]在生态环境恢复试验的研究中提出了一种“地下地膜隔水墙”节水造林技术,效果非常明显。张尚云等人^[19]对造林技术中的整地、育苗、造林时间等关键技术作了总结与研究。杨忠^[20]从坡地类型划分、整地、育苗、定植和抚育管理等方面阐述了金沙江干热河谷植被恢复的主要技术关键。

4 干热河谷水电站库区消落带植被恢复对策

4.1 立地的划分

水电工程修建一般施工规模较大,在施工过程中会对原有地貌产生破坏,一般有工程占地的开挖、运输道路的修筑、采石的爆破开挖、取土开挖、弃渣的堆积等等,在这些施工过程中形成较多的工程边坡,且在电站蓄水后,大部分被包含在库区消落带区域。工程边坡可分为开挖边坡和回填边坡两大类。回填边坡土石夹杂,坡陡疏松;开挖边坡可分为岩石边坡、土石边坡和土边坡3种。岩石边坡根据风化和未风化又分为两种,即风化破碎岩石边坡和完整岩石边坡。

若电站水库参照三峡水库蓄水方式,那么在正常水位以下30~15 m的消落带下部,正常水位以下15~5 m的消落带中部和正常水位以下5 m以上的消落带上部都不同程度的存在岩石边坡、土石边坡和土边坡,且这些边坡的坡度可分为45°以下和45°以上。

4.2 物种的选择

消落带的不同高度适宜的物种不同,主要是因为露出水面的时间差异。从目前文献来看,在干热河谷区耐水淹的植物研究较少,大都集中在三峡库区,而且在三峡库区气候条件下,目前研究的在15 m以下耐水淹实验的效果也不是很好。

如果干热河谷电站消落带如三峡一样上限是正常水位,按照库区水浪向上影响几米的高度,那么实

施植被恢复工程的时候以正常水位向上 3 m 为上界。经笔者调查,干热河谷区群众种植较多的经济作物有花椒、桑树等。那么在上界以上区域可种植花椒林、桑树林等。而笔者等人在干热河谷区小区实验结果表明,小桐子在植被恢复试验中效果明显,且当地有小桐子加工产业,经济前景广阔。

上界至正常水位以下 5 m 种植杨树、柳树等可以短时间承受水淹的树种。比如柳树,是一种比较好的观赏植物,不但具有很高的美学价值,而且可以减少波浪对库岸的冲刷。硝酸盐和磷酸盐是柳树生长的养料^[21],含有硝酸盐和磷酸盐的污染物就可以被柳树部分吸收,所以柳树还可以净化环境。

正常水位以下 5 m 至正常水位以下 15 m 以灌木、草本为主,可种些一年生的草本植物。如香根草具有生长快,适应性广,根系发达等特点,适宜栽种在消落带中部。另外消落带中部土地出露时间不是很长,可以在地势较为平坦的地方种植一些当地的时令蔬菜。另外在正常水位以下 15 m 至正常水位以下 30 m 的消落带下部,就目前研究现状来看,还没有比较好的耐水淹物种,据一些前人研究,可以在这样低的水位种植苏丹草、稗草、小米草等饲草,可作为鱼的饲料。

4.3 措施的配套

(1) 工程措施与生物措施相结合原则。由于干热河谷气候条件比较恶劣,在水电工程完工后要及时对消落带进行生态恢复,可以考虑在电站水库蓄水前对易于冲刷坍塌的山体地段,事先采取陡改坡或平地。在消落区的关键地段,比如说弃渣场、回填边坡等,采取工程手段进行防渗处理,防止过多水分下漏造成泥石流、滑坡等地质灾害的发生,并与生物措施相结合,构建生态防护坡面。

(2) 植被恢复为先导的原则。干热河谷区生态环境原本已十分脆弱,水库蓄水后由于季节性裸露和淹没,流水的反复冲刷,人类的频繁活动,库区消落带生态将更加脆弱,极易发生自然灾害、泥沙淤积及水体污染等。而生态修复是一个复杂的系统工程,它涉及到土壤、水分、生物等诸多因子的变化与机理。根据植被恢复为先导的原则,应该优先考虑构建消落带的植被恢复,种类繁多的植被具有多层的根系,将为土壤中的微生物提供生境;不同生活型的植物将为生态系统创造更多的异质性空间,从而容纳更多的生物种类。选用不同生活型的植物,进行乔、灌、草、藤的合理搭配,同时也应大力发掘乡土植物,考虑到恢复的时效性,采用乡土植物与外来植物的有机结合,达到生态系统的平衡。

(3) 措施与立地相结合原则。干热河谷气候与其所处地带性湿润气候条件极不协调,生态脆弱,以致出现了类似荒漠景观的退化土地,因此在生态修复过程中要有其自身的特点。

由于干热河谷冬夏都存在较长时间的水热矛盾,所以在正常水位向上 3 m 以上的部位选择的物种应耐干旱,从经济方面考虑,土边坡大于 45°还林还草,小于 45°尽量整治成梯田用于构建复合农林生态系统经济带,来增加当地群众收入;岩石边坡应采用燕窝植生穴、打孔培土种植等方法;土石边坡则应采进行防渗处理,宜林则林宜草则草;正常水位以下 5 m 至正常水位以上 3 m 应选择耐短时间水淹的物种,可以考虑灌木或柳树等乔木,既可构建水生植物带又可美化库区景观;岩石边坡在大于 45°较为陡峭的部位应采取挂网等措施,防止长时间冲刷导致边坡崩塌;土石边坡应采用 PEB 防冲刷基材生态护坡技术或防冲刷生态型护坡构件,防止该部位的水土流失和水分渗漏造成泥石流滑坡等灾害。正常水位以下 15 m 至正常水位以下 5 m 选择的物种能够耐较长时间的水淹,如香根草等耐水淹物种;而正常水位以下 30 m 至正常水位以下 15 m 选择的物种则要经受长时间水淹和较差光合作用的双重考验;该部位的岩石边坡应砌筑加固,土石边坡应选择加固防渗措施防止土壤流失,土边坡在防治水土流失的同时也应注重适合该部位物种的选择。

5 结语

干热河谷水电站建设将对西南乃至全国经济的健康和持续发展起到巨大的促进作用,然而它所面临的消落带产生的生态环境问题也是相当严峻的。干热河谷区电站水库消落带的研究在我国刚刚起步,因此治理的措施只有逐步摸索。干热河谷区生态环境原本十分脆弱,那么,水电站库区消落带的生态环境就会更加特殊,根据其特有的结构、功能和景观特点,对库区消落带的环境治理,必须根据消落带自身的特点,各项措施应因地制宜,把库区消落带带来的负面影响降到最低,使干热河谷水电工程更好地造福于库区人民。

参考文献:

- [1] 杨慎勤,金沙江.我国巨型水电基地展望[J].中国电力企业管理,2003(9):20-25.
- [2] 马智利,赵明.运用多元化投融资手段开发金沙江水电资源[J].资源开发与市场,2008(4):355-357.

(下转第 148 页)

研究适合的修复措施对石油污染土壤和废弃油井迹地进行生态恢复也极为必要。

水质监测结果显示,巴家河油区水体污染严重,污染的主要来源是原油采出水;而国有延长油矿新开发的燕沟流域油区水体污染相对较轻,主要原因是油田采出水采用了集中脱水处理回注工艺。陕北大规模石油开发以来,石油类一直是该区地表水体的主要污染因子^[12]。地表水体石油污染危害大、影响范围广,石油废水威胁当地群众饮水安全的情况也时有发生^[4],因此,加强清洁文明井场建设,特别是对未集中脱水的原地方油田加强环境保护管理,确保采油废水集中处理并回注地层,从而有效控制油区地表水的石油污染,对严重缺乏水资源的陕北地区尤为重要。

参考文献:

- [1] 夏永明,孙良康.石油储运过程环境污染控制[M].北京:中国石化出版,1992.
 - [2] Ogri O R. A review of the Nigerian petroleum industry and the associated environmental problems[J]. The Environmentalist, 2001, 21: 11-21.
 - [3] 中国科学院黄土高原综合考察队.黄土高原地区工矿和城市发展的环境影响及其对策[M].北京:科学出版社,1991.
 - [4] 孙宁生,周军.延安市石油开采污染治理调查及其防治对策[J].陕西环境,2001,8(1):11-12.
 - [5] 史红星,黄廷林.石油类污染物在黄土高原地区环境中迁移转化规律的研究[D].西安:西安建筑科技大学,2001.
 - [6] 吕桂芬,赵吉,赵利,等.应用土壤酶活性评价草原石油污染的初步研究[J].内蒙古大学学报:自然科学版,1997,28(5):687-691.
 - [7] 谢重阁.环境中石油污染物的分析技术[M].北京:中国环境科学出版社,1987.
 - [8] 秦芳玲,宋绍富,周娟.采油及炼油厂废水的可生化性研究[J].西安石油大学学报:自然科学版,2007,22(5):58-60.
 - [9] 杨永哲,王志盈.延河流域石油污染特征及采油废水处理技术研究[D].西安:西安建筑科技大学,2000.
 - [10] Alsarawi M, Massoud M S, Wahba S A. Physical properties as indicators of oil penetration in soils contaminated with oil lakes in the greaer burgan oil fields, Kuwait[J]. Water Air and Soil Pollution, 1998, 102: 1-15.
 - [11] 赵桂芳,吴晓磊,向仁军,等.石油污染土壤的微生物修复技术进展[J].环境污染与防治,2007(6):1-6.
 - [12] 任磊,黄廷林.黄土高原地区石油类污染物非点源污染特征及实验研究[D].西安:西安建筑科技大学,2000.
-
- (上接第 144 页)
- [3] 唐家友,施章仁.金沙江水电开发思路研究[J].中国水利,2004(16):33-34.
 - [4] 纪中华,潘志贤,沙毓沧,等.金沙江干热河谷生态恢复的典型模式[J].农业环境科学学报,2006,25(7):716-720.
 - [5] 刁承泰,黄京鸿.三峡水库水位涨落带土地资源的初步研究[J].长江流域资源与环境,1999,8(1):75-80.
 - [6] 黄川,谢红勇,龙良碧.三峡湖岸消落带生态系统重建模式的研究[J].重庆教育学院学报,2003,16(3):63-66.
 - [7] 穆军,李占斌,李鹏,等.金沙江干热河谷水电站库区消落带的生态重建技术初探[J].水土保持通报,2008,28(6):172-176.
 - [8] 李昌晓,钟章成.池杉幼苗对不同土壤水分水平的光合生理响应[J].林业科学研究,2006,19(1):54-60.
 - [9] 戴方喜,许文年,陈芳清.对三峡水库消落区生态系统与其生态修复的思考[J].中国水土保持,2006(12):6-8.
 - [10] 徐高福,洪利兴,陈小勇,等.千岛湖区消落带植被恢复初探[J].林业调查规划,2006,31(6):106-108.
 - [11] 任雪梅,杨达源,徐永辉,等.三峡库区消落带的植被生态工程[J].水土保持通报,2006,26(1):42-43.
 - [12] 陈芳清,郭成圆,王传华,等.水淹对秋华柳幼苗生理生态特征的影响[J].应用生态学报,2008,19(6):1229-1233.
 - [13] 冯大兰,刘芸,钟章成,等.三峡库区消落带现状与对策研究[J].中国农学通报,2006,22(4):378-381.
 - [14] 吴江涛,许文年,陈芳清,等.库区消落带植被生境构筑技术初探[J].中国水土保持,2007(1):27-30.
 - [15] 张光富,王剑伟.三峡库区开县前置库植物多样性及其消落带的生态恢复原则[J].南京师大学报,2007,30(3):87-92.
 - [16] 裴得道,许文年,郑江英,等.水库消落带植被混凝土抗侵蚀性能研究[J].三峡大学学报:自然科学版,2008,30(6):45-47.
 - [17] 杨振寅,苏建荣,罗栋,等.干热河谷植被恢复研究进展与展望[J].林业科学研究,2007,20(4):563-568.
 - [18] 张信宝.一项新的罐渗技术:砖罐罐渗技术[J].山地研究,1994,12(3):191-192.
 - [19] 张尚云,高洁,傅美芬,等.金沙江干热河谷恢复植被与造林技术研究[J].西南林学院学报,2007,17(2):1-7.
 - [20] 杨忠,庄泽,秦定鼓,等.元谋干热河谷水保林营造技术研究[J].水土保持通报,1999,19(1):38-42.
 - [21] 甘肃省水利水电勘测设计研究院.甘肃省民勤县红崖山灌区续建配套与节水改造规划[R].1999.