

河流—洪泛区环境系统特征的初步研究

翟金良¹, 何岩², 邓伟³, 严登华⁴

(1. 中国科学院 东北地理与农业生态研究所 湿地生态与环境重点实验室, 吉林 长春 130012;

2. 中国科学院, 北京 100864; 3. 中国科学院 水利部 成都山地灾害与环境研究所, 四川

成都 610041; 4. 中国水利水电科学研究院 水资源研究所, 北京 100044)

摘 要: 河流和洪泛区具有水文和生态上的密切联系而构成一个统一的环境整体, 由此提出了河流—洪泛区环境系统的概念, 并从整体性、异质性、开放性、复杂性、脆弱性等方面对其特征进行了分析研究。洪泛作用对于河流—洪泛区环境系统整体性的维系起着重要作用, 环境系统的异质性体现在空间尺度上的异质性和时间尺度上的异质性 2 个方面, 环境系统具有开放性, 在自然因素和人类活动的双重影响下, 环境系统呈现出复杂性和脆弱性。

关键词: 河流—洪泛区环境系统; 洪泛作用; 特征

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2006)03—0034—07

中图分类号: P333, X143

Preliminary Study on Main Characteristics of River-Floodplain Environmental System

ZHAI Jin-liang¹, HE Yan¹, DENG Wei², YAN Deng-hua³

(1. Chinese Academy of Sciences, Beijing 100864, China; 2. Institute of Mountain Hazards

and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, Sichuan Province, China;

3. Department of Water Resources, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100044, China)

Abstract: River and floodplain compose a whole environmental system as they have hydrological and ecological connection, and thus a scientific concept of river-floodplain environmental system is established and analysed. The main characteristics of river-floodplain environmental system include the followings: wholeness maintained by flooding, spatial and temporal heterogeneity, openness, complexity and fragility. Flooding plays key roles in maintaining wholeness of the river-floodplain environmental system, and the system responds to process and functions of flooding. The river-floodplain system is influenced by both natural process and human activities.

Keywords: river-floodplain environmental system; flooding; characteristics

环境系统是指地球表面一定地域单元内各种环境因素及其相互关系的总和, 其内在本质在于各组成部分之间的相互关系和相互作用过程, 环境系统概念的提出意义在于把一定地域范围内的自然地理环境作为统一的整体看待, 避免人为把环境整体分割为互不相关的单个组成部分。我国的河流和洪泛区开发活动在实践中经常忽视和割裂河流和洪泛区在水文和生态上的相互联系, 造成了河流和洪泛区生态环境的严重破坏。有必要从环境系统的角度来考察河流和洪泛区及其相互作用关系, 认识环境系统的特征。

河流是地表上有相当大水量且常年或季节性流动的天然水流, 洪泛区是指在河流洪水周期性作用下形成的与河流毗邻的低地, 分布范围取决于洪水漫溢的范围。河流与洪泛区共为地球表面的自然体, 具有水文和生态上的密切联系而构成一个统一的环境整体, 称之为河流—洪泛区环境系统。河流—洪泛区环

境系统是重要的生存和发展空间, 是水陆自然景观的重要组成部分, 是流域中水陆相互作用的交错带和流域内的重要水资源赋存空间, 同时也是生物多样性相对丰富的地域空间, 对全球变化的贡献高且响应敏感。河流—洪泛区环境系统位于大气圈、水圈、土壤圈和生物圈的交互作用界面上, 系统的形成和演化受制于各圈层的相互作用和人类活动的重要影响, 因而环境系统呈现出整体性、异质性、开放性、复杂性、脆弱性等特征。

1 洪泛作用与河流—洪泛区环境系统的整体性

1.1 洪泛作用维系河流—洪泛区环境系统的整体性
系统科学着眼于考察系统的整体性, 整体观点是系统思想最核心的观点^[1]。自然状态下的任何一个河流—洪泛区环境系统都是由河流与洪泛区通过洪

泛作用的维系而构成的,具有存在方式上的统一整体性。洪泛作用具有显著的生态环境效应,洪泛作用过程中洪水在洪泛区内漫流泛滥,参与河流—洪泛区内发生的一系列物理过程、化学过程和生物过程,对于河流和洪泛区生态环境稳定性的维系具有重要作用,从而对于维系环境系统的整体性具有决定性意义。周期性洪水挟带富含营养物质的泥沙,定期泛滥覆盖在洪泛湿地土壤表面,补充土壤养分,并通过食物链参与物质循环和能量流动,保证了洪泛湿地自然生态系统的养分补给和能量输入,维系着河流与洪泛区的生物多样性^[2]。从生物地球化学循环的角度来看,洪泛区与河流之间通过多种方式相互联系,如通过洪水泛滥、通过地下水的水力联系、通过河流改道等,但从根本上来说河流与洪泛区之间通过洪泛作用而进行强烈的物质能量与信息的交换。在河流—洪泛区环境系统的洪水期和枯水期共同组成的一个水文周期中,河流—洪泛区环境系统的生物地球化学过程及环境系统的整体性表现如图1所示^[3]。

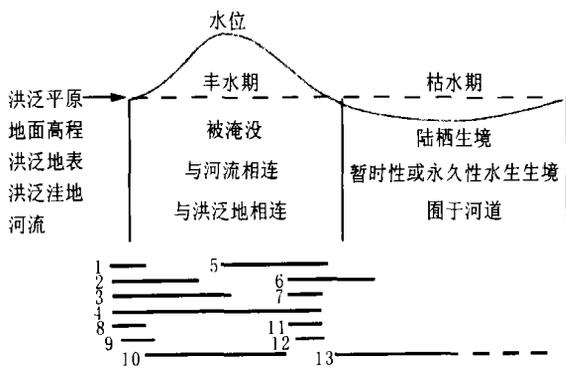


图1 洪泛作用维系下的河流—洪泛区环境系统的整体性

图1中带标号的短线表示不同生态过程的相对作用时间长短,其中1表示洪泛作用过程中,洪水携带并沉积营养物质;2表示与河流相连的洪泛地中营养物质沉积过程;3表示洪泛地生境中的水生植物和无脊椎动物的迅速生长过程;4表示洪泛地中植物残体的分解过程;5表示溶解的有机物质和悬浮物质随洪水的消退返还到河流中;6表示洪泛洼地中浮游生物的生物量最大化;7表示浮游生物和微生物随洪水进入河流中;8表示鱼类随洪水进入洪泛地中;9表示鱼类的主要产卵期在洪泛地中完成;10表示鱼类最佳生长期;11表示鱼类从洪泛地中随洪水消退回到河流中;12表示鱼类被最大量捕食和捕获时期;13表示搁浅滞留在洪泛洼中的鱼类大量死亡给鸟类和哺乳动物提供食物来源。

洪泛作用维系下的河流—洪泛区环境系统的整体性示意图中显示自然状态下河流—洪泛区环境系

统的物质循环、能量流动等生态过程无不与洪泛作用密切相关,洪泛作用维系着河流—洪泛区环境系统的整体性。

1.2 河流—洪泛区环境系统对洪泛作用的响应

洪泛作用维系着河流—洪泛区环境系统的整体性,对环境系统具有重要的环境影响,而环境系统对洪泛作用具有整体水平上的响应。河流与洪泛区对洪泛作用的响应既包括坍塌、河岸侵蚀、水文状况改变、营养物质沉积等自然地理条件的变化,更包括生物生境的变化情况及生物受到干扰后的响应,其中生物响应既包括生物对生境变化胁迫的阻抗,也包括生物对生境变化的适应^[4]及生物对生境变化的能动性的改变作用等。

河流—洪泛区环境系统中洪泛作用前后干湿环境的交替及水位的变动只能容许特定种类的植物种存活,如水生植物难以忍受干湿交替的环境,而陆生植物不能忍受长期淹水的环境胁迫,它们的生长和分布受到微地貌、水分等环境条件的制约和影响。洪泛作用对洪泛区内的陆生植物产生的环境胁迫主要包括改变土壤的氧化还原条件,改变土壤的酸碱度,降低有机物分解速率,对土壤的物理刨蚀作用和对植物的机械冲撞作用等。一般而言,洪水使酸性土壤的pH值升高,使碱性土壤的pH降低,改变土壤的酸碱度状况。在淹水条件下,土壤处于缺氧状态,正常的有机物新陈代谢被阻碍,洪泛淹水土壤中有有机质的分解速率降低,分解的最终产物主要是CO₂、CH₄和腐殖质,同时会产生高浓度的C₂H₅OH和H₂S从而对植物的根系产生危害效应。洪泛作用过程中的强水流和波浪及其挟带的粒块物质对土壤产生物理刨蚀作用,带走植物根部土壤而使根系暴露,从而降低植物对风蚀和水蚀的抵抗能力^[5]。

生物可在对洪泛作用的响应中发育适应洪泛作用的某些功能来实现对胁迫环境的适应和调节。比如半干旱气候条件下霍林河河流—洪泛区环境系统中生长的挺水植物菰(*Zizania caduciflora*)的耐水性较强,生长有发达的地下根茎,基部节上有繁殖力很强的不定根,可用种子和不定根2种方式繁殖,对洪泛作用具有较强的适应能力。一般来讲,洪泛区河漫滩上的物种在遭洪水破坏后,能够迅速萌芽和快速生长,以此来适应周期性洪泛作用的影响,而高河漫滩处的乔木对土壤长期持续淹水的忍耐期可达1~4个月。生物对洪泛作用的响应不只是被动的,也能够实现对洪泛作用过程的某些能动性的调节来影响非生物环境因子。如洪泛地的植物通过积累泥炭、堆积残积物和沉积物而抬高地面高程,从而会明显地降低洪

泛区内的洪水发生频率;植物通过阻碍水流、遮蔽水面而影响水面蒸发和通过蒸腾作用直接降低水位等来控制洪泛区的水文条件^[6]。河流—洪泛区的动物不仅通过生物化学和结构的演化来适应环境胁迫,还可以通过先进的移动能力与复杂的生活史来适应和改造环境所产生的胁迫。洪泛区土壤的微生物对洪泛作用产生的响应表现出较强的适应性:在洪泛作用导致的积水条件下,洪泛区土壤的通气性差,好气性细菌活动性变差、数量减少,而嫌气性细菌如反硫化细菌等活动性增强,真菌和放线菌在长期淹水条件下对发育和生长不利;在洪水消退洪泛区处于非淹水条件下,好气性细菌如纤维分解菌、芳香族化合物利用菌等的繁殖和发育增强,真菌的活动性和数量可迅速恢复。

由于洪泛作用过程中环境条件的复杂性和生物生理活动的复杂性,洪泛作用中洪水、土壤和生物主要是植物的相互影响机制及相互作用关系非常复杂,如凉水和快速流动的水中的溶解氧量比温水和静滞水中的溶解氧含量高而对植物的胁迫较小,而植物由于个体大小、生长年龄和生理活性等的不同而对洪水作用的适应和调节能力不同^[7]。不同频次和强度的洪泛作用对环境系统的影响不同,环境系统对不同强度的洪泛作用的响应也有差别。例如稀遇频次的洪水带来的洪泛作用对环境和生物产生的胁迫大,而生物对其建立适应或改变机制也很困难。

河流与洪泛区在洪泛作用机制下构成一个完整的环境系统,环境系统的组成部分之间相互联系、相互作用,同时也相互制约,彼此间相互影响和响应,作为一个整体而存在。

2 河流—洪泛区环境系统的异质性

2.1 河流—洪泛区环境系统的空间异质性

洪泛作用对于河流—洪泛区环境系统的景观维系起着决定性的作用,洪泛作用作为一种水文和生态过程,其水空间格局在水平方向和垂直方向上具有异质性,水的空间分异对洪泛区的生物多样性及物质的空间分异起着主要的决定作用。在洪泛作用的干扰下,河流—洪泛区环境系统在生态和景观上具有高度的生物多样性和空间异质性^[8-9]。

洪泛作用及其影响下的景观和环境系统的空间异质性既体现在沿河流从上游到中游和下游的纵向上的分异^[10],也体现在垂直于河岸方向上的横向分异和由地表向地下垂向上的分异。就纵向上的分异考察,一般而言,在上游山区,河床切割较深,河床纵剖面比降大,河槽狭窄,河床宽深比较小,水流速度

快,由于山区坡面陡峻汇流时间短,洪水涨落均较快,洪峰持续时间短,一般为几小时至几天,无明显的中水期且洪水期与枯水期难以分开,洪枯水流量与水位均相差悬殊,洪水泛滥对环境的影响主要以机械物理损伤为主,洪泛作用对生态环境具有干扰和破坏性的影响,但是由于河道狭窄,洪泛区面积很小,洪泛作用的效应较小,且不同频率等级洪泛区的空间分布范围相差不大;在中下游平原地区,河床纵向坡降比较平缓,集雨面积大而汇流历时长,水面坡降一般较小且沿程变化较小,水流缓慢,洪水无猛涨猛落现象,洪泛作用持续时间为几星期至几个月,洪水的季节性更加明显,洪泛作用的影响趋于稳定,较为明显,生物也对之具有较好的适应性,洪泛作用对生态环境基本不构成破坏,而对洪泛作用的人为控制活动反而对生态环境具有严重的干扰和负面影响^[11]。就垂直于河岸的横向上的分异考察,在生物多样性方面,随着离河岸距离的增加,洪泛区内鱼类的多样性降低^[12],而两栖类动物在洪泛区内距河流最远处的洪泛湿地内具有最大的生物多样性,部分原因是由于这里的捕鱼活动稍弱,软体动物、蜻蜓目昆虫、大型植物和其它大型栖息生物在中等强度的洪泛作用环境梯度内多样性最高^[13]。河流—洪泛区环境系统在垂向上从地表到地下含水层存在着温度、水土化学指标及有机质含量等的空间分异。

在微观地貌水文格局控制下,河流—洪泛区环境系统的生态水文格局具有明显的空间异质性,并具有明显的地域性规律特征,如半干旱地区的霍林河河流—洪泛区环境系统,其水文生态格局呈现出显著的空间异质性(表 1)。

2.2 河流—洪泛区环境系统的时间异质性

系统是作为过程而展开和存在的,原则上认为系统的动态性是绝对的,从足够长的时间尺度来考察,总可以观察到系统的状态变量随时间而变化。这种系统在时间尺度上表现出来的不均质性称为系统的时间异质性。从系统的行为来考察,由于输入输出强度及性质的变化,引起系统结构与功能的变化及系统边界条件的改变,使系统呈现出明显的动态性与时间异质性。

河流—洪泛区环境系统是典型的动态环境系统,具有快速的生物地球化学循环,环境系统在时间尺度上呈现出明显的异质性^[14]。正是因为环境系统的高度时间异质性才使系统在动态性中具有抵御外界变化的缓冲适应能力并维系较高的生产力。

河流—洪泛区环境系统是一历史自然体,其形成、发育和演化等都与时间有密切关系,环境系统内

部的物理、化学和生物过程等都是占据一定时间阶段的动态过程,从广义上讲,系统从地质历史时期的形成发育到人类活动影响下的各种变化都可视为环境系统的时间异质性。

表1 霍林河河流—洪泛区环境系统生态水文格局的空间异质性

地貌部位	植物群落(拉丁学名)	伴生种	水深或水位	基质
深水湖泡	眼子菜(<i>Potamogeton distinctus</i>)、穗状狐尾藻(<i>Ass. Myriophyllum spicatum</i>)	两栖蓼(<i>Polygonum amphibium</i>)	> 0.5 m	水底淤泥
湖泡水面	浮叶眼子菜(<i>Potamogeton natans</i>)	单优势种	> 0.5 m	水底淤泥
湖泡边滩、河滩、洼地	芦苇(<i>Phragmites australis</i>)	节蓼(<i>Polygonum nodosum</i>)、紧穗三棱草(<i>Bolboschoenus compactus</i>)	0.3~1.5 m 流水地带,集中分布于0.3~0.5 m	淤泥沼泽土
湖泡滩地	狭叶香蒲(<i>Typha angustifolia</i>)	狐尾藻(<i>Myriophyllum verticillatum</i>), 杉叶藻(<i>Hippuris vulgaris</i>), 节蓼	0~0.3 m 静水地带	腐殖质沼泽土
湖滩洼地、河滩洼地	菖蒲(<i>Acorus calamus</i>)	泽芹(<i>Sium suave</i>)、水蓼(<i>Polygonum hydropiper</i>)、修氏苔草(<i>Carex schmidtii</i>)	0~0.1 m	淤泥沼泽土
盐碱湖泡滩地	碱蓬(<i>Suaeda glauca</i>)	偶见碱茅(<i>Puccinellia tenuiflora</i>)	季节性积水	盐沼湿地土
河岸低洼处、丘间低地(俗称涝洼地)	羊草	羊草为单优势种群落	地下水位 1 m 左右	草甸土
平原、低平地	羊草+杂类草	群落结构复杂,具有群丛组特点	地下水位 1~1.5 m	碱化草甸土
碟形洼地(俗称狗肉地)	羊草、拂子茅(<i>Calamagrostis epigeios</i>)	野枯草(<i>Arundinella hirta</i>)	地下水位 1~2 m	苏打盐化草甸土
高河(湖)漫滩、地势有起伏,高差不到 1 m	羊草(<i>Aneurolepidium chinense</i>)	线叶菊(<i>Filifolium sibiricum</i>)、马蔺(<i>Iris pallasii</i>)	地下水位 1.5~3.5 m	苏打草甸碱土
低河(湖)漫滩的平地上	碱蓬	碱蒿(<i>Artemisia anethifolia</i>)	地下水位 1.5 m 左右	草甸盐土
与草甸碱土镶嵌分布,地形部位略低于草甸碱土	角碱蓬(<i>Suaeda corniculata</i>)、星星草(<i>Puccinellia tenuiflora</i>)	獐毛(<i>Aeluropus littoralis</i> var. <i>sinensis</i>)、碱地肤(<i>Kochia sieversiana</i>)	地下水位接近 2 m	碱化(苏打)盐土
洼地高坡、岗地、低平地	羊草、虎尾草(<i>Chloris virgata</i>)	糙隐子草(<i>Cleistogenes squarosa</i>)	地下水位 3~4 m	盐(碱)化草甸淡黑钙土
低平地、岗地	贝加尔针茅(<i>Stipa baicalensis</i>) + 线叶菊	羊草、柴胡、地榆(<i>Sanquisorba officinalis</i>)、防风(<i>Siler divaricatum</i>)、黄芩(<i>Scutellaria viscidula</i>)	地下水位 2~4 m	淡黑钙土
风沙地、沙丘	榆树(<i>Umus pumila</i>) 疏林、山杏灌丛、小叶锦鸡儿(<i>Caragana stenophylla</i>) 灌丛	沙蓬(<i>Agriophyllum squarrosum</i>)、麻黄、差巴嘎蒿(<i>Artemisia holodendron</i>)、甘草(<i>Glycyrrhiza uralensis</i>)	地下水位一般不足 4 m	风沙土

对河流—洪泛区环境系统的水文情势有重要影响的降水量和蒸发量在年际上都有明显的动态变化性,水文过程中的降雨和径流在不同的时间尺度上表现出不均匀性并带来洪水过程及水文情势的时间异质性。河流—洪泛区水文情势的动态变化和时间异质性影响到生物的生长状况。由于不同物种对洪泛作用等水文情势的敏感性不同,物种能够分布的范

围、繁殖策略及生活型等生物机制对水文情势具有不同的响应,由此带来生物群落结构的时间异质性。同一物种的不同大小和年龄段的种群对洪泛作用的敏感性也不同。研究表明,幼小种群对洪泛作用的敏感性较强,在时间序列上生态响应所表现出来的异质性也较强^[15]。水文情势的时间异质性影响到生物的生产量,例如霍林河—洪泛区环境系统中芦苇

(*Phragmites communis*) 的生长与洪泛作用等河流—洪泛区的水文情势具有密切关系。一般遇到洪水年份河川径流量大洪泛作用强时,推后 1~2 a 左右芦苇产量高,而遇枯水年份,推后 1~2 a 芦苇产量则降低,洪泛区内芦苇生产量的变化随着河川径流量的变化而变化,呈现出时间异质性,如图 2 所示。

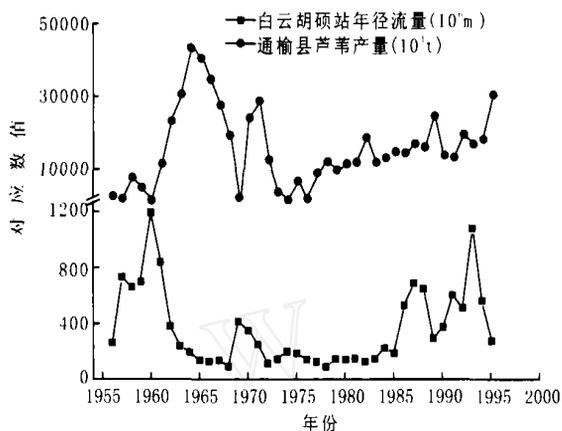


图 2 霍林河洪泛区(通榆县境内)芦苇产量与白云胡硕水文站年径流量关系图

系统时间尺度上呈现出的异质性来自系统内部及系统与环境的相互作用。河流—洪泛区环境系统的时间异质性在洪泛作用过程中表现得非常明显。洪泛区作为水文过渡带,其面积随河流—洪泛区环境系统最重要和明显的系统行为即洪泛作用的发展而具有动态变化性,如图 3 所示。当流域降雨量满足植物截流、土壤入渗、地表填洼以后,产流开始,多余的降水形成地面径流,通过河槽集流过程汇入河槽。河水上涨,洪泛区常年淹水水面(包括洪泛区内部分泡沼等)面积在降水补给和洪水溢出河槽时的洪泛作用的 A 点开始扩展,即当流量大于满槽流量时洪泛区内洪水淹没面积开始大于常年淹水水面面积。随着流量的增大,洪水在洪泛区内推移扩展,洪泛区水淹面积扩大,当洪泛作用进一步发展,流量达到一次洪水过程的最大值即洪峰流量时(B 点处),再滞后一段时间 T ,洪泛区洪水淹没面积达到最大值,此时洪泛过程中的洪水流量处于减小过程中。随着洪水流量的继续减小,洪水在洪泛区内发生水退,洪泛区洪水淹没面积开始减小。洪泛区水淹面积持续减小直到洪泛作用的水源补给作用消失,此时洪泛作用发展到图中的 D 点,洪水不再漫溢出河槽。洪泛区水淹面积由于洪水的补给而大于洪泛区常年淹水水面。

洪泛区水淹面积的增大、减小过程随流量在一定范围的变化而变化,但是同时也受到洪泛区地表下垫面的影响,地表下垫面状况主要体现在不同土地利用

方式导致的糙度不同而对洪泛作用产生阻缓影响,但对洪泛区水淹和水退过程的影响除方向外基本一致。洪泛区除常年淹水面积外,在洪泛作用过程中水进时面积增大的幅度大于水退时面积减小的幅度,洪泛区在得到水源的补给同时也实现了对河川径流的调节。洪泛区内存在着常年积水区,水源补给除大气降水和地表径流及地下水补给外,主要受天然洪泛作用补给。由于河流—洪泛区环境系统的边界由洪泛区边界决定,洪泛区淹没面积的动态性也体现着河流—洪泛区环境系统边界的时间异质性,这在环境系统的时间异质性特征中表现突出。

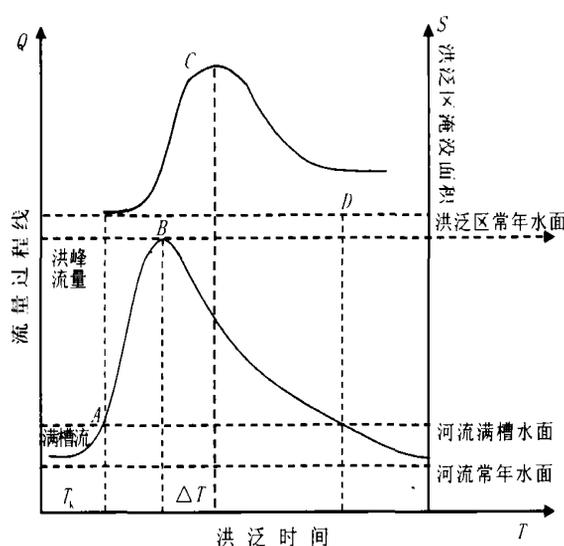


图 3 洪泛区淹没面积动态变化与洪泛作用关系

3 河流—洪泛区环境系统的开放性

河流—洪泛区环境系统的开放性指其具有的能够与外界环境进行交换的属性。河道是一个处于动态平衡条件下的开放系统,与其周围地区的环境要素如河漫滩植被、土壤、地下水、湖泊等构成一个处于动态平衡条件下的开放系统^[16]。河流与洪泛区在很多方面与邻近系统发生包括物质和能量在内的各种联系^[17-18]。河流—洪泛区环境系统与其它系统间(自然系统、社会经济系统)发生物质能量和信息的交换,例如系统在影响因子中的气候和水文系统制约下,发生洪水的洪泛作用并影响区域气候和水文系统,系统为人类社会经济系统提供资源效益并受到人类活动的强烈影响。开放性是一切自然生态系统和环境系统的共同特征,自然界中封闭的生态环境系统非常罕见,更不存在孤立的系统。正是由于系统的开放性,使得系统的本身的结构和功能得到不断的发生和发展,开放性决定了系统的动态和变化,为系统提供了

不断发展的可能^[19-20]。不同的河流—洪泛区环境系统的开放程度不完全一致,就自然过程而言,洪泛作用强烈的河流—洪泛区环境系统的生物地球化学循环开放度较高,相对贫营养的凸起泥炭地由于较少受到洪泛作用而且仅只有极少量的气态物质与周围大气之间进行物质交换,其生物地球化学循环的开放度很低。

河流—洪泛区环境系统的开放性相对于人类活动来讲表现得尤为突出。河流水资源丰富,洪泛区地势平坦且土质肥沃,两者组成的环境系统生物多样性丰富,生产力水平较高,吸引人类由早期“择高地而居”到傍河而居,呈现出面对人类干扰的高度开放性。人类生产生活由躲避洪水到采取措施防御洪水在洪泛区内不断繁衍,社会经济不断发展的过程,就是对河流—洪泛区环境系统开放性的高度利用的过程。

4 河流—洪泛区环境系统的复杂性

河流—洪泛区环境系统的影响因素众多,各影响因素之间相互关联,且表现形式非单一,作用方式呈现非线性,致使环境系统的结构和功能及其相互关系复杂多样。河流—洪泛区环境系统的维系主要取决于洪泛作用,而洪泛过程即洪水发生过程具有随机性和不确定性,因此河流—洪泛区环境系统也具有不确定性,包括随机性、灰色性、模糊性和混沌性等,主要体现在环境系统结构和功能的复杂性与非单一性、环境系统边界的不确定性和动态变化性、环境系统内自然因素和社会经济因素的复杂耦合性及耦合机制的难以描述性和耦合结果的难以预测性等方面。

河流—洪泛区环境系统复杂性的一个体现是环境系统对输入的非线性响应特征,系统的输出特征不是输入特征的线性叠加响应。洪泛过程中相同强度的洪水在不同地域及同一地域的不同时间阶段,由于时空尺度上自然背景因素不同、土地利用方式的差异、社会经济发展水平的差异等,洪泛作用与其所产生的生态环境与资源环境效应构成非线性函数关系。即使在特定的时空尺度范围内,在相同的自然背景因素和土地利用方式、社会经济发展水平下,由于河流洪泛区环境系统各子系统间的相互关联和制约,产生的系统功能及受洪水过程的影响结果也会呈现出非线性的特征,洪泛过程的影响不一定与系统的输入参数如降雨量和降雨强度之间存在线性相关关系。尤其人类活动对河流—洪泛区环境系统的影响巨大,建坝、修库、筑堤、疏干洪泛湿地等人类控制和干扰活动增加了环境系统的复杂性,人类活动对环境系统的正面和负面影响往往具有不可预测性。

5 河流—洪泛区环境系统的脆弱性

环境系统是具有一定自我调节能力的系统,对于外界影响具有一定的抗干扰能力,在一定程度上有自我恢复的能力,呈现出环境系统的稳定性。但是环境系统的稳定性都是相对的,系统处于绝对的动态变化中并具有有限的调节能力,在自然干扰和人为干扰强度超过环境系统的自我调节能力时,环境系统呈现出脆弱性的一面。

自然状态下,河流—洪泛区环境系统的结构和功能的维系与加强主要受制于河流水文水动力条件,由于水文水动力条件具有相对变化性和不稳定性,导致水陆交错带的受力方式和强度及侵蚀和堆积的平衡具有变化性和不稳定性^[21],使河流—洪泛区环境系统成为一种典型的生态脆弱带。

河流—洪泛区环境系统呈现出明显的脆弱性,对自然和人类活动的干扰反映强烈。一方面环境系统对自然环境变化的敏感性强,系统完整性的维系最主要的是取决于洪泛作用,而洪泛作用受制于水文系统和气候系统的波动变化具有很大的不稳定性,致使系统的完整性容易遭受自然侵害;另一方面河流—洪泛区环境系统因其资源丰富和高生产力而容易吸引非理性的人类开发利用活动,环境系统容易遭受人类活动导致的损伤。从大的生态环境系统的多样性和稳定性来讲,在空间范围内洪泛干扰机制具有复杂分异的洪泛区其生物多样性丰富,系统的稳定性也较高,相应的河流—洪泛区环境系统的面积较大^[22],环境系统对外界的开放性也较强,人类活动也容易在此发生发展。

河流—洪泛区环境系统是对全球变化和人类活动影响非常敏感的环境系统之一。我国的河流—洪泛区环境系统已经受到特别是来自人类活动的严重干扰,经济利益驱动下的人类活动诸如筑堤束水、修坝建库、疏干湿地、城市化、农业活动等,都在不同程度上增多和加快了河流—洪泛区环境系统的受干扰类型和受干扰频率,或加大了自然节律下河流—洪泛区环境系统的受干扰程度。造成河流水文系统紊乱,水文情势的可预测性下降,天然洪泛区尤其是洪泛湿地丧失,环境系统受到污染和破坏,系统可能变化的方向和量值不确定化和复杂化。在我国,随着人口增加和社会经济的发展,人类活动对河流—洪泛区环境系统的干扰越来越严重,不仅破坏和改变了河流—洪泛区环境系统的结构和功能,同时增大了洪泛区内社会经济发展遭受洪泛作用而成灾的风险性。

[参 考 文 献]

- [1] 许国志. 系统科学[M]. 上海:上海科技教育出版社, 2000. 17—29.
- [2] 翟金良,何岩,邓伟. 洪泛作用与洪泛区可持续发展[J]. 中国人口 资源与环境, 2000, 10(专刊):46—48.
- [3] Galat D L, Robinson J W, Hesse L W. Restoring aquatic resources to the lower Missouri river: issues and initiatives. in: David L. Galat, Ann G. Frazier, eds. Overview of River-floodplain Ecology in the Upper Missisipi River Basin, Volume 3 of Kelmelis, J A, ed. Science for Floodplain Management into the 21st Century: Washington D. C., U. S[M]. Government Printing Office, 1996:49—71.
- [4] Reice S R. Nonequilibrium determinants of biological community structure[J]. American Scientist, 1994, 82:424—435.
- [5] Missouri Department of Conservation. The Effect of Flooding on trees [J]. Missouri Forest Management Notes, 1993, 5(3):1—2.
- [6] Mitsch W J, Gosselink J G, Wetlands, Van Nostrand [M]. Reinhold Company Inc, 1986. 55—87.
- [7] Hook D D. Waterlogging Tolerance of Lowland Tree Species of the South [J]. Journal of Applied Forestry. 1984, 8(3):136—149.
- [8] Duncan R P. Flood disturbance and the coexistence of species in a lowland podocarp forest, South Westland, New Zealand[J]. Journal of Ecology, 1993, 81:403—416.
- [9] Ward J V. Riverine landscapes: biodiversity patterns, disturbance regimes, and aquatic conservation [J]. Biological Conservation, 1998, 83:269—278.
- [10] Tabacchi E, Planty-Tabachi A M, Salinas M J, et al. Landscape structure and diversity in riparian plant communities: a longitudinal comparative study[J]. Regulated. Rivers: Research and Management, 1996, 12:391—413.
- [11] Bayley P B. Understanding large river-floodplain ecosystems[J]. Bioscience, 1995, 45:153—158.
- [12] Tockner K, Schiemer F, Ward J V. Conservation by restoration: the management concept for a river-floodplain system on the Danube River in Austria[J]. Aquatic Conservation, 1998, 8:71—86.
- [13] Ward J V, Stanford J A. The intermediate-disturbance hypothesis: an explanation for biotic diversity patterns in lotic ecosystems. In: Fontaine, T. D. and Bartell, S. M. (eds). Dynamics of lotic ecosystems[M]. Ann Arbor science publishers, Ann Arbor M I, 1983. 347—356.
- [14] Manuel C, Molles J R, Clifford S, et al. Managed Flooding for riparian ecosystem restoration [J]. Bioscience, 1998, 48(9):749—756.
- [15] Harvey B C. Susceptibility of young-of-the year fishes to downstream displacement by flooding[J]. Transactions of the American Fisheries Society, 1987, 116:851—855.
- [16] 许炯心, 龚国元. 人类活动对河流及其环境的影响, 《地貌过程与环境》, 中国地理学会地貌与第四纪专业委员会编[M]. 北京:地震出版社, 1993. 1—9.
- [17] Pearson S M. Landscape-level processes and wetland conservation in the southern Appalachian Mountains [J]. Water, Air & Soil Pollution. 1994, 3:321—332.
- [18] Champion M. Ontario wetlands: an evaluation of adjacent lands[J]. Global Biodiversity, 1995, 4:12—14.
- [19] 汤兵勇, 姜海涛, 任建, 等. 环境系统工程方法[M]. 北京:中国环境科学出版社, 1990. 5—6.
- [20] 蔡晓明. 生态系统生态学[M]. 北京:科学出版社, 2000. 28—31.
- [21] 黄锡畴. 沼泽生态系统的性质, 见:陈宜瑜主编, 中国湿地研究[M]. 长春:吉林科学技术出版社, 1995. 15—23.
- [22] Ward J V, Tockner K, Schiemer F. Biodiversity of floodplain river ecosystems: ecotones and connectivity [J]. Regulated. Rivers: Research & Management. 1999, 15:125—139.