

国内外城市河流治理现状

陈兴茹

(中国水利水电科学研究院水力学研究所 北京 100038)

摘要 :在分析国内外城市河流治理思路转变的基础上,介绍了以日本、韩国、美国和欧洲国家为代表的国外城市河流治理现状及我国目前在城市河流治理领域的研究现状及治理实例,指出了我国与国外发达国家在河流生态修复的思路、技术和方法上的差距,认为今后我国城市河流治理应更多地考虑城市河流与周围区域的整体关系、与带动经济和满足居民生活需求等多目标相结合等问题。

关键词 城市河流;生态修复;河流治理;综述

中图分类号:TV85 文献标识码:A 文章编号:1006-7647(2012)02-0083-06

Current situation of urban river restoration in China and abroad//CHEN Xing-ru(*Department of Hydraulics, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China*)

Abstract :The current situation of urban river restoration in Japan, Korea, America, China and some European countries are introduced, and the transformation of ideal for urban river harnessing in China and abroad are analyzed and compared. Then the gaps in train of thoughts, technologies and methods between foreign developed countries and China are pointed out in this paper. The author proposes that urban river restoration in China should consider more problems such as the relationship between urban river and the surrounding environment, the integration of urban river restoration with economics promotion and the requirement of urban residents.

Key words :urban river; ecological restoration; river harness; review

河流关乎人类生活的方方面面,它是动态、复杂的生态系统,具有为人类的生产、生活提供诸多生态服务和经济服务的功能。城市化进程加剧是特定社会发展时期的产物,在这个阶段,人类对自然的开发利用强度增加与自然环境的破坏并存,成为困扰人类发展的一对矛盾。人口快速增长导致水资源、土地资源日趋紧张,河流生态系统日渐退化^[1],河流和湿地是世界范围内受威胁最大的生态系统^[2-4]。因此,河流和湿地的生态修复作为世界范围内的现象,自 20 世纪 90 年代以来逐渐成为一个新兴的产业^[5-10]。城市河流通常指流经城市的河段,这部分河段由于受城市化和人类活动干扰强烈,因此,相对郊区河流,河貌和功能变化较大。

随着人们对城市河流功能认知的日益深入,以及城市河流对城市经济发展和人们生活的重要性,近年来城市河流研究工作在国内外得到广泛开展,相关学者发表了很多的文章,研究内容涉及大江大河的生态调查评价^[11-14]、近自然治理措施^[15-17]、各

生态因子间相关性分析^[18]、流域尺度生态修复^[19-21]、河岸带修复与管理^[22-23]、生态完整性的恢复和重建^[24]、城市河流生态修复^[25-33]等。

1 国内外城市河流治理思路的转变

当前,经济社会发展对城市河流的功能需求已由单纯注重防洪排涝安全、供水向防洪、排涝、供水、生态、环境、景观、文化等多功能并重转变,由此,国内外城市河流治理的思路正逐渐向在保证防洪、供水安全的前提下,重视河流生态修复和滨水景观建设方向发展。

a. 生态修复成为治河的重要内容。河流生态修复始于 20 世纪 40 年代的欧美,20 世纪 90 年代以来得到广泛地开展,成为当前国际研究的热点。河流生态修复是融水利工程学、环境科学、生物科学、生态学、美学等学科为一体的治河方法,它以“保护、恢复、重建”生物生存所必需的生境为前提,在不违背河道行洪安全的前提下,控制污水的入河量,修复

河流生态系统,主要是建立缓冲带(绿化带)拆除硬质护坡、种植水生植物、保护水生动物(包括底栖动物)从而提高河岸的过滤能力和河流的自净能力,并充分利用生态系统原理,沟通陆域、水陆过渡域、水体,修复和建立生物生存通道。

b. 滨河景观环境建设成为热点。城市滨河空间往往是城市市民亲水的空间环境和场所,也是城市建设和开发的热点。滨河景观建设需对水体及其周围陆域功能、景观、环境、文化等方面所进行综合考虑,其目的在于创造生动、优美、富于特色的城市滨河空间。自20世纪60年代以来,世界许多国家特别注重对城市滨河空间的综合开发和利用,使其能够带动特色旅游,推动经济发展,提升城市形象,供居民休闲娱乐。

c. 水文化建设成为趋势。当今社会,河流景观建设更加注重其内涵以及个性化特征。世界上许多城市,从其建立到发展都与水有着密切的联系,且受地理和地域文化的影响,各自形成了独具特色的水文化。在对城市河流进行生态修复和景观建设时,将水文化建设有机地融入其中,既可展现河流的个性化特征,增加河流景观的持久性和生命力,又可满足现代人对城市河流舒适性的需求。

2 国外城市河流治理现状

20世纪60年代欧美广泛开展了以改善滨水空间功能为目的的滨水区建设活动,之后大规模的城市滨水空间规划也广泛开展起来。以日本东京、横滨滨水区建设和美国巴尔的摩内港建设为代表的滨水区开发,从根本上改变了滨水空间的形象,重新恢复了它的活力。华盛顿波多马克河绿带规划及日本各地的亲水公园建设,使城市河流重现河水清澈、绿树成荫的良好自然风貌。总体上讲,国际上河流治理及修复比较成功的国家以日本、美国和欧洲国家为代表,他们对河流生态修复治理研究较早,修复技术相对成熟^[15-16],较大河流的生态修复已有不少实例,如密西西比河、莱茵河、科罗拉多河等^[11,17-18]。这些国家工作细致深入,在世界范围内属于领先水平,很多城市河流治理的思路和方法能够为其他具有相似气候、地形条件的国家提供借鉴。韩国的河流整治工作虽起步相对较晚,但在积极学习借鉴国外先进理念和经验的基础上,进展较快。

2.1 日本城市河流治理现状

日本的民意调查显示:在被调查人群中,希望有舒适水域空间的占32.5%,要求有娱乐空间的占24.8%,要求有亲水功能的占23.4%,希望景观有文化氛围的占19.3%。针对人们对河流功能需求的

变化,日本逐渐认识到改造城市河流,不仅要还河流以自然空间,还要满足人类对其功能的需求。于是,日本各地都提出了本地区的城市河流建设口号,如:“建设水和绿色的长廊”、“充满活力和文化的河流”、“多姿多彩公园化的河流”、“市民向往的家乡河”、“美丽的多自然河流”、“夜间被萤火虫照亮的河流”、“清澈而舒适的河流”、“体现雪国历史的河流”、“遍地黄花的河流”、“面对大海和传统文化的河流”、“野鸟和鲜花的河流”、“充满文化气氛和新风俗的河流”、“绿色、水、文化协调的河流”等。20世纪90年代日本相继提出了面向21世纪的河流治理方略和多自然工法,前者的目标是把日本建成具有健康富裕的生活条件与美丽自然环境相协调的富有活力的社会,提出要改进和建立有关管理体制,确保河流的生态环境用水量,恢复洁净水体,保护水环境,形成良好的河流景观与滨水环境,建设城市水网并加强绿化,要求水边具有舒适开阔的空间,可为某些娱乐活动提供适宜的场所,并重视保护其生物多样性;后者指导治河工程如何保护河流周边环境,恢复自然生境,改进工程措施和应用非工程措施等。此后,原建设省又提出了建设多自然河流的方针,要求治河工程尊重自然多样性、流域水循环和生态系统的整体性,改变了传统的治河思路,开始由单一目标的河流整治向流域全面治理并兼顾生态环境建设方向发展^[26]。1991年,日本开始推行重视创造多样化河流形态的施工方法,即“多自然型河流建设”,仅该年全日本就有600多处试验工程。近20年来,日本治河工程得到广泛开展,截至2001年,已经开展的近自然修复项目约24000项^[30],在这些工程中,推广应用生态工程措施,建设富有魅力的水边空间,恢复和创造有生命的河流,使河流的生态环境和生态系统得到了极大的改善。

总体上讲,日本的城市河流治理更多地注重生态的恢复,包括水质的洁净、生态系统的恢复等,主要通过试验、生态调查、生物调查等手段,对城市河流开展较为详细的调查,并注重资料的收集,生态理念涵盖较多,比较符合其近自然河流生态修复的思路。

2.2 韩国城市河流治理现状

韩国的河流河床非常陡,径流季节性变化明显,65%的降雨受季风和台风的影响,主要集中在6—9月。近几十年来,受城市化和工业化进程加速的影响,韩国的河流形态、水质、生态形态等方面均变化较大。20世纪60年代以前,大多数河流几乎均呈自然状态,自20世纪60年代以来,韩国的河流受城市化和工业化进程的影响可分为5个阶段,即自然河流、防灾河流、侵占的河流、河流公园、近自然河

流。进入 20 世纪 70 年代,河流管理主要集中在防洪方面,为此对河流进行渠道化治理,河流也因此而失去了环境功能,生物栖息地、自净和岸边景观等日渐消失(防灾的河流);在 20 世纪 70 年代晚期,开始建设城市河流公园,大多数公园建筑在滩地上(侵占的河流);进入 20 世纪 80 年代,河流滩地成为停车场、休闲娱乐场所、道路和农田等(河流公园);自 20 世纪 90 年代早期,自然生态系统的退化成为最重要的社会现象之一,开始引进和适应日本和德国等的城市河流改善措施;20 世纪 90 年代中期,开始河流生态修复研究;20 世纪 90 年代末,河流生态修复的示范项目如 Osan-cheon, Gyeongan-cheon, Anyang-cheon 等开始执行;21 世纪早期,著名的清溪川(Chenggye-cheon)综合整治开始,并取得了良好的效果。

位于韩国首都首尔的清溪川河道景观及文化建设一度成为各大媒体谈论的热点,清溪川的整治实践是韩国河流生态修复的典型代表,它也成为其他城市竞相效仿的成功模式之一。清溪川因城市发展被填埋,改成高架公路。随着经济的发展,韩国认识到修复河流的重要性,因此,于 2004 年开始修复清溪川的工作,2005 年工程结束。工程开工前,通过广泛的宣传,使市民了解工程概况、谅解工程施工对其生活造成的不便,从而使工程施工获得广泛的群众参与和支持。该工程通过水域景观和水文化建设,提升了首尔的国际形象,获得良好的经济社会效益和生态环境效益。

总体上,韩国的河流生态修复也处于起步阶段,基本理论和经验大多从欧美和日本引入,但研究发展速度很快,很多理论已经被应用于河流生态修复,大规模的研究和示范项目已经在中央和地方政府开展。目前,生态河流工程师应更多地关注由人类活动包括大坝、砾石开采、渠道化等因素引起的河道内流量变化、河流生态修复与水与地貌的相互作用。理解不同尺度(微观、中观和宏观)的水流、泥沙、地貌、结构和植被之间的相互作用对于更好地开展河流生态修复与保护工作是必要的^[28]。

2.3 美国城市河流治理现状

美国的城市河流整治工作开展较早,早在 1962 年,美国生态学家 Todum 将生态学的概念应用于工程建设中,进一步推动了人们对生态治河工程措施的认识,其根本任务是根据河流的自然状况和生态特点,采用近自然的工程措施治理河流,以满足人类对河流功能的需求,并同时保护河流的生物多样性。美国的南佛罗里达州在 20 世纪 70 年代修建了很多人工河道,但逐渐发现周围湿地越来越干,生物多样性也急剧减少,进入 90 年代开始对河流进行有效的

改造和修复,目前已恢复河道的蜿蜒状态。著名的洛杉矶河也正在拆除衬砌。另外,科罗拉多河的生态修复也受到人们的关注,美国地质调查局(USGS)对该河开展了大量工作,包括电站运行对该河下游泥沙的影响,鱼类等水生生物资源调查,滨水植物和相关野生动物、鸟类的调查,娱乐价值及其他非使用价值计算,文化资源调查等^[11]。美国另一条生态修复比较成功的河流是基西米河。历史上的基西米河自然蜿蜒,包括很多湿地,生物多样性丰富;1962—1971 年,河道被渠道化改造,生物多样性大幅度下降,生态功能丧失。基西米河生态修复的目标是恢复其原有的自然水文情势,重建原有河流、滩地的连续性,恢复原有湿地植物群落的多样性,恢复原有生物多样性和功能。

以美国地质调查局和陆军工程兵团(USACE)为代表,开展了大量的河流整治与生态修复工作,积累了大量的数据和经验,研究也相对深入,不仅对河流生态现状进行了充分的原野调查,还探讨了河流生态修复工程实施后的监测评估工作,如提出了河流生态修复成功的评价标准^[9],这一思路的提出为评价项目实施效果,不断改进修复手段,完善该领域的工作提供了有力的参考。为了推动河流生态修复工作的深入开展,于 1996 年成立了河流生态修复委员会^[29]。

总体上,美国在河道整治领域的研究进行得较多,涉及生态、景观、文化等诸多方面,主要目的表现在生态环境改善、休闲娱乐空间的美化、文化的复原保护及土地升值等对经济的连带作用等方面。

2.4 欧洲城市河流治理现状

欧洲自 20 世纪中叶就已认识到河流和滩地生态修复的必要性,从 20 世纪 60 年代起,随着实施有效的污染控制措施,欧洲河流的水质明显改善,但河流的栖息地质量、生物多样性的状况依然不容乐观,人们重新审视传统的河流治理技术和管理措施。20 世纪 80 年代,德国、瑞士等国家提出了“重新自然化”概念,将河流修复到接近自然的程度;英国采用了近自然河道治理技术,它强调在修复和维护河流时,必须优先考虑河流的生态功能;荷兰强调河流生态修复与防洪的结合,提出了“给河流以空间”的理念,水循环对修复和维护河流的生态完整性非常重要。在欧洲水资源管理中非常重视河流的“环境需水量”,例如,英国使用“最小可接受流量”强调对河流生态的重视。

目前,欧洲已经资助了很多河流生态修复项目,为便于这些经验能让更多的组织受益,又在 1995 年成立了欧洲河流生态修复中心(ECRR)来收集这些

信息。1999年,ECRR正式会议在丹麦召开,来自22个欧洲国家的55个代表参会,管理机构成立,极大地便利了河流生态修复组织和个人了解该领域的相关信息、促进交流、分享经验教训等,有利于推动河流生态修的快速发展。

在工程实践方面,欧洲国家重视河流生态修复示范工程建设,如160 km长的多瑙河“重新自然化”修复工程,约19 km长的Skjema河“再现蜿蜒河流”修复工程。对于“跨国界的河流”,如莱茵河,通过流域各国共同制定修复计划,莱茵河水质状况大大改善,通过有计划地修复莱茵河两岸湿地,使河流的栖息地质量提高,久违的鸟类重新回到人们的身边,莱茵河又重现了往日的美丽景色。

总之,很多国家都在对破坏河流自然环境的行进行反思,并逐渐将河流进行回归自然的改造和建设。20世纪90年代以来,德国、美国、日本、法国、瑞士、奥地利等国纷纷大规模地拆除了硬质衬砌。其实,拆除衬砌的资金投入要比铺衬砌昂贵得多,但这些国家普遍认为,保持河道的自然环境对保护动植物资源、保护水质、防止水土流失都具有极为重要的作用。对河流采用生态护岸,修复水边植物群落与河畔林,已成为当今国际上河流建设的主要趋势之一。城市滨水空间的规划设计在建设活动使我们清晰地看到,还河流以空间,恢复其优美、宜人、充满生机的原貌,建设满足现代城市经济发展需求的滨水空间,是未来世界城市河流建设发展的主要趋势之一。

3 国内城市河流治理现状

受国外治河成功及国内城市经济发展对河流整治需求推动的影响,国内城市河流治理正在如火如荼地开展,积累了丰富的治河经验,促进了该领域的深入研究,带动了相关产业的发展。治理后的城市河流发挥了巨大的经济效益、社会效益和生态环境效益。但总体上讲,我国的城市河流治理仍更多地停留在以改善河流周围环境、促进经济链发展的层面,河流整治多以景观美化为主要目标,与国外的城市河流生态修复工作仍存在差距,要达到真正意义上的河流生态修复目标,仍需要不断地总结经验,积极探索和研发新技术、新方法,以增强我国城市河流治理的生态效果。

我国较早开展河流整治且比较成功的案例是四川成都府南河公园,它是一个以水的整治为主题的生态环保公园,受到污染的水从府南河抽取上来,经过公园的人工湿地系统进行自然生态净化处理,最后变为“达标”的活水,回归河流。该公园的创意由

美国学者贝·达蒙女士提出,得到成都市政府的支持,后组织中、美、韩3国的水利、城建、环保、园林和艺术家共同设计而成,2000年10月召开的21世纪城市建设与环境成都国际大会,对成都市府南河的治理给予了充分肯定,该项目获得了世界人居奖等3项国际大奖。府南河治理工程的成功,包含了城市可持续发展、城市建设与环境、住房与安居等多方面的内涵,是城市河流治理的成功范例。北京的城市河流整治以奥运会为契机,根据每条河流所处的区位及周围土地利用情况,有针对性地制定生态保护与修复措施,对六环内的多条河流进行了整治,如长河、转河、小月河、菖蒲河、凉水河等,再现了水清、岸绿、景美的滨水环境,为市民提供了更多的休闲娱乐场所。绍兴市城市防洪一期工程,让人们透过护城河改造工程,体味到了古城绍兴的风韵,再现了江南水乡独特的地域风貌,带动了城市经济的发展。值得一提的是,哈尔滨的城市河流整治工作虽开展较晚,但突出“以水定城”的新理念,2009年规划并实施的“松北湿地水城规划”,将水系规划作为城市规划的上位规划,突出了水系对城市经济和生态系统的重要支撑地位,有利于实现水系规划与城市规划有机协调。其他如上海、广州、苏州、西安、天津、合肥等都陆续开展了城市河流整治工作,取得了良好的经济效益、生态环境效益和社会效益。城市河流治理不仅在我国大城市及省会城市得到了普遍地开展,一些中小城市也陆续开展了城市河道生态修复和景观重建工作,可以说,我国的城市河流整治掀起了以东部发达省市起始,逐步带动其余省市整治的热潮,各级政府及公众对河流整治的重视为河流面貌的改善提供了前所未有的机遇。

总体上,我国目前城市河流整治的初衷是改善城市面貌、提高城市环境质量、打造城市特色滨河空间、带动沿河经济发展等,因此,城市河流整治主要围绕改善水质、改善滨河空间环境、增加河道内蓄水量等展开。水质改善主要通过换水、原位净化、引水稀释等实现,滨河空间环境改善和休闲娱乐空间的建立主要通过通过对宝贵的滨河空间按照新时期“人-水-建筑”三者间的关系重新梳理定位,根据不同河段的功能需求建设滨河绿地、休闲空间,提高人居环境质量。城市河流整治技术主要包括生态需水量确定、水质改善措施、河道形态的近自然化、满足生态需水过程的生态水文调度、生物栖息地构建、满足城市人群需求的景观重现、规划设计和水文化展现等方面。目前,我国在借鉴国外先进经验进行城市河流整治实践的同时,对上述各种技术都有所尝试并取得了一定的成绩,相关学者也就此发表了很多的学术论文。

4 结 语

总体上讲,国内外的城市河流治理仍处于探索阶段,属于“干中学”(learning by doing)。发达国家,如欧美和日本更多地从流域视角,综合考虑防洪排涝、供水、水环境、水生态、水景观等综合功能,统筹考虑恢复或修复河流生态系统的措施,以恢复比较完整的河流生态系统作为重塑河流景观的基础。当前我国城市河流治理仍停留在以景观改善、带动周围土地升值、促进经济发展为主要目的的层面。正由于城市河流治理蕴藏着巨大的经济利益,因此,目前我国的城市河流治理正受到全社会各层面的广泛关注,从业者涉及包括市政、城市规划、环保、水利等多部门,许多单位都在陆续开展相关的科研、设计及生态产品的研发、经营等,生态修复工作还有待加强,手段也更多地局限于河段,缺乏从流域视角考虑问题的意识,未综合考虑河流建设与经济社会发展、水资源、旅游、居民需求、文化等方面的关系,城市河流治理缺乏系统的理论指导。

城市河流由于其功能的重要性而越来越受到人们的关注。随着经济的发展,我国城市河流面临的问题也越来越突出,如何缓解和解决这些问题,成为关乎城市经济和生态系统可持续发展的关键。未来仍需要研究的方向包括:①城市河流建设要更多地考虑城市河流与所在地区之间的关系,根据城市的发展规划制定合理的城市河流建设目标、策略、方法等;②城市河流建设要更多地考虑如何推动当地经济发展和满足城市居民的需求,探索如何使生态修复、景观建设和文化有机融合的方法;③研究各种水质净化技术和生态系统修复与保护技术等;④重视河流管理工作,探讨合理的管理机制,实现“投资—收益—更多投资—更大收益”的良性循环。

本文分析了国内外城市河流治理的思路及生态修复的现状,可为今后我国城市河流开展相关工作、紧跟时代发展的步伐提供参考和经验借鉴。

参考文献:

- [1] NIJLAND H J, CALS M J R. River restoration in Europe practical approaches, conference on river restoration[R]. LA Utrecht, The Netherlands: Europe Center for River Restoration 2001.
- [2] BRINSON M M, MALVAREZ A I. Temperate freshwater wetlands: types, status and threats [J]. Environmental Conservation 2002 29(2):115-133.
- [3] MALMQVIST B, RUNDLE S. Threats to the running water ecosystems of the world[J]. Environmental Conservation, 2002 29 134-163.

- [4] TOCKNER K, STANFORD J A. Riverine floodplains: present state and future trend[J]. Environmental Conservation, 2002, 29 308-330.
- [5] BROOKS A, SHIELDS F D. River channel restoration: guiding principles for sustainable projects[M]. Chichester, UK: John Wiley and Sons Ltd., 1996.
- [6] KONDOLF G M. Five elements for effective evaluation of stream restoration[J]. Restoration Ecology, 1995, 3(2):133-136.
- [7] NIENHUIS P H, LEUVEN R S E W. River restoration and flood protection: Controversy or synergism? [J]. Hydrobiologia 2001 444 85-99.
- [8] SHIELDS F D, COOPER C M, KNIGHT S S, et al. Stream corridor restoration research: a long and winding road[J]. Ecological Engineering 2003 20 441-454.
- [9] PALMER M A, BERNHARDT E S, ALLEN J D. Standards for ecologically successful river restoration[J]. Journal of Applied Ecology 2005 42 208-217.
- [10] BERNHARDT E S, PALMER M A. Synthesizing U. S. river restoration effort[J]. Science 2005 308 636-637.
- [11] GLOSS SP, LOVICH J E, MELIS T S. The state of the Colorado River ecosystem in Grand Canyon[R]. Reston, Virginia: U. S. Geological Survey 2005.
- [12] BATTLE J M, JACKSON J K, SWEENEY B W. Mesh size affects macroinvertebrate descriptions in large rivers: examples from the Savannah and Mississippi Rivers[J]. Hydrobiologia, 2007 593(1) 329-343.
- [13] ZIGLAR C L, ANDERSON R V. Epizoic organisms on turtles in pool 20 of the Upper Mississippi River[J]. Journal of Freshwater Ecology 2005 20(2) 389-396.
- [14] HRABIK R A, HERZOG D P, OSTENDORF D E, et al. Larvae provide first evidence of successful reproduction by pallid sturgeon, *Scaphirhynchus albus*, in the Mississippi River[J]. Journal of Applied Ichthyology 2007 23(4) 436-443.
- [15] MISEKI T, TAKAZAWA H. Project for creation of river rich in nature-towards a richer environment in towns and on watersides [J]. Journal of Hydrosience and Hydraulic Engineering Special Issues, 1993(4) 86-87.
- [16] GORE J A, SHIELDS F D, Jr. Can large rivers be restored? [J]. Bioscience, 1995 45 142-152.
- [17] DENNEMAN W D, PREE A D, REININGA G A O, et al. Environmental aspects of the restoration of river ecosystems in the Netherlands[J]. Water Science and Technology, 1995, 31(8):147-150.
- [18] CHICK J H, ICKES B, PEGG M A. Spatial structure and temporal variation of fish communities in the upper Mississippi River system[R]. Reston, Virginia: U. S. Geological Survey, 2005.
- [19] CLARKE S J, BRUCE-BURGESS L, WHARTON G. Linking form and function: towards an eco-hydrodynamic approach to sustainable river restoration[J]. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 2003, 13 439-450.
- [20] KONDOLF G M, DOWNS P. Catchment approach to planning channel restoration[M]//BROOKES A, SHIELDS F D. River

Channel Restoration: Guiding Principles for Sustainable Protects[M]. Chichester, UK: John Wiley and Sons Ltd., 1996.

- [21] POUDEVIGNE I, ALARD D, LEUVEN R S E W, et al. A systems approach to river restoration: a case study in the lower seine valley, France [J]. River Research and Applications, 2002, 18: 239-247.
- [22] WISSMAR R C, BESCHTA R L. Restoration and management of riparian ecosystems: a catchment perspective [J]. Freshwater Biology, 1998, 40: 571-585.
- [23] STROMBERG J C. Restoration of riparian vegetation in the south-western United States: importance of flow regimes and fluvial dynamism [J]. Journal of Arid Environments, 2001, 49: 17-34.
- [24] JUNGWIRTH M, MUHAR S, SCHMUTZ S. Re-establishing and assessing ecological integrity in riverine landscape [J]. Freshwater Biology, 2002, 47: 867-887.
- [25] ASAE River Restoration Committee. Urban stream restoration (forum) [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2003, 129(7): 491-493.
- [26] 山肋正俊. 近自然工学-新しい川・道まちづくり [M]. 东京: 信山社サラツタ, 2000.

- [27] NAKAMURA K, TOCKNER K. River and wetland restoration in Japan [C] // GERES D. Proceedings of the 3rd European Conference on River Restoration (ISBN 953-96455-8-1). Zagreb, Croatia: Hrvatske vode, 2004: 17-21.
- [28] HYOSEOP Woo, CHANG Wan-kim, MYUNG Soo-han. Situation and prospect of ecological engineering for stream restoration in Korea [J]. KSCE Journal of Civil Engineering, 2005, 9(1): 19-27.
- [29] DONALD C, JOHN S, LOUISE S, et al. The status of urban stream restoration in the United States [C] // Proceedings of the 2004 World Water and Environmental Resources Congress Salt Lake City. Portland: American Society of Civil Engineers, 2004: 1-13.
- [30] 王韶伟, 徐劲草, 许新宜. 河流生态修复浅议 [J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2009, 45(5/6): 626-630.
- [31] 朱国平, 王秀茹, 王敏, 等. 城市河流的近自然综合治理研究进展 [J]. 中国水土保持科学, 2006, 4(1): 92-97.
- [32] 岳隽, 王仰麟, 彭建. 城市河流的景观生态学研究: 概念框架 [J]. 生态学报, 2005, 25(6): 1422-1429.
- [33] 夏霆, 朱伟, 姜谋余, 等. 城市河流栖息地评价方法与应用 [J]. 环境科学学报, 2007, 27(12): 2095-2104.

(收稿日期 2011-06-20 编辑 熊水斌)

(上接第 45 页)

参考文献:

- [1] 刘冬英. 人工神经网络模型在长江中下游河道洪水预报中的应用研究 [D]. 武汉: 武汉大学, 2005.
- [2] 卢长娜. 基于自适应遗传算法的 BP 网络洪水预报模型 [D]. 南京: 河海大学, 2005.
- [3] 陈守煜, 李亚伟. 基于模糊人工神经网络识别的水质评价模型 [J]. 水科学进展, 2005, 16(1): 88-91.
- [4] 周建康. 基于 MATLAB 下 BP 网络在河流污染物浓度预报中的应用 [J]. 水利水电技术, 2004, 35(9): 24-26.
- [5] 伊明昆. 神经网络在冰塞水位预测中的应用研究 [D]. 合肥: 合肥工业大学, 2006.
- [6] 许军. 基于人工神经网络的地下水资源模拟研究 [D]. 西安: 西安理工大学, 2006.
- [7] 赵琪, 吴素芬, 薛燕, 等. 神经网络模型在中长期水文预

报中的实用性探究 [J]. 新疆水利, 2008(6): 20-22.

- [8] 陈守煜, 冀鸿兰, 张道军. 系统非线性组合预测模型及其在黄河凌汛预测中的应用 [J]. 大连理工大学学报, 2006, 46(6): 901-904.
- [9] 冀鸿兰, 陈守煜. 冰凌预报模糊优选神经网络 BP 方法 [J]. 水利学报, 2004, 35(6): 114-118.
- [10] 冀鸿兰, 朝伦巴根, 陈守煜. 模糊优选神经网络 BP 模型在黄河内蒙古段开河日期预报中的应用 [J]. 水利水电科技进展, 2008, 28(3): 70-72.
- [11] 冀鸿兰. 黄河内蒙古段凌汛成因分析及封开河日期预报模型研究 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2002.
- [12] 冀鸿兰, 朝伦巴根, 陈守煜, 等. 冰凌预报模糊优选神经网络 BP 方法 [J]. 人民黄河, 2008(12): 47-49.
- [13] 赵晓慎, 李倩, 王文川. 基于成因模糊综合分析的冰凌预测模型 [J]. 人民黄河, 2011(1): 43-45.
- [14] SL250—2000 水文情报预报规范 [S].

(收稿日期 2011-08-05 编辑 熊水斌)

(上接第 61 页)

- [15] 周中, 傅鹤林, 刘宝琛, 等. 土石混合体渗透性能的试验研究 [J]. 湖南大学学报: 自然科学版, 2006, 33(6): 25-28.
- [16] 徐扬, 高谦, 李欣, 等. 土石混合体渗透性现场试坑试验研究 [J]. 岩土力学, 2009, 30(3): 855-858.
- [17] 邱贤德, 阎宗岭, 刘立, 等. 堆石体粒径特征对其渗透性的影响 [J]. 岩土力学, 2004, 25(6): 950-954.
- [18] FLURY M, FLUHLER H, JURY W A. Susceptibility of soils to preferential flow of water: a field study [J]. Water Resources Research, 1994, 30(7): 1945-1954.
- [19] DEKKER L W, RITSEMA C J, WENDROTH O. Moisture distributions and wetting rates of soils at experimental fields in

the Netherland [J]. Journal of Hydrolog, 1999, 215(1): 4-22.

- [20] 吴永锋, 石林, 吴铭远, 等. 三峡库区滑坡中的地下水若干问题初探 [J]. 湖北地矿, 2002, 16(4): 9-14.
- [21] 黄晏, 相群. 关于降雨结构对岩基水流影响的试验研究 [J]. 水土保持科技情报, 2003(3): 11-13.
- [22] 尚岳全, 孙红月, 侯利国, 等. 管网渗流系统对含碎石黏性土边坡的稳定作用 [J]. 岩石力学与工程学报, 2005, 24(8): 1371-1375.
- [23] 郭庆国. 粗粒土的工程特性及应用 [M]. 郑州: 黄河水利出版社, 1998.
- [24] 徐文杰, 胡瑞林. 虎跳峡龙蟠右岸土石混合体粒度分形特征研究 [J]. 工程地质学报, 2006, 14(4): 496-501.

(收稿日期 2011-07-19 编辑 骆超)