

DOI:10.3969/j.issn.1004-6933.2013.04.013

浙江省丽水市瓯江水生态系统保护与修复

李 敏¹,赵进勇²

(1. 浙江省丽水市水利局,浙江 丽水 323000; 2. 中国水利水电科学研究院,北京 100038)

摘要:介绍浙江省丽水市瓯江水生态系统现状,根据瓯江水生态系统保护与修复的目标,提出瓯江水生态系统保护与修复的措施:对土地利用进行分级控制,构建水生态系统安全格局,编制瓯江水生态系统的保护与修复总体规划,分段实施水生态系统保护与修复,开展瓯江水生态系统保护与修复的制度与机制建设。此外,总结了瓯江水生态系统保护与修复工作的成效与存在问题。
关键词:水生态系统;保护与修复;生态水利工程;瓯江流域;浙江省
中图分类号:X171.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-6933(2013)04-0062-06

Aquatic ecosystem protection and restoration practices in Oujian River Basin in Lishui City, Zhejiang Province

LI Min¹, ZHAO Jinyong²

(1. Municipal Water Conservancy Bureau of Lishui City of Zhejiang Province, Lishui 323000, China;
2. China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China)

Abstract: Based on the current status of the aquatic ecological system of the Oujian River Basin in Lishui City, Zhejiang Province, several measures are proposed for the conservation and restoration of the aquatic ecological system of the Oujian River Basin. These measures include hierarchically controlling land use, constructing a safety pattern for the aquatic ecological system, establishing an overall plan for the conservation and restoration of the aquatic ecological system of the Oujian River Basin, taking different conservation and restoration measures for different river sections, and constructing a system for the conservation and restoration of the aquatic ecological system of the Oujian River Basin. In addition, the achievements and problems in conservation and restoration of the aquatic ecological system of the Oujian River Basin are summarized.
Key words: aquatic ecosystem; protection and restoration; ecological water conservancy project; Oujian River Basin; Zhejiang Province

随着我国人口的增长和经济的快速发展,生态系统尤其是水生态系统承受越来越大的压力,出现了一系列环境问题。生态与环境形势的日益严峻,成为我国全面建设小康社会和实现经济社会可持续发展的制约和瓶颈。

传统意义上的水利工程学在满足社会经济发展需求的同时,不同程度地忽视了河流生态系统本身的需求^[1]。河流生态系统功能退化,给人类长远利益带来损害。未来的水利工程在权衡水资源开发利

用与生态环境保护这二者关系上,应理性地寻找资源开发与生态保护之间的平衡点。从河流生态建设的全局看,生态水利工程将与河流环境立法、水资源综合管理、循环经济模式以及传统治污技术一起成为河流生态建设的主要手段之一。2004 年,水利部印发了《关于水生态系统保护与修复的若干意见》(水资源[2004]316 号),对水生态保护与修复工作的指导思想、基本原则和目标、主要工作内容作出了部署,并在丽水、武汉、桂林、莱州、无锡 5 个城市开

基金项目:中央水资源费项目(1261230111076);水利部公益性行业科研专项(200801023)
作者简介:李敏(1979—),男,工程师,从事生态河道保护和管理、水利风景区和水利工程建设管理等工作。E-mail:619032899@qq.com

展了水生态保护与修复第一批试点工作。作为全国水生态系统保护与修复的试点城市之一,浙江省丽水市坚持人与自然和谐相处,立足于流域尺度下保护水生态系统的动态平衡和良性循环,通过瓯江水生态系统的现状调查、专项研究、总体规划编制,以及水生态保护与修复措施的分段实施等方式,有效遏制了水生态系统失衡态势,保护了水生态系统的健康,促进了经济社会的可持续发展。

1 瓯江水生态系统现状

瓯江流域位于浙江省南部,东经 118°45′~121°00′,北纬 27°28′~28°48′,跨丽水、金华、温州、台州等 21 个县(市、区)。瓯江流域在丽水市的面积为 13 107.7 km²,占流域总面积的 72.4%。瓯江流域总的地势是西南高、东北低,境内山地面积广,起伏剧烈,山脉、盆地、平原、海岸及蜿蜒其间的水流,错落有致,构成了流域地貌的基本格局^[2]。瓯江流域温暖湿润,四季分明,雨量充沛,水资源丰富,多年平均径流总量为 193 亿 m³,人均和单位面积耕地的水资源占有量都高于全省、全国平均水平,但水资源地域差异较大,年际变化强烈,年内分配不均。瓯江流域森林属中亚热带常绿阔叶林北部亚地区,以次生林植被为主,并有一定比例的人工植被。另外,瓯江是多种水禽越冬和候鸟迁徙的停歇地,是世界濒危物种黑嘴鸥、黑脸琵鹭等的重要越冬地。

瓯江水生态系统的胁迫因子主要包括以下几个方面:

a. 水文自然过程被改变。瓯江近年来不断受到人类活动的影响,河流人工化特征明显,河流的自然生态、景观、游憩等功能受到影响,主要体现在以下几个方面:河流两侧的土地利用方式(包括工业发展、农业围垦、居住开发等用地)发生改变,造成诸多河流生态服务功能发生改变;大量工程化措施改变了河流自然径流过程;农业和工业排放的污水使水质、水功能下降;河流的生物保护、娱乐、游憩、教育审美等功能弱化。

b. 河流生物栖息地减少。瓯江目前所特有的瓯江大鼋等濒危生物栖息地逐渐减少,江中鱼类资源减少。对生物栖息生境产生较大干扰的人为活动包括:河道中的无序采砂,大型工程(大坝、硬质堤防、高等级公路)建设,河流沿岸建设的各类园区和开发区、城市化和集镇化建设等。

c. 乡土文化景观和游憩资源遭破坏。随着近年来快速城市化和工业化,瓯江流域的乡土文化景观和游憩资源受到威胁,滨河完整的山水格局被阻断,河流的人工化降低了河流的美学价值。

2 瓯江水生态系统保护与修复的目标、关键措施和主要成效

2.1 目标

a. 提高流域防洪能力。根据 GB50201—94《防洪标准》,结合本流域的实际情况,通过修建堤防、河流整治、已建水库功能调整和新建综合利用水库,以及其他非工程措施,使目前流域防洪能力提高到五十至一百年一遇的市区城市防洪(潮)标准,二十至五十年一遇的县(市)政府驻地城区防洪标准,十至二十年一遇的重要建制镇及 607 hm² 以上成片农田防洪标准,五至十年一遇的农村防洪标准。

b. 水质可控制。保护河流水质,使其满足水功能区划要求,除丽水、龙泉、青田的水为Ⅲ类水质外,其他河段均在Ⅱ类水质以上标准,以保证流域内生活、生产、景观生态等各个方面用水需要。

c. 生态因子可监测。建立水生态系统生态因子监测指标,进行工程措施和非工程措施实施前后生态因子状况的比较,以评判具体参数。

d. 防洪生态化、生物多样性、河滩湿地持续化。保持瓯江干流径流和潮流的动态平衡,维持瓯江河口泥沙冲淤平衡,防止咸潮上溯;协调好水电开发和生态保护的关系,进一步减少水土流失,保护流域植被和陆生、水生动物资源,重点保护流域内的鼋、大鲵、洄游性鱼类、珍稀植物、鸟类等,以保持生物的多样性、稳定性;河滩湿地是多样化生物的重要栖息地和水质污染物的分解屏障,所以要保证湿地面积不萎缩。

2.2 关键措施

2.2.1 土地利用分级控制

根据瓯江生态资源的综合评价结果和生态安全框架,对河流廊道的用地进行生态分级控制,划分为 5 个生态等级区。

一级生态控制区——生态功能保护区。这类区域现状自然生态较好,对周边生态环境有重大影响,对这类区域以保留、保护为主,人类活动受到一定的限制。典型一级生态控制区有梅溪、炉田卵石河滩、河村香樟林、紧水滩库区、九龙湿地走廊、船寮马尾松林等,还包括现状生态已破坏、需要重建的重点区域,如对门圩、宣平溪口,等。

二级生态控制区——保育缓冲区。这类区域位于生态功能保护区的外围,自然生态较好,人的参与性适度增强。典型的二级生态控制区有留槎洲、琵琶圩、白岩风景区、小安溪口的爱情公园、万象山公园、石门洞风景区等。

三级生态控制区——生态缓释区。对该区域以

生态绿地系统建设为主,将其规划为生态防洪堤、公园、公共绿地等,成为生态走廊与城市之间的公共开放空间。典型三级生态控制区有南山生态岸线、水阁生态岸线、主城区滨江绿带等。

四级生态控制区——控制利用区。这类区域位于生态区域的边缘,区域中原有村镇住宅较多,应适度增加和改造特许的功能服务性设施。典型的四级生态控制区有大港头古街古渡、开潭生态民俗村、琵琶圩休闲中心、保定圩会议度假中心、古城岛商务会议中心等。

五级生态控制区——适度开发区。这类区域位于生态区域的外围,应结合周边城镇的发展情况,以适度开发生态住宅、商贸中心为主,体现和发挥生态走廊的社会、经济效益。典型五级生态控制区有水南片区、中岸圩等。

2.2.2 构建水生态系统安全格局

主要针对防洪、防旱、防治水污染的水安全格局、生物系统安全格局以及视觉与乡土文化景观格局,建立多维度的水生态系统安全格局。

构建水生态系统安全格局,主要采用生态学的理论和方法,在建设水利工程时,兼顾生态系统的健康和可持续性,同时考虑到城市建设与发展对河流的依赖性,保护、利用和建设河流,强调区域、城市及单元地块之间的连续性和整体性,突出区域生态基础设施的前瞻性,突破区域规划的既定边界,不仅规划好建造的部分,更要保护好留空的非建设用地,使自然过程的连续性和完整性得到保障,形成高效维护城市居民生态服务质量、维护河流生态过程安全的景观格局^[3]。

2.2.2.1 瓯江水安全格局

瓯江水安全格局主要包括瓯江干流生态防洪防旱安全格局、瓯江中下游水质保持安全格局以及瓯江上游水土保持安全格局。

a. 瓯江干流生态防洪防旱安全格局^[5]。针对瓯江防洪现状,为满足城市发展规划的要求,规划瓯江干流防洪的方案为:基本保持现状河道形态,采取“上蓄、中疏、下泄、筑堤”等措施。防洪工程的堤线走向及布置以《瓯江流域综合规划》《丽水市城市防洪规划报告(修编)》及本次规划的总体指导思想等为依据,防洪断面的形式与岸线的设计以自然生态样式为主。

b. 瓯江中下游水质保持安全格局。瓯江中下游社会经济发达,工农业生产废水和居民生活废水是水生态系统的主要威胁,因此,应完善城市污水管网建设,对城市内河进行综合治理,以改善城市与瓯江的水环境质量。此外,要建设新的垃圾填埋场,以

满足不断增加的垃圾产生量的需要,使环境得到保护。而针对碧湖平原和其他区域的农村面源污染,要利用瓯江两边开阔的滩地资源,建设连续的植被缓冲带,并积极开展生态村镇建设,实行退耕还林,发展生态农业、减少水土流失。

c. 瓯江上游水土保持安全格局。瓯江流域中上游山区自然环境独特,坡面土壤侵蚀是流域水土流失的主要来源之一。受人为扰动,如坡耕地开发、经济林种植、森林采伐等的影响,坡面土壤侵蚀强度将进一步加大^[6]。水土保持安全格局的构建主要按照“促进大自然的自我修复能力为主,人工治理为辅”的思路,从流域源头到干流河道进行系统的、全面的治理,全面控制流域水土流失,实现流域开发与生态环境协调发展。

2.2.2.2 生物系统安全格局

a. 植被保护安全格局。瓯江流域是典型的山体植被型植被覆盖区,属于亚热带常绿阔叶林区域。植被保护安全格局的构建主要针对瓯江流域水生态系统,以山体植被生态系统的完善为中心,建立功能完备、布局合理的全方位多层次保护体系,特别是对源头植被条件好的区域在保护区的基础上扩大缓冲区,在山体与河床之间开辟 30 ~ 200 m 不等的植被缓冲带。加强对常绿阔叶林的建设,对一些面临淘汰的次生林注重其植被群系的改造;作为植物资源就地保护的补充,对野生植物的迁地保护和离体保护,要结合植被群系的更新进行。

b. 生物保护安全格局。考虑到流域范围广,动物栖息、迁徙等习性复杂的特点,针对性地选择瓯江干流及其河流廊道作为生境,以河流湿地水禽作为典型性动物类别,将不同类别的物种保护安全格局进行叠加,建设以生物保护为目的的水生态基础设施。在河流廊道内,注重植被缓冲带的建设,以保证生物栖息地的完整性;建立其他形式的生物迁徙廊道,增加生物流动的连通性;加强对青田鼋保护区、瓯江河口及温州湾鸟区的保护;协调好保护区用地与当地社会经济发展用地的关系。

c. 乡土文化景观格局。乡土文化遗产保护不仅集中在文物意义上的实物保护,还包括文化景观、文化线路和遗产河流的保护,强调在稳定环境下的乡土文化景观和历史遗产的保护、体验和感知的过程。体验者沿一定路径和场所穿越景观的过程,是一个由许多景点和廊道构成的网络。乡土文化景观格局指对这个体验网络起关键作用的场所和空间联系。在调查分析的基础上,对地域文化遗产廊道涉及的乡土文化景观、自然景观和游憩资源进行保护、整合,强化其特色,以提升廊道的游憩价值。

2.2.3 编制水生态系统保护与修复总体规划

瓯江干流水生态系统保护与修复总体规划是一种指导性的规划,通过人为规划与控制,促进生态系统的自我修复与完善,在保护生态环境的前提下合理利用河流资源。瓯江干流水生态系统保护与修复总体规划技术路线见图 1。

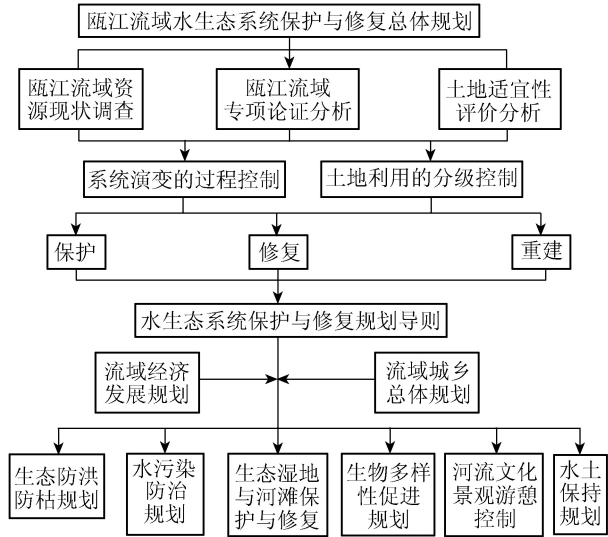


图 1 瓯江干流水生态系统保护与修复总体规划技术路线

2.2.4 实施水生态系统保护与修复的措施

根据河流上下游的划分及周边景观特征,把瓯江干流分为源头、上游、中游、下游几个典型段和若干重点保护点,采取针对性的水生态系统保护与修复措施。

2.2.4.1 源头段

将锅冒尖干流源头至小梅镇的河段划分为源头段(称为梅溪),全长 35 km。此段河流全部在山涧中穿梭,山区面积大,坡陡流急,降水充沛,洪水暴涨暴落,河床以岩层及块石为主,两岸植被较好,人类活动影响较小,干流上现已建有瑞垵二级电站。对源头段河流以全面保护为主,保护内容主要为山体植被和河道自然形态,以防治水土流失为重点。对瑞垵电站建设后的河道进行弃渣清理,保证瑞垵电站引水后主河道的最低生态环境需水量。

2.2.4.2 上游段

将干流小梅镇至大港头镇的河段划分为上游段(称为龙泉溪),全长 162.5 km。龙泉溪根据现状可分为两种不同形态:小梅镇至龙渊镇的近自然河道形态、龙渊镇至玉溪库区的湖泊形态。

a. 小梅镇至龙渊镇的峡谷型近自然河道。小梅镇至龙泉市区的河道呈现天然的蜿蜒曲折形态,深潭与浅滩相间,河流基本上是在山谷中穿行,水流出现典型的冲刷与沉积互现的现象,两岸有块状冲积盆地和带状冲积卵石河滩,自然村落与农用地多

在凹岸的缓坡上。河流拐弯处的凹岸常形成大片河漫滩,河漫滩上生长有成片的天然香樟林、毛竹林等植被群落。典型的河漫滩有黄南上冲积盆地、查田冲积盆地、蜜蜂岭河漫滩、香樟林、炉田河漫滩等。此段河流自然风貌保存较好,但人类活动明显,分布有较多村庄和农田,局部有采砂点,对它们以一般保护为主,但对关键点要进行重点保护。

b. 龙渊镇至玉溪电站段库区。龙渊镇至玉溪河流的两岸山体陡峻,河床下切较深,已建有紧水滩、石塘、玉溪三级电站,河流形成宽阔湖面。这里主要以库区生态保护修复为主。

2.2.4.3 中游河段

将干流大港头镇至青田鹤城镇的河段划分为中游河段(称为大溪),全长 98.5 km。根据河流及周边特征,中游河段可分为两种典型河段:玉溪至开潭段河谷、盆地型近自然河段,开潭至鹤城镇段河谷、滩地、山体型近自然河段

a. 玉溪—开潭段河谷、盆地型近自然河段。玉溪至开潭河段,河流在大港头和松荫溪汇合后,水面变得豁然开朗,水流平稳,但河床不稳定,江中心沙洲、圩地较多,两岸主要是碧湖平原和丽水平原,城市化明显,有丽水主城区、水阁开发区、碧湖镇等。河流的生态保护与修复以对河道、河漫滩、生态岸线及生态林带的保护、修复为主,以减少人类活动对河流生态的胁迫,加强河流的自我恢复能力。

b. 开潭至鹤城镇段河谷、滩地、山体型近自然河段。开潭至鹤城镇的干流河道在山谷蜿蜒曲折前行,两岸山坡陡峭,水力资源丰富,是典型的山溪型河流,但河流宽度、流量以及河滩、平地的规模都明显较上游大,两岸乡镇也比上游密集,人类活动对河流造成较大影响。河道两侧少有冲积平原,河滩地较多,且规模较大。对此段河以生态修复为主,主要是对河道采砂、建设弃渣等进行清理,以恢复河床自然形态。对在建和待建的五里亭、外雄、三溪口电站加强工程生态监测与监管力度,以减少工程建设对河流生态的干扰。

2.2.4.4 下游河段

将青田鹤城至温州出海口的河段划分为下游河段(称为瓯江),全长 92 km。青田鹤城以下的河段为感潮河段,河面开阔,江流浩渺,江中时有大沙洲,水流常受潮水顶托的影响,两岸涂滩较多。对此段河流以河流涂滩的保护与修复为主,保护涂滩湿地中的生物多样性,修复河岸的生态林带和江心沙洲等生态岛。

2.2.5 建设水生态修复与保护的制度与机制

除了从技术层面开展水生态系统的保护与修复

外,还要从政治、经济、文化、社会^[7-9]等不同层面进行配套制度与机制的探索与实践。丽水瓯江水生态系统的保护与修复在制度和机制建设方面主要包括以下内容:探索研究水资源一体化管理的模式和途径,加快建立瓯江防洪减淤体系、水资源保障体系、水污染防治体系、水环境保护体系、水文化体系等5大体系;建立水生态系统保护修复的综合考评机制:按照各水功能区和水环境功能区的要求,实施分类考核评价,加快构建促进科学发展及生态水利建设的领导干部综合考核评价机制^[10],落实责任制;健全生态补偿机制,按照“谁保护、谁受益”,“谁改善、谁得益”,“谁贡献大、谁多得益”原则,健全水生态保护财务转移支付制度,以提高各地保护水生态环境的积极性。

2.3 主要成效

2.3.1 水质状况保持良好

瓯江水质状况一向良好,2006年达标率95.4%,Ⅱ类水以上水质比例为86.4%。水生态系统保护与修复试点方案实施后,水质继续保持良好状况。2011年共监测全流域77个断面,其中仅有1个断面水质超标,7个断面为Ⅰ类水,Ⅱ类水断面达48个,水质达标率为98.7%。在丽水市城市化、工业化建设进程加快的大背景下,瓯江水质仍能保持良好的状况,实现了水生态系统保护与修复实施方案中“水质可控制”的目标。

2.3.2 森林覆盖率和市区人均绿地面积显著增加

丽水市现有国家级自然保护区2个,省级自然保护区1个,面积达3.28万hm²。2006年完成造林更新0.52万hm²,封山育林41.23万hm²;2011年完成造林更新0.72万hm²,封山育林29.9万hm²,保证封育山林郁闭度在0.5以下,且林分质量逐年提升。全市森林覆盖率由2006年的77.6%上升至2011年的80.79%,市区人均绿地由2006年的10.23m²到2011年超过10.48m²,改善了城区环境质量。

2.3.3 水生生物的多样性和生物栖息地的恢复

2006年至今,瓯江流域底栖动物35种、爬行动物54种、鸟类259种,现有中华秋沙鸭栖息保护地1处。2006年,丽水市对瓯江鼋自然保护区进行调整,现总面积为360.84hm²。2010年2月2日,丽水九龙国家湿地公园开工典礼举行,总面积约16.86km²,进一步加强了对瓯江湿地的生态系统保护工作。同时,丽水市开展生态防旱工程建设,保证了河道常年生态流量,将河流生态基础保证程度由2006年的83.3%上升至2011年的100%。

2.3.4 增加了水土流失治理面积

水生态系统保护与修复试点期间,瓯江流域水土流失面积为1584.26km²,实施治理面积为676km²,治理率达42.67%。相关工程措施包括:生态移民,下山脱贫,坡改梯,水土保持林建设,封禁治理,修建截水沟、排水沟、蓄水池、沉砂池、谷坊等,以及生态清洁型流域建设,投资规模达27040万元,实现了对流域水土流失的控制。

2.3.5 堤防生态化率明显提高

2006年之前,瓯江流域防洪堤建设多数采用浆砌块石的硬质挡墙做法,隔断了水、气、土壤、生物之间的联系,对流域水生态系统的保护极为不利。2006年水生态系统保护与修复试点工作开展后,全市完成瓯江干堤和中小河流重要堤防的建设和改造,总长达205km,其中干流堤防基本按生态化要求实施,支流堤防除有防冲要求外,基本都按生态化要求建设,生态化率由2006年9.52%上升至2011年的60.38%,其中,河岸植被线率由2006年89.7%上升至2010年的96.5%,亲水岸线比例由88.3%上升至97.67%。通过新建生态堤防和对原有堤防进行改造,瓯江流域基本实现了堤防生态化的目标。

2.3.6 实现了全面禁止河道采砂

一方面,将建筑砂石中机制砂比例由2006年4.5%上升至2011年的33.1%,使天然砂比例大幅下降;另一方面,相关部门加强对河道采砂的管理,实现全面禁止河道采砂,进一步加强了对天然河堤岸线的保护。

3 结 语

浙江丽水瓯江水生态系统的保护与修复有力促进了经济社会的可持续发展,改善了城乡人居环境,促进了丽水市山水人居与生态旅游城市建设目标的实现,水生态系统保护与修复工作取得明显成效,经济、社会和生态效益显著。但是,由于水生态系统保护与修复工作的复杂性和创新性,在保证水量的防枯调度、水质保护、江河防洪形势以及水生态保护与修复的配套机制建设等方面仍存在一些问題,需要在将来的工作中进一步完善。

参考文献:

[1] 董哲仁. 河流形态多样性与生物群落多样性[J]. 水利学报,2003(11):1-6. (DONG Zheren. Diversity of river morphology and diversity of bio-communities[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2003(11):1-6. (in Chinese))
[2] 丽水市人民政府. 瓯江干流水生态系统保护与修复总体规划(2006—2020)[R]. 丽水:丽水市人民政府,

2006.

[3] 邬建国. 景观生态学:格局、过程、尺度与等级[M]. 北京:高等教育出版社,2004:126-128.

[4] 夏朋,刘蓓. 国外水生态系统保护与修复的经验及启示[J]. 水利发展研究,2011,11(6): 72-78. (XIA Peng, LIU Qian. Experience and enlightenment of the foreign protection and restoration of aquatic ecosystems [J]. Water Resources Development Research, 2011, 11(6): 72-78. (in Chinese))

[5] 陈敏建,丰华丽,王立群,等. 生态标准河流和调度管理研究[J]. 水科学进展,2006,17(5):631-636. (CHEN Minjian, FENG Huali, WANG Liqun, et al. Scientific regulation and management based on ecological flow regime[J]. Advances in Water Science, 2006, 17(5): 631-636. (in Chinese))

[6] 李振基,陈小麟,郑海雷. 生态学[M]. 北京:科学出版社,2009:106.

[7] 夏自强,李琼芳,姜翠玲. 河流自然功能的利用及保护研究[C]//水利部国际合作与科技司. 河流生态修复技术研讨会论文集. 北京:中国水利水电出版社,2005: 52-59.

[8] 曹凑贵. 生态学概论[M]. 北京:高等教育出版社, 2002:5-6.

[9] 钱正英,陈家琦,冯杰. 人与河流和谐发展[J]. 河海大学学报:自然科学版, 2006, 34(1): 1-5. (QIAN Zhengying, CHEN Jiaqi, FENG Jie. Harmonious development of humanity and rivers[J]. Journal of Hohai University: Natural Sciences, 2006, 34(1): 1-5. (in Chinese)).

[10] 张道军. 流域生态环境可持续发展论[M]. 郑州:黄河水利出版社,2001:168.

(收稿日期:2012-12-17 编辑:彭桃英)

+++++

(上接第 61 页)

[7] 孟伟,张楠,张远,等. 流域水质目标管理技术研究(I):控制单元的总量控制技术[J]. 环境科学研究, 2007,20(4):1-8. (MENG Wei, ZHANG Nan, ZHANG Yuan. The study on technique of basin water quality target management (I): pollutant total amount control technique in control unit[J]. Research of Environmental Sciences,2007,20(4):1-8. (in Chinese))

[8] 徐士凌,张晓霞. 河道城区段治理综合分析探讨[J]. 中国水运, 2007, 5(6): 25-26. (XU Shiling, ZHANG Xiaoxia. River course city sector government generalized analysis discussion[J]. China Water Transport, 2007, 5(6):25-26. (in Chinese))

[9] 张晟,熊友才,徐圃青,等. 常州市城区河道综合整治的实践与思考[J]. 环境工程,2010(增刊1),28:43-45. (ZHANG Sheng, XIONG Youcai, Xu Puqing, et al. Practice and thinking of river synthetic regulation in Changzhou urban area[J]. Environmental Engineering, 2010(S1),28:43-45. (in Chinese))

[10] 邓耀明. 污染河道治理技术的研究进展[J]. 环境科技, 2009,22(增刊1):90-93. (DENG Yaoming. Research and development of techniques for polluted river[J]. Environmental Science and Technology, 2009, 22(S1): 90-93. (in Chinese))

[11] 何志忠. 兰州市城市河道综合整治规划探析:以兰州市南河道综合整治规划为例[J]. 甘肃科技,2006,22(8):1-3. (HE Zhizhong. Analysis of the plan of river synthetic regulation in Lanzhou urban area: take South River in Lanzhou City as an example[J]. Gansu Science and Technology,2006,22(8):1-3. (in Chinese))

[12] 武涛,刘彬彬. 上海市黑臭河道治理技术应用研究[J]. 工业安全与环保,2010,36(3):27-29. (WU Tao, LIU Binbin. Application and research of Shanghai black-odor river treatment technologies [J]. Industrial Safety and Environmental Protection, 2010, 36(3): 27-29. (in Chinese))

[13] 潘碌亭,吴蕾,屠晓青. 化学氧化絮凝技术在强化处理受污染河水中的应用[J]. 环境工程学报,2007(9): 54-57. (PAN Luting, WU Lei, TU Xiaoqing. Chemical oxidation-flocculation technology applied for enhanced treatment of polluted river water[J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2007(9): 54-57. (in Chinese))

[14] 汪红军,胡菊香,吴生. 生物复合酶污水净化剂处理黑臭水体的研究[J]. 水利渔业,2007,27(1): 68-70. (WANG Hongjun, HU Juxiang, WU Sheng. Research of biological compound enzyme technology applied for enhanced treatment of black-odor water [J]. Water Conservancy Fishery,2007,27(1):68-70. (in Chinese))

[15] 罗缙. 平原河网区水环境时空变化模拟技术及应用研究:以太湖流域为例[D]. 南京:河海大学,2009.

(收稿日期:2012-09-27 编辑:高渭文)