

深圳生态水库建设初探

曹小武^{1,2}, 武文娟¹, 付诗雨¹, 辜彬^{1*}

(1. 四川大学生命科学学院, 四川成都 610065; 2. 深圳市东江水源工程管理处, 广东深圳 518036)

摘要 生态水库建设是水库管护与营运新的发展方向。笔者以深圳一级水库为例探讨了环境建设与水库营运的有机结合, 支撑水库可持续发展的现代运作模式。指出了影响水库稳定发挥作用的主要问题, 提出了一系列新的水库生态建设和管理方法。认为可以通过水源涵养保护林建设工程、截污工程等建设工程改造来保持水土提高水库水质水平; 在处理水源涵养、水土保持、汇流处理、消落带等问题上, 提出了实施多层次综合生态水库建设的模式。

关键词 生态水库; 深圳; 建设模式

中图分类号 S271 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)10-03116-04

Exploration of Ecological Reservoir Construction in Shenzhen

CAO Xiao-wu, GU Bin et al (College of Life Science, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610064)

Abstract Ecological reservoir construction is a new development aspect of reservoir operation and management. With Shenzhen first-grade reservoir as an example, the organic combination of environment construction and reservoir was discussed. The main problems for influencing reservoir function were pointed out, a series of reservoir ecological construction and management method was put forward. It was thought that water source forest construction project, sewage interception project could conserve soil and water and improve reservoir water quality level; multi-layer comprehensive ecological reservoir construction mode was put forward aiming at problems of water source conservation, water and soil conservation, flow convergence treatment.

Key words Ecological reservoir; Shenzhen; Construction mode

生态水库就是将生态学原理应用于水库建设和管理中, 建设合理生态结构, 建设出水库基本功能良好和库区生态系统健康的水库。健康完整的水库生态系统是一个能使以食物链/网为载体的生态流(物质循环、能量流动和信息传递)高效运行的库区生态系统(陆生生态系统、水生生态系统和水陆交错带), 且使该系统在净化水质、提供清洁用水的同时, 也能够为生物提供更多多样性的栖息地, 建立起人、动植物及微生物的和谐新秩序, 最终实现水库供水、防洪和生态保护等多种生态效益的可持续发展和生态功能的协调统一。该文针对深圳市水库生态的实际情况, 概括总结了生态水库建设的原则与方法, 并提出了具体的生态水库体系建设模式, 以为生态水库建设提供理论基础和为深圳水库的生态运行提供依据。

1 深圳生态水库建设背景

1.1 深圳水库建设概况 水库的功能主要是发电、防洪、对城市的生活与工业供水等。目前, 随着社会经济的发展, 人类对水资源的开发利用率不断提高, 对生态系统的干扰也在不断增强, 这就产生了一系列与水资源开发相关的生态问题。水库是深圳市重要的城市供水水源之一。深圳市现有10宗中型水库和65宗小型水库, 划定省级水源保护区27个, 保护区面积594.75 km², 约占全市土地面积30%。但是, 随着城市的拓展和经济社会的发展, 部分一级水源保护区现已成为城市化工业区和违法开发的失控区, 加之现有水源保护林结构普遍单一, 全市近70%水源保护区内森林覆盖率已

不足25%, 且林下植被稀少, 毁林种果普遍, 水体污染和水土流失严重^[1]。基于深圳这种水环境状况, 近年来, 为了保持水库整体的生态效应, 管理单位采取了多种措施, 开展实施了水资源保护工作, 不仅重点解决流域内的工业、集中养殖、违章建筑等点源污染, 使得点源污染得到基本控制, 而且大力开展水源保护林建设, 治理荒山坡地, 防止水土流失等。但是由于水库所处区域城市化发展速度高, 人类活动密集, 加之水库流域土地贫瘠, 保水能力差且极易随地表径流冲刷进入库区, 因此一些面源污染与水土流失仍然对水库的水质造成严重的威胁。

1.2 水库开发对生态的影响

1.2.1 植物群落植被年龄结构单一, 景观单调。 深圳市位于亚热带海洋性季风气候区域, 其植被属南亚热带季雨林, 自然植被分常绿季雨林、常绿阔叶林、红树林、竹林、稀疏灌丛、灌草丛和草丛等。水源保护区内丘陵山地植被以散生马尾松、灌丛和灌草为主, 还有部分人工林。树种主要有尾叶桉、赤桉、马占相思、台湾相思和少量的木荷, 果树品种以荔枝为主, 其次有龙眼、芒果、黄皮、木瓜、杨桃、香蕉、芭蕉等热带水果^[2]。虽然相关管理处已经积极采取措施优化森林生态系统结构, 提高库区森林覆盖率, 进行多年生态建设, 但水库周边的植被结构仍然简单, 像马占相思、赤桉等主要树种和荔枝等主要果树仍然存在像年龄结构单一, 多处于老龄阶段这样的问题。森林和果树覆盖结构也不利于对面源污染物的净化与拦截。而且在景观层次上, 整体缺少乔木、灌木和草本植物的复层混交; 在色彩上, 缺乏绿意与其他绚烂色彩之间的交相呼应; 在种类上, 缺乏植物本身形体、线条、色彩等个中自然美的相互掩映。

1.2.2 多数保护区易引发水土流失。 深圳市各水源保护区的土壤类型主要包括黄壤、红壤、赤红壤3种^[2]。作为果树

基金项目 国家自然科学基金岩石边坡植被恢复人工土壤动态特征与调控机制研究支持项目(40971057)。

作者简介 曹小武(1971-), 男, 山西临汾人, 高级工程师, 从事工程及生态园林建设及管理工作。* 通讯作者, 教授, 博士, 从事边坡生态工程研究。

收稿日期 2014-01-31

用地的荔枝林等大部分种植在以 25 度以上的砍伐林地的山坡上,再加上赤红壤的土壤团粒结构极差,因此很容易造成水土流失。该地区主要树种桉树属速生耗肥的树种,生长过程中会吸收大量的土壤养分及土壤层含水,同时也破坏土体的结构及性质,不利于水源的涵养。再加上由于常施用除草剂,造成林下灌木和草本很少生长,缺少枯枝落叶层,不利于防止水土流失和拦截净化污染物。

1.2.3 多数保护区存在多处污染源。由于多数水库保护区位于居民区或者途径居民区域,因此水库极易受到人类的影响。到目前为止,甘坑、苗坑、鹅颈、清林径、大马坳等水源保护区仍存在建成区和工业厂房,其中以甘坑水库居住人口、工厂数量最多,存在将污水直接排入水库的情况;甘坑、苗坑、长岭陂、径心、枫木浪水库都有公路干线通过,水源保护存在巨大安全隐患;所有水库简易公路四通八达,建成区人员和车辆进出水库林区、水域方便,有钓鱼、游泳现象,给水库管理带来很大难度;鱼塘、花木场的分布点多且面广;随着水库管理的加强,大部分原居民已经搬离库区,但仍然存在外来民工违章建筑和临时搭建,承包种植蔬菜、进行家畜养殖等现象;好多水库有工程建设项目,如鹅颈水库内的北线引水工程、盐坝高速公路延长段工程等,多数项目水库保护措施不到位。

1.2.4 保护区坝下河道开发治理没有考虑生态系统保护。水库坝下河道多采用混凝土的护岸方法,这种坝下混凝土河道与水库生态环境极不协调,没有考虑生态系统的保护,严重影响库区生态。河岸或河床的混凝土化必将隔断陆生和水生两大类生态系统之间的相互联系,改变自然河流的生态功能和生态过程,产生河岸植物消失、河流自身净化能力降低及鱼类等水生生物栖息地消失等一系列生态学问题^[3]。

2.2.5 保护区水陆交错带功能的开发机制不健全。尽管水库管理处正在积极开展各种水陆交错带生态恢复试验研究,但是仍大量存在水库大部分库岸裸露,产生水库泥沙淤积、水质污染等一系列生态学问题。库岸水陆交错带植物群落具有防止库岸侵蚀、净化水质、美化景观和为动物提供栖息等多种生态功能,是连接水生态系统和陆地生态系统的纽带、将水域和陆地的景观融为一体。库岸水陆交错带植物群落对生态系统的保护起着重要作用^[3]。为了减少入库泥沙、净化坡面污染物和生物多样性,应恢复结构和功能完整的水陆交错带。

2 生态水库建设原则

水库蓄水和调水已成为深圳市水资源开发利用的主要特色,因此水库水资源与水质管理直接关系到深圳市和香港的供水安全和经济的可持续发展。长期以来由于未能及时准确识别水库水质与生态系统结构的内在联系机制,在水库建设管理过程中,忽略了对库区生态系统的恢复和适应性管理,造成了严重生态影响,如库区大面积水土流失、植被结构不合理、生态失衡、生物多样性丧失、生态系统功能降低等。这种影响直接后果是导致水库水体富营养化和水质下降。生态水库建设就是在水库传统的建设和管理中融入生态学理念和原理,使库区

生态系统能够更好地综合发挥水质净化和为生物提供栖息地等生态功能,从而实现水库供水、防洪和生态保护等多种功能相协调的目的。建设的基本原则是^[4]:

(1)生态水库应该是一个良好完整的水库生态系统。健康的水库生态系统是一个生物群落多样性丰富、食物链/网结构复杂而完善、物质循环、能量流动及物种流动通畅的水库生态系统。

(2)生态水库具有良好的生态系统协调能力,使库区及周围生态系统得以健康演替。

(3)通过库区生态系统的生态功能来维持水库的基本功能并使其得以可持续的发挥。

(4)生态水库的建设能够使水库对河流及周围环境的影响控制在一定阈值范围内,以维持流域生态环境的可持续性。

3 水库生态建设与管理方法

深圳生态水库建设针对深圳水库分布特点和环境状况采取综合生态建设方法与工程,形成了深圳生态水库建设系统体系(图1),下面是在生态水库建设中取得良好生态效果的主要生态工程方法。

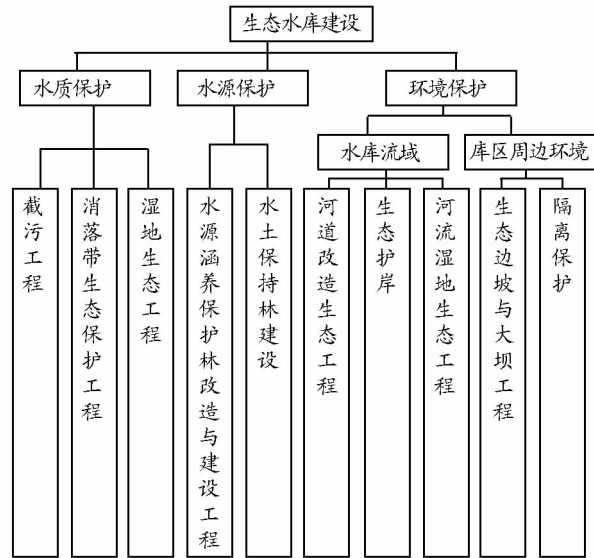


图1 深圳生态水库建设系统体系

3.1 截污工程 截污工程是输水干线在输水期间防止沿线工业、城镇生活污水(中水)排放而影响调水水质的控制性工程,是对水库生态建设中的一重要技术。它就是将处理厂处理后的尾水分别导向回用处理设施、农业灌溉设施和择段排放设施,依靠各类污水资源化设施和流域综合整治工程,提高污水的资源化管理水平,使治污工程项目成为“治、截、导、用、整”一体化的治污工程体系,并通过实施清水廊道、用水保障和水质改善3大工程措施,来保证干线的输水水质。

3.2 水源涵养保护林建设与改造工程 水源涵养保护林是指以调节、改善、水源流量和水质的一种防护林,也称水源林,它是以涵养水源、改善水文状况、调节区域水分循环、防止河流、湖泊、水库淤塞以及保护可饮用水水源为主要目的的一些森林、林木和灌木林。一般这些林木主要分布在河川

上游的水源地区,对于调节径流,防止水、旱灾害,合理开发、利用水资源具有重要意义。它主要有可以调节坡面径流,削减河川汛期径流量作用;可以调节地下径流,增加河川枯水期径流量作用;具有水土保持的功能;具有滞洪和蓄洪的功能;在枯水期有对水源的调节功能;具有改善和净化水质的作用;具有调节气候的作用;还可以保护野生动物等几方面的作用。

3.3 消落带生态保护工程 消落带是水库特有的一种现象,形成于季节性水位涨落。生长在库区周岸的植被也被称为是一道天然的生态屏障,对来自库岸的污染,尤其是一些农业面源污染,起到一定的拦截和过滤功能,地表径流携带的氮、磷等相当一部分被植被消化吸收,防止进入库区水体,避免库区富营养化。而消落区形成后,恢复消落带植被是生态水库建设的一项重要工程,以防止更多的污染物将进入水体。

3.4 生态边坡与大坝 生态大坝能够对水库起到拦截和蓄水作用,很多情况下大坝已经是水库的一部分了,它对河流的影响大致可概括为在河流枯水期和丰水期能够调节河水的流量和流速。

根据不同的边坡质地,采用不同的施工方法和施工工艺,其中有人工种草护坡、平铺草皮护坡、液压喷播植草护坡、土工网植草护坡、行栽香根草护坡、蜂巢式网格植草护坡、客土植生植物护坡、喷混植生植物护坡等方法。这些都起到了良好边坡防护作用,改善了工程环境,体现自然环境的边坡植物防护新技术与传统的坡面工程防护措施共同形成了边坡工程植物防护体系。

3.5 湿地工程 湿地生态工程保护促进水库生态系统生物多样性,增强的生态净化作用,调节气候、调蓄洪水和降解污染物的生态效应;有提供丰富的农产品、提供矿物资源和提供能源和航运的经济效应;有旅游观光和教育科研价值的社会效益。

3.6 生态水库监管 利用生态系统思想建立水库运行、安全监测系统,如渗压自动观测系统、大坝变形监测设施、水情气象监测系统、远程抄表计量系统、视频监控设施核水质保障生物预警设施等,系统性地获取运行于监测数据,从而全方位把握、维护库区生态系统,使之可持续发展。

4 生态水库建设成效

经过对深圳一级水库生态的建设,水库及周边的生态系统及生物多样性得到提高,供水条件得到更好的保证,建设前后水库环境的变化比较见表1,具体表现有以下6个方面的转变。

4.1 库区森林覆盖率 通过多年的生态建设,显著提高了库区森林覆盖率。如茜坑水库库区的土地利用结构为:天然次生林地(主要为稀树灌丛)0.62%,人工林地(主要为马占相思、赤桉)21.94%,竹林10.41%,果林(主要为荔枝幼树)9.92%,疏林地19.80%,裸露坡地10.00%,水面22.31%,分散居住及小型工业用地约为5.00%。库区森林覆盖率占陆地面积的80.69%^[3]。

4.2 优化库区森林生态系统结构,构建净化水质能力好的复层群落结构 解决了多数库区存在的马占相思、赤桉等树种和荔枝等果树年龄结构单一,人工林居多,且普遍处于老龄阶段的问题。通过将其分区分阶段地对其进行间伐,并尽量保持原生态的表土,建设成了由乔木、亚乔木、灌木和草本层等高、中、低层次结合组成的复合林层,并注意了植被树种年龄的选择和速生与慢生树种的合理搭配的效果,同时在树种选择上,以乡土树种为主。

4.3 物种引进改良水源保护林 为了进一步增强水库植被配置的层次性、多样性和功能性,管理处根据各地条件引进了多种树种。例如竹林作为工程管理处于2003年开始引进的外来物种,这种物种对水库库区保持水土、涵养水源的功能方面起到了挺好的功效。当时引进的树种中,很多都较好的适应了水库库区的生长环境。另外,通过对该地区季节交替和水库汛期结合研究,引进了一些彩叶植物与之前的树种进行搭配栽植来改良库区保护林的建设。但也要注意不可造林密度过大,或者用太大面积的纯林,因为这样的结构不利于涵养水源。今后还应该进一步筛选更多的适宜树种,改良种植方式。

4.4 水库消落带的环境保护 依据对消落带水陆交替的时期、频率、区域范围、消落带的坡度和地形等条件的分析,定义为不同的消落带类型,分别设计其生态水库的治理方案。如位于消落带末端的地域,消落带淤积层适合饲草种植,饲草种植还应与库岸保护、水土流失防治结合起来;坡度缓、浸水浅、冲蚀弱的地带可采用乔、灌、草结合的紧密结构林带来保护库岸等。一般引水工程完工后,之前水库设计中裸露的库岸可能会被淹没,例如对于不耐湿的马占相思作为水陆交错带树种,其很可能会枯死。因此,可以尽早制定间伐现有马占相思群落,构建7~10 m左右宽,由水生——湿生——旱生植物组成的植物群落的计划^[3]。因为,这样的结构配置会更加适于水陆交错的环境地带。另一方面,这种水陆交错带还能够为蜻蜓、青蛙等两栖动植物提供栖息地,有利于形成合理的食物链结构,进一步提高水库水体的自净能力。

4.5 水库维护管理制度的建立 水库作为一个完整、庞大的生态系统,水库管理维护制度的建立对有效地运营管理水库尤为重要,包括水库评价体系、水资源保护教育基地等的建立。建立评价指标体系,可以更快地获得对水库各个部位生物的调查情况,及时掌握生物种群的生长繁殖情况和水体质量变化规律,更方便了其对生物种类、数量的调整。进一步可将其纳入相关部分的管理制度法规,使得对水库维护的考核工作更具可操作性,从而确保维护的落实到位,最终实现其生态和社会功能与作用的可持续发展。另外,建立水资源保护教育基地,还方便了水资源保护的教育,这样可以促进行业间的交流,同时定期对社会开放,起到环境教育功能。

4.6 加强对生态水库的理解和宣传,重视应用基础的研究 生态环境建设相关的教育在发达国家已经受到重视了。但是目前在我国的的大多数公园和水库生态旅游中,仍然多以

观赏、游乐为目的,较少有管理部分和组织部分考虑为人们提供学习自然和环境教育的相关设施。一般在没有环保教育设施的提醒下,普通人们都很难自觉地做到环境保护,因此在生态水库建设中通过宣传教育,使周边的居民了解生态水库建设的重要意义和内容,对生态水库建设很重要。另外,还应该不断完善制度管理和研究资金支撑体系,保障生态水库建设顺利进行。例如,可以开展一些类似于“利用生

物操纵技术治理水库水污染的研究与示范”、“水库芦苇群落建设技术开发与示范”、“水质的流域管理措施研究”、“ 茜坑水库库岸水陆交错带植物群落的生态修复试验”、“竹林在库区水土保持及生态恢复中的应用研究”等科学试验研究、“观澜区域水库排洪河综合整治工程可行性研究”等多项研究,这些研究对构建库区优美的生态环境,恢复健康的库区生态系统取得了较好的成效。

表 1 深圳水库生态建设前后生态状况对比

水库名称	水质 总体 状况	截污工程		保护林建设状况				水体 污染物	消落带		水库环境		大坝工程		防洪 标准
		有无	效果	覆盖 率//%	存在的问题				是否 多裸露	消落区 防护	干线公路等安 全隐患	水土 流失	渔业 资源	大坝 稳定性	
茜坑水库	A 较差	有	较差	80	林相单一	树种老化	有	是	无	有	有	无	稳定	1.00%	
	B 良好	有	良好		-	树种老化	少量	否	有	有	无	有			
深圳水库	A 中等				林相单一	树种老化	有			有	有	无			
	B 良好				林相单一	树种老化	少量			有	无	有		1.00%	
石岩水库	A 较差	有	较差		-	树种老化	地表径流污染	生活废水工业污水			有	无			
	B 良好	有	良好		-	-	有好转				少量		无	无	
梅林水库	A 中等										无	无			
	B 良好										无	无		2.00%	
铁岗水库	A 中等	有	较差			九围河				有	无	无			
	B 良好	有	良好			有好转				有	无	无		1.00%	
松子坑水库	A 中等										有				
	B 良好										无			2.00%	
西丽水库	A 中等	有	较差				生活污水、工业废水				有				
	B 良好	有	良好				有				无			1.00%	
公明水库	A 无				林相单一	树种老化			无						
	B 在建				-	树种老化			无					0.20%	
罗田水库	A 良好				林相单一	树种老化		是			有	无			
	B 良好				林相单一	树种老化		否			无	无		1.00%	
清林径水库	A 中等									有		无			
	B 良好									有		有		1.00%	
赤坳水库	A 良好				林相单一	树种老化		是				无			
	B 良好				——	树种老化		是				有		2.00%	
三洲田水库	A 中等	无									有				
	B 良好	有	良好								无			2.00%	
径心水库	A 良好				林相单一	树种老化		是		有		无			
	B 良好				——	——		否		有		无		2.00%	
枫木郎水库	A 中等				林相单一	树种老化		是		有					
	B 良好				林相单一	树种老化		否		有				3.33%	

注:A 表示水库生态建设前状况,B 表示水库生态建设后的状况。

5 结语

水库蓄水和调水已成为深圳市水资源开发利用的主要内容,因此水库水资源与水质管理直接关系到深圳市和香港的供水安全和经济的可持续发展。而生态水库研究成果是制定库区生态系统保护与修复技术管理策略的重要理论依据,通过库区生态系统的生态功能来维持水库的基本功能并使其得以可持续的发挥,这对提高深圳市各水库的水质质量和库区生物多样性具有重要意义。

今后为了更好地进行生态水库建设,除了确保生态工程设计、施工、管护方早日见效外,还要研究水库保护区的情

况,可以考虑借鉴自然保护区划定方式,除了核心保护区,还应设置与水源地、流域等相关的缓冲区,以便在相关区域进行相关生态建设与管理规范并制定相关管理措施。

参考文献

[1] 深圳市水利规划设计院. 深圳市水源保护林建设专题研究报告[R]. 2005.

[2] 深圳市水源保护林建设专题研究报告(新 1—6)[R]. 2005.

[3] 李良庚,陈明涛,刘铁荣,等. 茜坑水库生态建设分析[J]. 人民珠江, 2009(6):58.

[4] 李璐. 生态水库研究及建设东风西沙生态水库探讨[J]. 价值工程,2011 (10):58-59.