

流域湿地景观空间梯度格局及其影响因素分析

刘红玉¹, 李兆富^{2,3}

(1. 南京师范大学地理科学学院, 南京 210097; 2. 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008; 3. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要:景观空间格局研究是景观生态学的核心研究内容之一。吸取一般景观生态学的空间思想和实际工作积累, 从流域尺度, 研究湿地景观基本空间梯度格局及其影响因素。研究表明, 流域中湿地景观具有特殊的纵向梯度、横向梯度和景观内部结构特征, 它们构成了流域湿地景观空间结构的主体, 在维护流域整体景观结构和生态功能方面发挥重要作用。自然和人为因素都会影响流域湿地景观的空间梯度格局, 但自然因素主要影响湿地景观内部结构的复杂性, 而人为因素对流域湿地景观纵向梯度、横向梯度的连续性和内部结构的多样性均产生重要影响。

关键词:流域; 湿地景观; 空间梯度格局; 影响因素

文章编号: 1000-0933(2006)01-0213-08 中图分类号: P941.78, Q149 文献标识码: A

Spatial gradients of wetland landscape and their influential factors in watershed

LIU Hong-Yu¹, LI Zhao-Fu^{2,3} (1. College of Geography, Nanjing Normal University, Nanjing, 21009, China; 2. Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China; 3. Graduate school of Chinese Academy of Science, Beijing 100039, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(1): 213 ~ 220.

Abstract: Landscape spatial pattern is an important focus of research in landscape ecology. Much attention has been paid to research on patch and corridor structure for certain land use types at the local or regional scale as opposed to the spatial gradient for one natural land cover type at the watershed scale. In particular spatial gradients for wetland landscape at the watershed scale have not yet been studied. Wetlands are unique among watershed environments because they are terrestrial habitats with strong effects on and strongly affected by aquatic environments. This paper primarily addresses the particular spatial gradients of the wetland landscape within a whole watershed, based on the common spatial principles of landscape ecology and some recent practical research. Results show that the landscape pattern of wetland types within a watershed is controlled by the gradient in topography and hydrological regime. It exhibits gradient features in three aspects: the longitudinal gradient from the headwaters to the mouth of rivers, the transverse gradient considered as a cross section of the floodplain, and the internal structure as species assimilation or heterization within a patch, or the ecosystem composition in patches of landscape. The complexity and continuity of the wetland landscape in the longitudinal gradient, the transverse gradient and the internal structure within the watershed play a significant role in reducing downstream flooding, preventing erosion, maintaining channel stability and water quality, as well as providing corridors for species movement and habitats for some endangered and threatened species. However, both natural factors and human activities can affect the overall pattern of wetland gradient in a watershed. The rate of changes are determined largely by more recent human impacts such as land reclamation, river channelization, and dam construction, which have significant impacts on the longitudinal and transverse gradients and the internal structure of wetlands landscape within a watershed whereas natural factors such as dynamic channel changes and flooding only affect the internal structure of the wetland landscape.

Key words: wetland landscape; spatial gradient; influential factor; watershed

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40471003)

收稿日期:2005-04-02; **修订日期:**2005-10-17

作者简介:刘红玉(1963~), 博士, 教授, 主要从事湿地景观变化与环境效应研究. E-mail: liuhongyu@njnu.edu.cn

Foundation item: National Natural Science Foundation of China (No. 40471003)

Received date: 2005-04-02; **Accepted date:** 2005-10-17

Biography: LIU Hong-Yu, Ph.D., Professor, mainly engaged in wetland landscape and environmental effects. E-mail: liuhongyu@njnu.edu.cn

近年来,国际上生态研究的焦点开始关注区域即所谓的“景观生态”研究。多种近期出版的刊物和书籍也都把生物与非生物之间的相互作用与他们的空间组织联系在一起,景观空间结构研究越来越成为研究的基础和主要内容^[1-3]。但许多研究重视地方或区域尺度的土地利用/覆被类型之间斑块、廊带或基质的空间结构研究^[4-6],而很少关注景观类型的空间梯度格局问题,尤其对流域尺度以湿地景观为研究对象的空间梯度格局研究更少。虽然国外早在 20 世纪 80 年代开始涉及环境梯度问题研究,但研究河岸景观梯度和景观内部结构特征较多^[7-10],而从完整的流域尺度研究景观空间梯度格局尚属少见。

从流域整体空间尺度分析,湿地景观具有特殊的空间梯度特征。因为流域本身是以河流为中心被分水岭所包围的完整的自然地理区域。流域中的湿地景观受控于河流水系的空间梯度影响而具有特殊的空间梯度结构和功能,而且流域中湿地景观的空间梯度格局控制空间过程,空间过程也影响空间结构,并形成一个完整的辩证统一系统关系^[11]。流域中的湿地景观由于受水陆相互作用和人为影响而是动态变化和发展的。这种过程不仅受空间上湿地景观分布的地理位置或空间布局的影响,而且也受流域内地形地貌的影响^[12,13]。近年来,人类更是通过一系列土地利用活动改变流域内水系和土壤条件,从而影响整个流域湿地景观空间梯度格局和整体生态功能^[14,15]。为此科学阐述流域中原有湿地景观的基本特点、空间梯度格局及其影响因素,对认识湿地景观格局发生、发展和变化过程,保护和恢复流域内湿地景观结构和功能的完整性具有重要意义。

本文从流域整体尺度,吸取一般景观生态学的空间思想和多年的实际应用研究体会,归纳总结流域中湿地景观基本空间格局问题,同时也考虑广义上的自然地理问题。

1 流域湿地景观基本特点

景观生态学是从许多传统的科学哲学体系中(存在论和认识论)提取的精华,它更多强调的是认识论和系统论问题^[7]。著名的景观生态学家 Forman 和 Godron 引用许多有关地理方面研究工作作为这门空间科学的基础,产生了广泛而深刻的影响^[3]。自此,景观研究工作逐渐在地理学和生态学领域广泛开展起来。然而,如何选择合适的地理空间尺度解决景观生态问题是地理学家最为关注的核心问题之一^[16,17]。流域尺度作为完整的自然地理单元,在充分体现了系统论思想基础上而成为研究自然景观系统的最佳空间尺度。

湿地景观在流域中是非常独特的景观系统。由于它作为陆地生境强烈地影响水生环境,同时也被水生环境影响^[18,19]。流域中湿地景观具有特殊的空间组合,并在不同的区域,其结构和功能表现出多样性^[7]。

陆地和水生系统之间的联系是流域湿地景观中最明显的,也是最重要的因素。Brown 等最先研究流域中河岸带包括大部分湿地景观。他定义湿地景观由于接近水生生态系统或地表水具有较高的水位而表现为介于水生和高地生态系统间的生态带(Ecotone)^[20]。Forman 和 Godron 则把流域中的河岸带景观作为廊带(Corridor)而不是生态带进行研究。实际上,流域中的湿地景观在小尺度上是一种生态带,但在流域尺度上则表现为两个生态带:水域(河流)和水-陆过渡生态带。流域中湿地的生态带特征是变化的,其变化速度很大程度上是由于河流所处的地形梯度和水文情势之间的相互作用决定的^[7]。所以同一般区域相比,流域中湿地景观具有以下特点:

(1)整体性和关联性 流域内湿地景观虽然或沿河岸分布、或分布于低洼部位,但它们之间相互影响、相互作用极为紧密,在流域上、中下游,干支流之间相互制约形成一个整体性强、关联度高的景观系统。这些湿地景观在流域中是直接或间接与水体相连的水-陆过渡地带,无论在结构还是功能方面都与流域水文相互作用,成为流域中重要的自然资源和生态系统,对维护整个流域的生态平衡发挥巨大作用。

(2)差异性和多样性 流域尤其是大的流域,由于地域跨度大(如长江流域)构成横向纬度带和纵向经度带。上中下游和干支流在自然条件、湿地资源类型、地理位置、经济技术基础和历史背景等方面均表现出湿地景观结构和功能的差异性和多样性。流域中河流中下游区域常常是湿地资源和生物多样性丰富区域,是人类生存发展的源地。所以湿地受自然和人类活动影响更大,景观结构和功能改变更大。

(3)层次性和网络性 流域是一个多层次的网络系统,由多级干支流组成。一个流域可以划分为许多小流域。由于湿地形成的非地带性和与水之间的直接或间接关系,不同层次流域形成的湿地景观和生态系统,

在空间分布和结构功能上具有相互制约的网络关系。

(4)开放性和耗散性 流域是一种开放型的耗散结构系统^[21],内部各湿地子系统间相互协同配合,同时系统内外进行大量的物质交换,具有很大的协同力,形成一个完整的耗散型生态巨系统。

2 流域湿地景观梯度特征

湿地景观在流域中由于位于高地和水体之间的特殊空间位置具有明显的梯度结构特征。这种景观梯度特征是指由于环境梯度(主要是地形的高度梯度和水分的湿度梯度)导致的景观类型的梯度差异。高度梯度是指从河源区域到河口区域高度逐渐变低。随着高度梯度的变化,水文条件(主要是水深或含水量变化)不断改变,从而对湿地景观类型产生影响。一般湿度梯度随高度梯度的降低而加大,湿地景观梯度表现为从高到低或从干到湿景观类型发生分异。随着地形高度降低或湿度增加,湿地景观表现为从木本湿地到禾草型湿地到苔草(莎草)沼泽湿地的梯度变化。而对于每一种湿地景观类型又可以表现为生态系统和群落尺度上类型的进一步更为细致的梯度分异规律^[7,11]。

湿地在流域中的梯度特征主要表现在两个方面:纵向梯度和横向梯度。纵向梯度具有从第一级河流到高级河流河口区域地理位置变化而表现的景观类型梯度差异。不同景观类型是自然环境与生物相互作用产生的环境梯度决定的^[7]。沿着该梯度水文条件发生变化,河流从急到缓,水量从小到大并与地质地貌变化相吻合。该变化还体现为从侵蚀到沉积的变化。横向梯度是垂直于河道的位置变化而表现的景观类型差异。它存在于景观或群落之中,是水文情势变化的响应。景观或群落梯度的差异与环境变量有关,不同的水文情势创造不同的条件,这些条件为物种生长和建立提供合适的生态条件。

基于上述湿地景观在流域中的梯度特征,将流域湿地景观空间梯度格局分成3种类型加以研究。一种是从河源到河口的纵向梯度格局,一种是表示洪泛平原横向特征与河流垂直的横向梯度格局,还有一种是表示景观斑块体内部结构特征的景观内部格局。这些结构特征都通过植被类型的梯度特征表现出来。

2.1 流域湿地景观纵向梯度格局

河流作为一种湿地景观类型,在流域中呈现出连续的线状廊道纵向结构特征。河流从源头到下游河口表现出明显的纵向梯度结构。从河流支流与主流的空间构成分析,河流表现出网状、辫状、线状等不同空间格局特征。在湿地分布比较丰富的流域,其水系空间格局比较简单。一般表现两种类型。一种是由平原和山区组成的流域,湿地常常分布在流域中下游的集水区域。河流上游来自于山区,短小而直,支流众多并汇集在中下游的平原区域形成比较明显的空间梯度格局。平原中的河流少而弯曲,进入湿地的河流没有明显的河道,丰水期河道辫状发展,而枯水期河流往往断流。另一种是仅由平原组成的流域。在该流域中,由于湿地极其发育,地形比较平缓,河流的空间梯度结构比较简单,河道不明显并且非常弯曲,常常支流很少^[15]。

伴随着河流水系的线状纵向空间分布格局,决定了紧邻河流的湿地常常呈现出沿河流走向连续带状分布的廊带特征。在河流上游,由于地形控制,宽谷区域湿地廊带较宽,窄谷决定了廊带较窄。而在河流中下游地势平坦区域,湿地连片分布,带状不很明显,如图1所示。

在流域中,湿地景观沿着从河源到河口纵向廊带中的地形梯度和湿度梯度变化表现出明显的景观类型梯度差异。它们构成了流域中湿地景观类型的纵向主体结构特征。当然这种湿地景观梯度由于受河岸湿地廊带宽度和长度连续性的影响有时并不连续。如构成三江平原挠力河流域纵向梯度结构特征的湿地景观从河源到河口,随着地形梯度降低和湿度梯度增加依次表现为:灌丛湿地,小叶章-沼柳湿地,小叶章-苔草湿地,小叶章-芦苇湿地,毛果苔草-芦苇沼泽,甜茅沼泽,毛果苔草和漂筏苔草沼泽的梯度变化。构成别拉洪河流域纵向梯度结构特征的湿地景观依次为小叶章-杂类草湿地,小叶章-苔草湿地,毛果苔草-芦苇沼泽,毛果苔草沼泽和毛果苔草-漂筏苔草沼泽等。由于该流域地形梯度和湿度梯度特征不明显而表现为湿地景观的纵向梯度结构比较简单的特征^[11]。流域内湿地景观纵向梯度格局的连续性、完整性和复杂性是非常重要的,尤其在减轻流域下游洪涝灾害,防止河道侵蚀,维持河道稳定性,保持良好的河流水质以及提供野生动物迁移通道和维持生境类型多样性等方面发挥重要作用^[22]。

2.2 流域湿地景观横向梯度格局

流域湿地景观横向梯度格局是指垂直于河道的横向景观单元的空间梯度构成特征。它不同于生态交错带的概念。生态交错带通常指有横向水流动形成的水陆过渡地带,而湿地景观横向梯度范围更广些,通常指下游从流域边缘到河道区域有时不连续的景观梯度分布范围。在这范围中,由于流域内地形的梯度差异,从而使湿地景观在横向表现出类型梯度差异的规律性。一般从高地到河道水体,湿地景观类型发生分异,通常表现为从木本林沼湿地到灌丛湿地向草本湿地类型过渡的空间格局。当然不同的地形变化是控制湿地景观横向结构类型差异的基本因素,也影响了湿地景观类型的横向复杂性(图2)^[7]。

如构成挠力河流域横向梯度格局特征的湿地景观主要为小叶章湿地,毛果苔草沼泽和漂筏苔草沼泽。别拉洪河流域为毛果苔草沼泽,毛果苔草-漂筏苔草沼泽和小叶章-沼柳湿地。景观类型的横向梯度差异主要是地形和湿度梯度差异决定的^[11]。

2.3 流域湿地景观内部结构

景观是异质性的,包括各种类型的斑块体。斑块内物种的集聚和分异构成了景观的内部结构,即景观斑块的生态系统构成。由于生态系统的发育受控于洪泛平原内的环境梯度,主要是水体、洪水和土壤湿度,并且这三要素是相互关联的。水体创造了河、湖岸带的地形,地形又直接控制洪水,而洪水频率和持续期限限制了生态系统中植被类型的发育和空间分布。低的地方洪水频率高和持续期长并能维持较高的水位,生长耐水淹的植物类型。高的部位洪水频率低,持续期短,地下水位相对浅些,生长季节性积水的湿地植物。在宽广的洪泛平原内,这些不同可能同时发生在1m或小于1m的地形变化范围内。从而使景观系统的内部结构和生态系统呈现复杂多样性特征。图3显示了三江平原地区,由于河流冲积作用,在宽广的高低河漫滩及河流阶地上形成了数目繁多的迂回扇等微地貌类型,它们构成了与周围斑块体景观类型不同的生境类型,是景观内部结构的典型例子。通常高低河漫滩形成的景观类型为湿草甸和沼泽湿地景观,而内部迂回扇上,由于其高度梯度和湿度梯度与周围的差异,形成的是岛状林湿地景观(图3)。

一般,小的镶嵌体(微地貌类型)的相对丰富性和配置决定了流域中湿地景观内部结构的异质性。通常,流域中微地貌类型的多样性受控于流域水文情势变化的大小。水文情势变化大的流域虽然产生的湿地景观类型多样性高,但景观内部生态系统和群落类型多样性低;相反,水文情势变化小、湿度梯度特征不明显的流域,虽然景观类型多样性低但景观内部结构多样性较高^[11]。

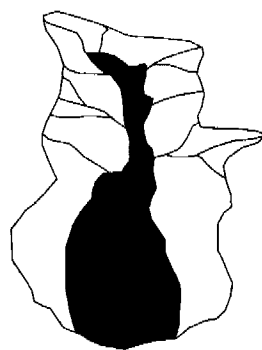


图1 流域湿地景观纵向结构示意图

Fig.1 Longitudinal structure of wetland landscape in a watershed



图2 流域湿地景观的横向结构示意图^[7]

Fig.2 Transverse structure of wetland landscape in a watershed^[7]



低河漫滩 Low flood plain
高河漫滩 High flood plain
河流 River
河流阶地 River terrace
迂回扇 Fan

图3 三江平原湿地景观内部结构的地貌构成

Fig.3 Geomorphologic composition in the internal structure of wetland landscape in a watershed

3 流域湿地景观梯度格局主要影响因素分析

3.1 自然影响因素

3.1.1 地形和水文条件影响 流域中湿地景观在纵向和横向格局表现的梯度特征是比较普遍存在的现象,但这种景观梯度特征的复杂性在不同流域中存在很大差异。这主要是由于流域地形特征及其决定的水文条件差异,创造了流域内湿地景观类型及其梯度特征的差异。如控制三江平原挠力河流域的主体地形为上游为中低山区域,中下游为平原区域,地形梯度变化明显,表现为水文情势变化大的特征。尤其下游水量大,形成的湿地景观类型主要是沼泽湿地景观,且景观类型组成比较丰富,梯度特征比较明显。而别拉洪河流域由于地形梯度特征不明显,河流在上游是由洼地连接而成,到中下游才积水汇集成河流,且水流极其缓慢,水量主要靠大气降水补给而表现为水文情势变化小的特征,因而形成的湿地景观类型少,梯度特征不明显。

3.1.2 河流冲积动态、洪水和土壤湿度影响 流域中湿地景观纵向和横向梯度格局构成了流域湿地景观的主体空间结构,这种空间结构主要受控于流域主体地形和水文条件影响而不易发生变化。但流域中湿地景观内部结构由于对微地貌类型和湿度梯度差异反映敏感而易于变化。所以国内外研究的重点主要集中在环境梯度对景观内部结构影响方面。流域内地形和湿度梯度变化主要与河流冲积动态、洪水和土壤湿度极其相关,并且这三要素之间也相互联系^[6]。

(1)河道动态变化 河道动态是流域中最明显影响湿地景观内部结构变化的自然干扰过程。在容易变化的冲积性河流洪泛平原区域,河道动态对湿地景观内部结构的影响研究是最为普遍的^[23,24]。河道的这种空间变化对景观生态研究也是非常重要的。尤其通过对地表形态结构中的动态和非动态的冲积堤坝、脊状沙坝、点状沙坝和废弃的河道等不同地貌类型中物种构成的详细研究,探讨河道动态、洪泛、沉积和植被的关系是非常重要的工作。

Decamps 等研究了法国 Garonne River 河岸湿地景观的内部结构。他们研究了一个河岸森林动态模型,讨论了河岸带湿地由于经常遭受重复的洪水、侵蚀和沉积而发生周期性的动态变化。但在较高阶地上,洪水循环被破坏,动态是不可逆的,自然变化发挥主导作用。他们还注意到了人类活动通过调整水流量而增加了河岸土地利用的比率^[25]。该研究从景观的角度为河岸带湿地景观内部结构研究树立了典范。

植被类型形成过程与干扰或某种形式的演替有关。演替是物种构成的直接变化,它受自然或非自然过程控制。如果过程发生了变化,物种构成也在速度和方向方面发生变化^[26,27]。河岸区域的大多数植被演替是由于河道动态产生的新的陆地引起的。这些新产生的陆地包括两种:河道沉积区域如河道中间的沙洲、沙坝和老的阶地;另一种是废弃的河道。河道动态中的地质地貌过程创造了众多微地貌类型,形成丰富多样的湿地景观内部结构。对物种多样性的发生发展产生重要作用。河流过程可以产生新的陆地从而创造了适合某物种的小生境。河岸环境中地质和地貌过程的关系创造了河道的组合、洪泛平原、废弃河道和侵蚀沉积地点。河岸动态和区域气候因素是影响河岸植物群落稳定性的两个主要因素。

(2)洪泛过程影响 由洪泛引起的河道两岸水的侧向流动是洪泛平原的主要现象。许多研究表明流域内河岸区域森林湿地内部结构与洪水频率、周期和洪泛的季节相关。这是因为洪水作为输入物质直接与土壤湿度和水位深度相关联^[28]。Barnes 发现草本物种的分布与流域湿地位于的地形高度极其相关,并推导出洪水频率和流量对其产生的影响^[29]。

(3)湿度梯度变化 由于流域包括从高地区域到低地湿润饱和区域(通常是季节性的)的地理分布范围,研究潮湿条件非常重要。在高的地方,植物物种必须具备适应季节性湿润的能力,并且在干旱季节也能生存。在低的湿度饱和度大的地方,限制因素是缺氧,所以只有能够忍受缺氧条件的物种能够生存。这种条件变化范围提供了一个能使物种分离的环境梯度。最初由于地形条件影响产生的土壤湿度条件的不同,产生洪泛平原中复杂的植被-环境关系空间格局。大多数土壤湿度研究关注湿地本身所处的条件。在研究流域湿地植物群落时,湿润程度与植被格局极其相关,物种在低的河漫滩和高河漫滩地形位置之间的不同是由于土壤湿度不同引起的。合适的土壤持水能力及其它与湿度压力相关的变量可以预测植物生长的区域和覆盖类型^[26]。

植物群落梯度变化与土壤湿度相关联,土壤湿度是决定性的梯度条件^[30]。

3.2 人为影响因素

人类活动主要通过水利工程建设和土地开发活动,改变原有流域地形、水文和洪泛过程而使湿地景观梯度格局发生重要变化。

3.2.1 水利工程影响 水坝、沟渠和防洪堤是流域中湿地植被受到破坏的主要水利因素。早在 20 世纪 80 年代初,世界各地开展了很多有关水坝对下游河岸湿地植被影响的研究工作^[31,32],得出的基本结论是,水坝建设使河道动态变化减少,从而使土壤湿度减少;水文周期改变使河岸湿地景观内部结构发生变化。这种变化主要是由于水坝建设,减少了曲流和沉积物质的沉降,从而带来微地貌类型多样性变化,并造成群落类型简单和物种多样性减少。

水库建设也是一个直接影响河岸区域和洪泛平原的主要因素。Fieshman 和 Kaufman 研究了水库建设后果之一是使洪泛平原的洪泛频次降低,从而使流域内河岸生境类型减少。在水库控制下,河流流量发生变化,流量减少,洪峰和低流量期减少^[33]。这种在流量格局方面的变化对流域湿地景观梯度格局有显著的影响。

另外,河流渠道化对流域内湿地景观内部结构影响较大。河道变直的结果是增加了水力,河流内切产生更深的河道。这种影响在美国中西部很普遍,其中最显著的是使洪泛平原中较高阶地上的植被永远不再被洪水影响。许多研究证明渠道化通过改变河流进出湿地中的蓄水量,减少了流量天数和溢岸洪水进入河岸湿地的水量和营养物质而使湿地植物群落发生植被演替^[14]。可见,人类活动带来的水坝建设和河流渠道化是通过改变河道动态变化过程和泛洪的频率、周期和水位而改变了流域内湿地景观分布的宽度、植物构成,从而改变了原有湿地景观梯度格局。

3.2.2 人类土地开发活动的影响 人类通过土地开发利用活动改变流域内土地覆被类型,从而使流域湿地景观格局发生显著变化。20 世纪以来,土地利用/覆被变化更加加速了湿地景观转化为人文景观的速度,从而对流域湿地景观纵向、横向以及内部结构产生严重影响^[34-36]。尤其是人类土地开发活动带来的湿地丧失和景观破碎化对景观结构改变更大,往往使连续完整的梯度格局变化为间断、分布零散的格局,从而严重削弱了原有的湿地景观生态功能。著名的三江平原就是典型的案例。在短短的半个世纪土地开发活动中,各流域湿地面积丧失 70% 以上,湿地景观严重破碎化,景观纵向、横向梯度格局的连续性受到严重破坏,景观内部多样性显著减少^[34]。在美国和在欧洲,这样的例子相当多,带来的生态损失是无法计算的。

4 结语

流域本身是以河流为中心被分水岭所包围的完整的自然地理区域。流域中湿地景观受控于地形和水文情势的梯度影响而呈现出一定的空间分异规律,主要表现在湿地景观纵向梯度格局,横向梯度格局和景观内部结构等方面。其中湿地景观纵向和横向梯度格局构成了流域内湿地景观的主体结构特征,而景观内部结构是流域湿地景观多样性的体现。流域湿地景观空间梯度格局变化主要来自河道动态变化、土壤湿度和洪泛过程的自然干扰和水库、水坝及土地开发等人为活动的影响。自然干扰过程主要对洪泛平原中湿地景观内部结构产生影响,而人类活动对流域湿地景观的纵向、横向及内部结构均产生巨大影响。其中最为显著的影响是改变了流域湿地原有景观梯度格局的连续性和复杂性,从而严重影响湿地景观结构和功能的完整性。

近年来,国内外湿地景观保护和恢复工作逐渐开展起来,国家和政府部门越来越认识到恢复一定数量和质量湿地景观的重要意义,也在某些典型区域相继开展了小范围的湿地景观恢复工作^[37-39]。未来几十年,从更大的区域,尤其是流域尺度对湿地进行保护和恢复必然成为重点,而恢复流域湿地景观纵向、横向梯度格局的连续性和完整性以及景观内部结构的复杂多样性是最为关键任务之一。也只有这样,才能真正达到保护和恢复湿地景观生态功能的目的。

References:

- [1] Fu B J, Chen L D, Ma K M, et al. Principle And Application Of Landscape Ecology, Beijing: Science Press, 2001. 126 ~ 130.

- [2] Wu J G. Landscape Ecology-pattern, Process, Scale and Hierarchy. Beijing: Higher Education Press, 2000. 19 ~ 34.
- [3] Forman R T T and Godron M. Landscape Ecology. New York: Wiley & Sons, 1986. 28 ~ 89.
- [4] Wang X L, Bu R C, Hu Y M, *et al.* The analysis of landscape fragmentation in Liaohe Delta. In: Xiao D N. Progress on Landscape Ecology. Changsha. HunanScientific &Technological Press, 1999. 176 ~ 182.
- [5] Bowers M A, Gregario K, Brame C J, *et al.* Use of space and habitats by meadow voles at the home range, patch and landscape scale. *Oecologia*, 105: 107 ~ 115.
- [6] Ding S Y, Liang G F. Landscape pattern change of regional river in Henan Province in the wetland along the Yellow last two decades. *Acta Geographica Sinica*, 2004, 59(5):653 ~ 661.
- [7] George P. Malanson. Riparian Landscapes. Cambridge: Cambridge University Press, 1993. 38 ~ 130.
- [8] Hughes F M R. The influence of flooding regimes on forest distribution and composition in the Tana River floodplain, Kenya. *Journal of Applied Ecology*, 1990, 27:475 ~ 491.
- [9] Keddy P A. Plant zonation on lakeshores in Nova Scotia: a test of the resource specialization hypothesis. *Journal of Ecology*, 1984, 27:797 ~ 808.
- [10] Zhang J C, Peng B Z. A study on riparian area and its ecological rehabilitation. *Geographical Research*, 2002, 21(3):373 ~ 383.
- [11] Liu H Y, Zhang S K, Lu X G. Wetland landscape structure and the spatial-temporal changes in 50 years in the Sanjiang Plain. *Acta Geographica Sinica*, 2004, 59(3):391 ~ 400.
- [12] Liu H Y, Lu X G, Zhang S K. landscape biodiversity of wetlands and their changes in 50 years in watersheds of the Sanjiang Plain. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(7) 1472 ~ 1479.
- [13] Marston, R. A. Channel morphology and dynamics as applied to riparian system. In: S. Anderson, *et al.* Proceedings of the Riparian Workshop. Wyoming Cooperative Fish and Wildlife Research Unit, Laramie, 1991. 15 ~ 23.
- [14] Wilcock D N and Essery C I. Environmental impacts of channelization on the river Main, County Antrim, Northern Ireland. *Journal of Environmental Management*, 1991. 32:127 ~ 43.
- [15] Liu X T, Ma X H. Natural Environmental Changes and Ecological Protection in the Sanjiang Plain. Beijing: Science Press, 2002. 165 ~ 183.
- [16] Liu H Y, Zhang S K, Lu X G. Processes of wetland landscape changes in Naoli River Basin since 1980s. *Journal of Natural Resources*, 2002, 17(6):677 ~ 682.
- [17] Chen K J, Wang X L. Space pattern of wetland landscape of Four-lake area in Jiangnan Plain based on the impact of human activities. *Resources and Environment in the Yangtze basin*, 2002, 11(3):219 ~ 223.
- [18] Yin C Q. The ecological function, protection and utilization of land/inland water ecotones. *Acta Ecologica Sinica*, 1995, 15(3): 331 ~ 335.
- [19] Risser P C. The ecological importance of land-water ecotones. In: R.J. Naiman and H. Decamps, eds. *The Ecology and Management of Aquatic-Terrestrial Ecotones*. Man and the Biosphere Series, Vol.4 UNESCO, Paris, 1990. 7 ~ 21.
- [20] Brown S, Brinson M M and Lugo A E. Structure and function of riparian wetlands. In R.R. Johnson and J.F. McCormick eds. *Strategies for Protection and Management of Floodplain Wetlands and Other Riparian Ecosystems*. US Forest Service General Technical Report WO-12, 1979. 17 ~ 31.
- [21] Zhang D J, *et al.* Sustainable Development of Ecological Environment in Watershed. Zhengzhou: Yellow River Conservancy Press, 2001. 1 ~ 12.
- [22] Brown T C and Daniel T C. Landscape aesthetics of riparian environments: relationship of flow quantity to scenic quality along a Wild and Scenic River. *Water Resources Research*, 1991, 27:1787 ~ 1795.
- [23] Hughes F M R. The influence of flooding regimes on forest distribution and composition in the Tana River floodplain, Kenya. *Journal of Applied Ecology*, 1990, 27: 475 ~ 491.
- [24] Kalliola R and Puhakka M. River dynamics and vegetation mosaicism: a case study of the River Kamajohka, northernmost Finland. *Journal of Biogeography*, 1988, 15: 903 ~ 919.
- [25] Decamps H, Fortune M, Gazelle F, *et al.* Historical influence of man on the riparian dynamics of a fluvial landscape. *Landscape Ecology*, 1988, 1: 163 ~ 173.
- [26] Amanda L Azous. Richard R Horner. Wetland and Urbanization: Implication for the Future. CRC Press LLC, 2001, 221 ~ 299.
- [27] Wikum D A and Wali M K. Analysis of a North Dakota gallery forest: vegetation in relation to topographic and soil gradient. *Ecological Monographs*, 1974, 44: 441 ~ 464.
- [28] Nortcliff S and Thornes J B. The dynamics of a tropical floodplain environment with reference to forest ecology. *Journal of Biogeography*, 1988, 15: 49 ~ 59.
- [29] Barnes W J. The distribution of floodplain herbs as influenced by annual flood elevation. *Wisconsin Academy of Sciences, Arts and Letters Transactions*, 1978, 66:254 ~ 266.
- [30] Adams D E and Anderson R C. Species response to a moisture gradient in central Illinois forest. *American Journal of Botany*, 1980, 67: 381 ~ 392.
- [31] Johnson W C, Reily P W, Andrews L S, *et al.* Altered hydrology of the Missouri River and its effects on floodplain forest ecosystems. *Virginia Water*

- Resources Research Center. Bulletin 139. Virginia Polytechnic and State University, Blacksburg, 1982.
- [32] Reilly P W and Johnson W C. The effects of altered hydrologic regime on tree growth along the Missouri River in North Dakota. *Canadian Journal of Botany*, 1982, 60: 2410 ~ 2423.
- [33] Fleschman C and Kaufman D S. The South Fork (Kern River) wildlife area: will the commitment be forgotten? In R.E. Warner and K.M. Hendrix eds. *California Riparian Systems*, University of California Press, Berkeley, 1984. 58 ~ 67.
- [34] Hongyu Liu, *et al.* Impacts on wetlands of large-scale land-use changes by agricultural development: the Small Sanjiang Plain, China. *AMBIO*, 2004, 33 (6): 306 ~ 310.
- [35] Wang X L, Hu Y M, Bu R C. Wetland landscape change analysis in Liaohe Delta. *Scientia Geographica Sinica*, 1996, 16(3), 260 ~ 265.
- [36] Mensing D M, *et al.* Anthropogenic effects on the biodiversity of riparian wetlands of a northern temperate landscape. *Journal of Environmental Management*, 1998, 53: 349 ~ 377.
- [37] Zhang J C, Peng B Z. Study on riparian zone and the restoration and rebuilding its degraded ecosystem. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(1): 56 ~ 63.
- [38] Zhao S Q, *et al.* Lake restoration from impoldering: impact of land conversion on riparian landscape in honghu Lake area, Central Yangtze. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2003, 95: 111 ~ 118.
- [39] Bernard W Sweeney, Stephen J Czapka. Riparian forest restoration: why each site needs an ecological prescription. *Forest Ecology and Management*, 2004, 192: 361 ~ 373.

参考文献:

- [1] 傅伯杰, 陈立顶, 马克明, 等. 景观生态学原理及应用. 北京: 科学出版社, 2002. 126 ~ 130.
- [2] 邬建国. 景观生态学-格局、过程、尺度与等级. 北京: 高等教育出版社, 2000. 19 ~ 34.
- [4] 王宪礼, 布仁仓, 胡远满, 等. 辽河三角洲湿地景观破碎化分析. 见: 肖笃宁主编. 景观生态学研究进展. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1999. 176 ~ 182.
- [6] 丁圣彦, 梁国付. 近 20 年来河南沿黄湿地景观格局演化. *地理学报*, 2004, 59(5): 653 ~ 661.
- [10] 张建春, 彭补拙. 河岸带及其生态重建研究. *地理研究*, 2002, 21(3): 373 ~ 383.
- [11] 刘红玉, 张世奎, 吕宪国. 三江平原湿地景观结构的时空变化. *地理学报*, 2004, 59(3): 391 ~ 400.
- [12] 刘红玉, 吕宪国, 张世奎. 三江平原流域湿地景观多样性及其 50 年变化研究. *生态学报*, 2004, 24(7): 1472 ~ 1479.
- [15] 刘兴土, 马学慧. 三江平原自然环境变化与生态保育. 北京: 科学出版社, 2002, 165 ~ 183.
- [16] 刘红玉, 张世奎, 吕宪国. 20 世纪 80 年代以来挠力河流域湿地景观变化过程研究. *自然资源学报*, 2002, 17(6): 668 ~ 705.
- [17] 陈康娟, 王学雷. 人类活动影响下的四湖地区湿地景观格局分析. *长江流域资源与环境*, 2002, 11(3): 219 ~ 223.
- [18] 尹澄清. 内陆水-陆地交错带的生态功能及其保护与开发. *生态学报*, 1995, 15(3): 331 ~ 335.
- [21] 张道军, 等. 流域生态环境可持续发展论. 郑州: 黄河水利出版社, 2001, 1 ~ 12.
- [35] 王宪礼, 胡远满, 布仁仓. 辽河三角洲湿地景观变化分析. *地理科学*, 1996, 16(3): 260 ~ 265.
- [37] 张建春, 彭补拙. 河岸带研究及其退化生态系统的恢复与重建. *生态学报*, 2003, 23(1): 56 ~ 63.