

城市河流的景观生态学研究: 概念框架

岳 隽^{1,2}, 王仰麟^{1,2*}, 彭 建^{1,2}

(1. 北京大学环境学院, 北京 100871; 2. 北京大学深圳研究生院数字城市与城市景观研究中心, 深圳 518055)

摘要:城市河流作为城市景观中一种重要的生态廊道,其功能的正常实现与否关系到整个城市的可持续发展。通过分析当前城市河流的研究概况,发现应用景观生态学原理对城市河流展开多尺度、多学科的综合研究是实现“自然-人类-水体”可持续发展的必然趋势。从景观生态学的角度出发,结合城市河流的特点,提出了更为综合的、景观水平上的城市河流研究的概念框架。特别针对景观生态学研究的核心问题,对城市河流的研究尺度、格局分析、干扰程度等重要方面进行了详细论述,以期在景观水平上构建城市河流的可持续发展预案。

关键词:城市河流; 景观生态学; 尺度; 格局; 过程; 功能

文章编号:1000-0933(2005)06-1422-08 **中图分类号:**Q149, Q178 **文献标识码:**A

A conceptual framework for the study of urban river based on landscape ecology

YUE Jun^{1,2}, WANG Yang-Lin^{1,2*}, PENG Jian^{1,2} (1. College of Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China; 2. Center of Digital City and Urban Landscape, Shenzhen Graduate School, Peking University, Shenzhen 518055, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(6): 1422~1429.

Abstract: As a physical element, urban rivers are important ecological corridors. They not only play important ecological roles such as providing habitats, acting as filters and barriers, and being water sources and water sinks but they also are bases of stability, comfort, and sustainability in urban development. Whether the functions of urban rivers are fully realized or not impacts the sustainable development of an entire city. On the basis of a review of current studies on urban rivers, this paper points out that it is necessary to use a multi-disciplinary and multi-scale approach to analyze urban rivers. By using landscape ecological theory to study urban rivers, we can acquire a comprehensive understanding of urban rivers and help achieve sustainable development with regards to urban rivers.

There are two main areas of research into urban river landscapes. One is a spatial structure analysis of river corridors and river networks, the other is an ecological analysis of water quantity and quality. This paper presents a conceptual framework for researching urban river landscapes. This framework consists of five steps: diagnosis, analysis, planning, evaluation and optimization. The first two steps, river landscape diagnosis and river landscape analysis, aim at describing urban river conditions by choosing a set of measurable indicators. The third step, river landscape planning, combines planning targets with certain criteria to create the function zoning of urban river landscapes. The next step is river landscape evaluation, which would choose the most feasible planning program for an urban river landscape. Finally, with the integration of monitoring, construction and management of urban river landscapes, river landscape optimization will be realized.

In light of core topics in landscape ecology studies, this paper probes problems concerning the scale, patterns, processes and functions of urban river landscapes. The scale of urban river landscape analysis can be classified into small, medium and large types. In the pattern analysis, this paper discusses a variety of landscape metrics used to analyze the spatial structure of urban rivers and emphasizes strategic points. Because urban rivers are deeply influenced by human activities, it is important to

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40071041)

收稿日期:2004-04-15; **修订日期:**2004-09-19

* 通讯作者 Author for correspondence.

作者简介:岳隽(1977~),女,甘肃兰州人,博士生,主要从事景观生态学研究. E-mail: yuejun163@163.com

Foundation item: National Natural Science Foundation of China (No. 40071041)

Received date: 2004-04-15; **Accepted date:** 2004-09-19

Biography: YUE Jun, Ph. D. candidate, mainly engaged in landscape ecology. E-mail: yuejun163@163.com

research the disturbance process and its degree in the process analysis. The implementation of urban river landscape ecology planning depends on urban river landscape construction, which can be carried out by adding new points or ways to urban river network and harmonizing the mutual relationship between urban river landscape and other elements in the urban landscape.

This paper does not answer all questions regarding the study of urban river based on landscape ecology. Due to the complexity of interactions between different elements, it is necessary to develop further studies on hierarchical structures, connectivity, value diversity and so on.

Key words: urban rivers; landscape ecology; scale; pattern; process; function

所谓“城市河流”是指发源于城区或流经城市区域的河流或河流段,也包括一些历史上虽属人工开挖、但经多年演化已具有自然河流特点的运河、渠系^[1]。从景观生态学的角度来看,城市河流景观是城市景观中重要的一种自然地理要素,更是重要的生态廊道之一。河流廊道作为一个整体不仅发挥着重要的生态功能如栖息地、通道、过滤、屏障、源和汇作用等^[2],而且为城市提供重要的水源保证和物资运输通道,增加城市景观的多样性,丰富城市居民生活,为城市的稳定性、舒适性、可持续性提供了一定的基础。但是,由于受到城市化过程中剧烈的人类活动干扰,城市河流成为人类活动与自然过程共同作用最为强烈的地带之一^[3,4]。人类利用堤防、护岸、沿河的建筑、桥梁等人工景观建筑物强烈改变了城市河流的自然景观,产生了许多影响,如岸边生态环境的破坏以及栖息地的消失、裁弯取直后河流长度的减少以至河岸侵蚀的加剧和泥沙的严重淤积、水质污染带来的河流生态功能的严重退化、渠道化造成的河流自然性和多样性的减少以及适宜性和美学价值的降低等。

景观生态学是一门综合的学科,注重研究景观结构和功能、景观动态变化以及相互作用机理,研究景观的美化格局、优化结构、合理利用和保护^[5,6]。景观生态学跨学科以及多学科的特征特别适用于集成生态的、地理的、经济的以及人文因素的各个方面,从而能够对复杂的情况给予一定的描述。由于城市河流作为一种重要的生态要素,其生态过程受到了人类经济驱动以及社会兴趣的影响,而生态学的研究很难区分自然的和人为的影响^[7]。从这个角度来看,景观生态学为城市河流提供了一种多尺度、多学科的综合研究场所,可以解决河流景观复杂的科学和社会问题,从而为实施城市河流的综合规划和管理提供科学支持。

另外,景观生态学的一个主要目标是认识空间格局与生态过程之间的关系,强调景观的时空变化。河流廊道这种城市景观中重要的多功能服务体,其本身功能的正常发挥不仅与其宽度、连接度、弯曲度以及网络性等结构特征有着密切的关系,而且河流廊道的起源、河流受干扰的强度和范围、河流功能的变化等都会对城市景观的生态过程带来不同的影响。特别的由于结构和功能、格局与过程之间的联系与反馈正是景观生态学的基本命题^[8],因此景观生态学的原理非常适用于定量描述和研究评价河流景观。而且由于景观是在持续发展规划与设计中最适宜的尺度^[9],并且在这一尺度上进行的景观生态规划与设计是实现景观持续发展的有效工具^[5]。针对目前城市河流规划普遍陈旧和不符合城市发展需求的特点,有必要展开更全面的河流结构、功能和动态变化以及河流与其他自然要素之间相互作用关系的分析,以期实现“自然-人类-水体”的可持续发展。

1 城市河流研究概况

对于城市河流这种重要的自然资源,目前的研究集中于分析小尺度的河流特征,主要针对城市河流的水环境整治、生态建设、滨水区景观设计以及廊道效应这几个方面展开了不同程度的研究。

由于城市化进程的影响,城市河流普遍受到了严重的污染,许多学者从分析不同城市区域河流水环境污染问题的成因出发,研究了城市河流的环境容量、水量水质变化以及水资源开发与利用等方面^[10~14],探讨了城市河流的污染控制措施和开发利用方案。在城市河流生态建设的研究中,强调了城市河流在城市生态系统建设中的重要作用,突出了水安全、水环境、水景观、水经济和水文化五位一体的城市水生态系统建设模式^[15],并且针对城市河流的特点探讨了其生态建设的方法和途径,其中以自然生态型河道建设的研究较为广泛^[16~18]。此外,由于城市河流滨水区是城市中自然和人工景观融合发展的主要表现空间,在城市河流景观设计中,主要是结合生态功能、建筑美学以及人文发展的要求进行城市滨水区包括河流水体本身、沿河地带以及水域空间的规划与设计^[3,19,20,40],以期更好地塑造具有城市特色的滨水景观带。在城市河流廊道效应研究中^[21~24],主要以城市景观作为研究的大背景,分析河流这种自然廊道和交通干线等人工廊道的效益和距离的关系,并且对比分析河流廊道和其他廊道的结构和功能特征等方面的异同点。随着对城市绿廊的日益关注,河岸植被带的规划、利用和保护成为目前城市河流廊道研究的热点问题^[25~30]。河岸植被带(缓冲区)是位于污染源和水体之间的植被区域,可以通过渗透、过滤、吸收、沉积、截留等作用来削弱到达表面水体或是地下水体的径流量或是携带的污染物质^[27]。河岸植被缓冲区的有效宽度,缓冲区地理信息的提取、分析和制图,岸边植被的规划、设计与管理等都成为了河岸植被缓冲区研究的主要问题。这些学者在研究中都特别强调了河流廊道作为缓冲区的重要性,并且致力于通过样带试验来分析不同河流廊道开发利用情景方案对河流生态功能的影响程度。

这些研究对于认识和分析城市河流发挥了重要的作用,但是在河流以及与其有关的地质地貌、气候变化、土地利用以及动植物变迁等的综合分析,河流的水量与水质、河流变化与土地利用/土地覆被变化的相互作用关系分析,人口、社会经济发展等

因素对河流变化的影响作用分析等方面都没有得到深入的研究。因此对城市河流开展多尺度、多学科的综合研究,已成为解决城市水资源复杂的科学和社会问题的重要研究领域。

2 城市河流景观生态学研究的概念框架

在景观生态学中,河流廊道是指包括河流本身以及沿河流分布而不同于周围基质的植被带^[31]。根据河流廊道的特征,城市河流景观研究的主要内容包括以下两个方面:河流廊道和廊道网络的空间结构研究以及包括水量和水质在内的河流生态特征研究。在河流景观的空间格局分析中,对于河流廊道可以在四维方向上展开研究,包括空间尺度上的三维变化研究和时间尺度上的变化研究。具体来讲,就是沿河流流向的纵向、沿河流中心到岸边高地的横向、沿河流水面到河床基底的垂向这 3 个方向上的格局研究,以及每个方向随时间变化的动态变化研究。由于河流廊道的连通性,还必须对其组合的廊道网络进行研究。将所研究城市区域内不同河流廊道的等级关联视作一个整体研究其结构、功能、动态变化,特别是分析不同河流廊道的相互影响和作用机制。在河流的生态特征研究中,需要结合水文站以及环境监测站和环境保护局等提供的水文数据和水质数据来分析河流的现状特征和变化趋势。在河流空间结构和生态特征集成分析的过程中,选择有关的特征指示因子来综合分析河流景观的结构、功能和动态变化,确定河流的状态,分析河流变化的自然和人文驱动机制,从而制定适宜的城市河流景观规划和优化途径。

综合分析城市河流景观,可以在以下 5 个步骤:诊断、分析、规划、评价和优化方面展开具体研究(见图 1)。

(1)在城市河流景观诊断与景观分析中,必须研究并选择能够描述河流状况以及质量健康情况的一系列可以量测的指示因子。指示因子作为一种简单的测度不仅可以说明河流景观的重要组分,而且可以解释那些直接测量的参数数据不能解释说明的事情。美国环境保护局在 1994 年就根据不同指示因子在流域研究中的具体应用,利用景观生态指数、景观覆盖指数以及水文指数来分析流域的整体性、景观稳定性和恢复力以及生物整体性和多样性^[32]。特别的,由于如果要获得可持续性河流管理方案就必须集成河流的物理、化学以及生态特征^[33,34],所以更应该在城市河流景观研究中集成时空变化、水域自然以及生物化学等指示因子来综合描述河流景观的状态以及与生态功能相关的关键问题如稳定性、恢复力和敏感性等。

(2)城市河流景观生态规划必须在自然优先原则、持续性原则、针对性原则、多样性原则和综合性原则的基础上展开^[6],通过景观生态调查、景观生态分析以及综合规划方案分析这 3 个相互关联的研究,得到与研究区域河流生态特征相适宜的功能区划分以及相关的开发利用方案。此外考虑到城市河流功能的多样性以及河流景观规划的多目标性和多层次性的特征,河流景观规划需要满足安全性、经济性、生态性、景观性以及文化性等多方面的需求,应该针对具体的河流制定具体的规划目标和开发重点。所以在进行河流景观生态分析时,还应该结合优化模型来获取不同的目标和约束条件下景观功能区划的多种情景方案。对于多目标问题通常可以采用非确定模糊多目标规划模型来解决^[35]。

为了寻求与规划河流最适宜的开发利用以及保护方案,还需要对河流景观规划中不同规划目标下的多种规划方案进行一定的评价。从经济性、可实施性以及可控制性等需求出发可以分析不同规划方案的成本效益关系、可持续发展能力以及河流景观规划与城市中其它景观规划的协调能力等,通过计算和对比不同的建议方案,确定河流景观的规划实施方案。

(3)由于可持续性衡量目标的发展性,应该在城市河流景观规划的过程中以及规划实施的结果中去学习怎样发展城市河流的可持续性。监测活动是城市河流景观优化的一个必要组成部分。正是因为监测活动提供的有关城市河流的现时信息,才可以将其应用到河流景观规划的重新评价以及调整优化中去。最终通过城市河流景观的生态建设以及生态管理,调整或构建新的城市河流的景观格局,在景观尺度上进行城市河流的生态整合;同时通过有序的人类活动,协调发挥河流景观的多重价值,实现城市河流的可持续发展。

3 城市河流景观研究的基本问题

结合有关学者对近年来景观生态学研究的热点问题和热点地区的认识^[6,36~39],依据城市河流的特点,笔者认为在城市河流景观研究中还是要注重尺度、格局、过程和功能这几个基本问题的研究。

3.1 尺度

景观作为景观生态学的研究对象,是一种泛地域尺度概念。景观特征通常会随着尺度变化表现出显著差异。因此,在进行一项具体的景观生态研究时,确定合适的研究尺度和相应的研究方法是取得研究成果的必要保证。针对河流体系不同等级支流间的特定关联所体现的一种连续的跨尺度相关,需要在较城市河流景观更小和更大尺度研究的基础上来确定城市区域尺度上河流景观的研究内容。按照河流景观研究尺度的相对大小不同,可以区分为小、中、大 3 种类型(图 2)。

小尺度的河流景观主要由河道、堤防和河畔植被所组成^[40],通常进行的研究为河流景观环境规划设计。现代景观环境规划设计将视觉景观形象、环境生态绿化、大众行为心理作为规划设计 3 元素^[3]。河流景观的环境规划设计需要同时考虑河流的多种功能,从安全性、经济性、生态性、观赏性、亲水性、文化性等多方面研究城市河流景观的综合效果。中尺度河流景观研究可以是整个市域范围内所有河流的分布格局及生态效应的研究。从景观水平来看,市域应该包括城市的市区和郊区两部分。在这个尺度上将全市域的河流作为一个整体,运用景观生态学及其它相关学科的知识和方法,进行河流景观生态规划,调整或构建合

理的河流景观格局。大尺度的河流景观研究是在流域尺度上研究河流景观的特征和变化,着重通过流域内土地利用变化格局研究来分析流域的水土流失、人为干扰等情况。基于流域景观的异质性、整体性以及协调性等进行区域景观的综合规划^[41]。

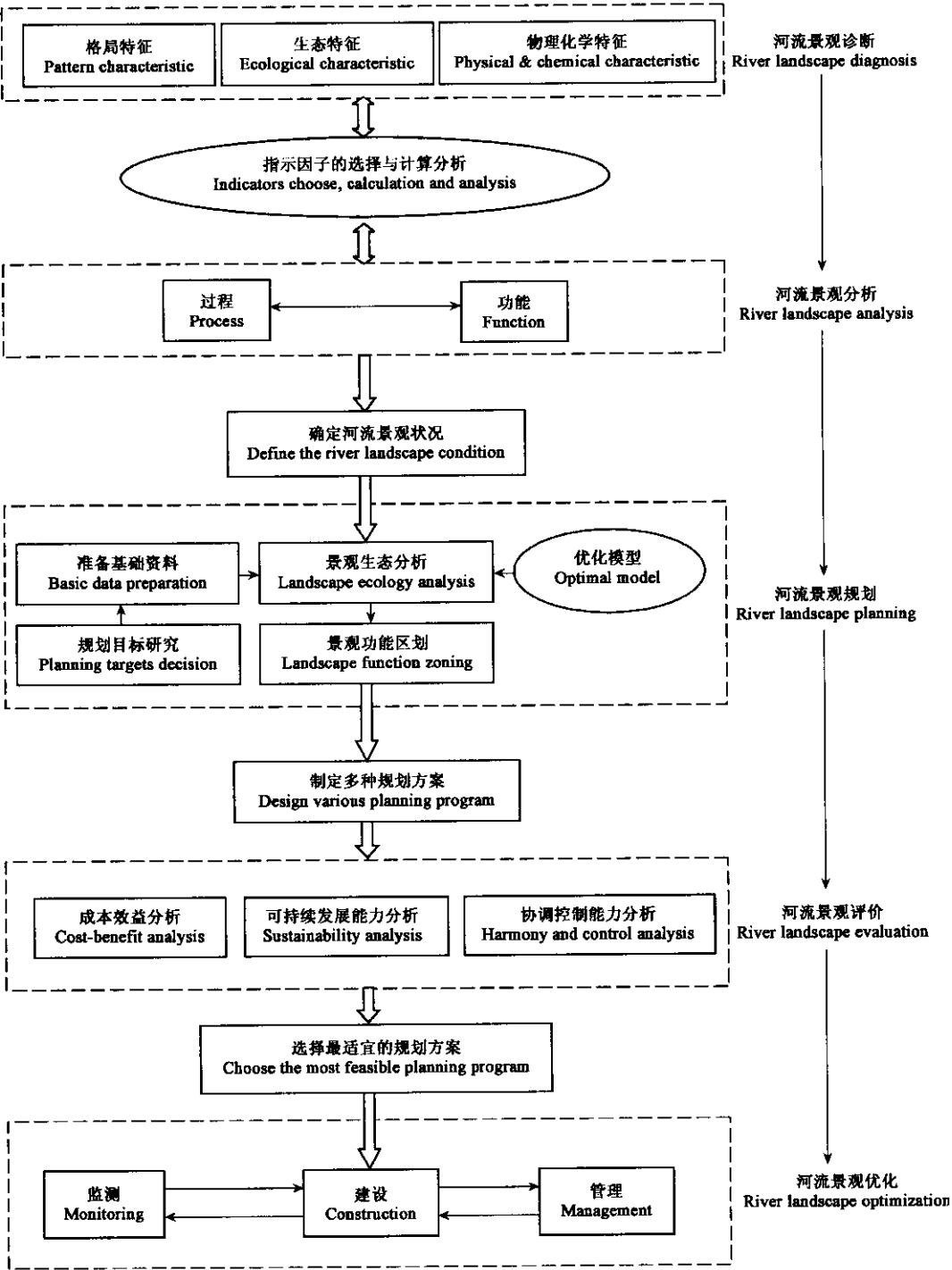


图 1 城市河流景观生态学研究的概念框架

Fig. 1 A conceptual framework for the landscape ecological study of urban river

城市河流景观的研究通常为中间尺度的景观生态规划,但是由于城市发展规模大小的不同,在进行具体研究时还要结合具体城市区域的范围来界定具体的研究内容。

3.2 格局

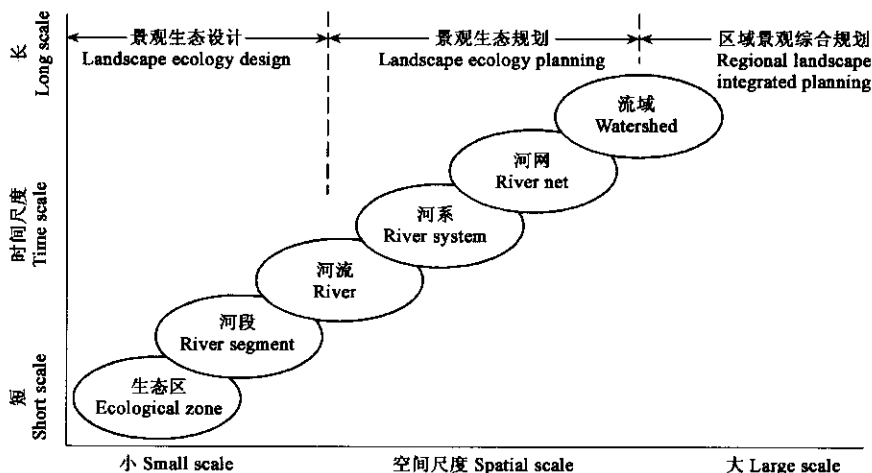


图2 河流景观生态研究的尺度和内容

Fig. 2 Scale and content of the river landscape ecological study

在城市河流景观格局分析中,可以具体针对河流廊道以及廊道网络进行河流景观的格局分析。对河流廊道的分析包括空间特征和内部特征。空间特征的分析指标包括廊道宽度、廊道曲度和廊道的宽长比等,其中宽度效应对廊道的性质起重要的控制作用^[5]。内部特征则需要分析廊道的梯度变化差异,比如沿廊道方向的物种组成和相对丰度的差异、廊道中心带与边缘带的差异、廊道高度与基质高度的差异以及廊道本身沿水深方向上的内部差异等。由于河流具有层次性的结构发育,因而河流廊道会相互连接形成河流网络。河流网络的分析指标有连通性、环度、网络结点、网状格局、网眼大小以及廊道密度等,特别针对河网周边环境,还需要研究河网绿化率、河网周边高层密度、河网商业片区密度等指标。通过这些指标的量化计算,可以获取河流时空格局的详细信息,从而掌握理解和描述河流动态变化的关键,开展河流动态关系及功能过程的研究。

在优化格局时,一定要注意识别一定的战略点。所谓“战略点(Strategic points)”是指那些对维持景观的生态连续性具有战略意义或瓶颈作用的景观地段^[42]。对于城市河流景观而言,应该对以下几种地段予以格外重视:(1)河流交汇处。交汇的河流越多其重要性也就越大;(2)河流进出水库的位置。水库面积的大小以及水位的高低都会影响到水库前后河流的生态水文过程^[43];(3)点源污染在河流上的排放口位置。水质污染已经成为目前城市河流生态功能被破坏的主要因素,河流上不同污染物排放口相对位置的关系不仅会影响河流景观水体自净功能的实现而且很大程度上可能会加剧水质遭受污染的程度;(4)河流与其它交通廊道的交汇处。这种交汇点往往因为服务对象的不同而表现出复杂的相互作用关系;(5)河流退化的源头以及河流中生物不连续地段等。前4种城市河流景观战略点可以用图3形象地加以表示。

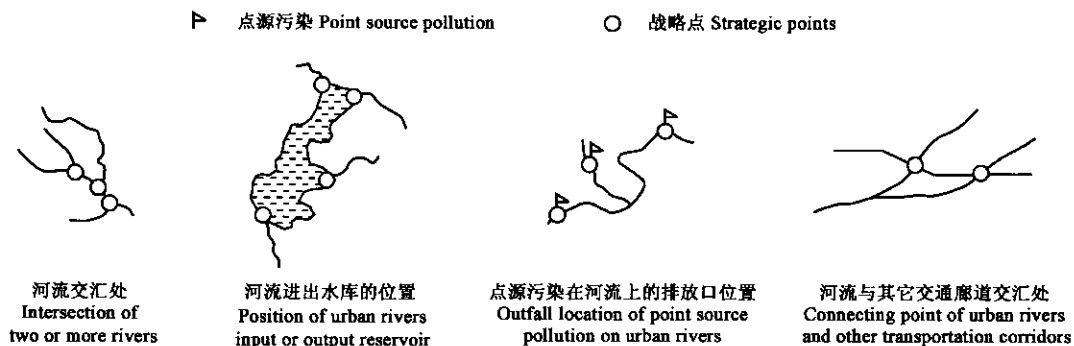


图3 城市河流景观战略点

Fig. 3 Strategic points in urban river landscapes

3.3 过程

景观生态学的一个主要目标就是理解空间格局与生态流之间的相互关系,在目前对空间格局分析的基础上,更应该强调对过程及其影响的研究^[44]。对于城市河流这种受到人类强烈干扰影响的自然景观而言,其原有的自然地貌特征以及水文特征都

发生了显著的改变,其格局特征也已经深深地刻上了人类活动的烙印。要尊重和保持河流的自然规律,必须研究现有河流受到人类干扰的程度,也就是分析现有河流受干扰前后其自然水文特征的偏离程度。

确定河流干扰程度是分析城市河流景观干扰过程的一种量化研究方法。河流干扰程度的确定可以为河流景观格局的建立提供良好的分析基础,并且为河流景观生态规划提供一定的支持,包括:(1)河流干扰度的分级可以作为河流自然度的指示因子;(2)确定河流退化的源头和范围等关键地段;(3)区分河流恢复和重建的先后优先次序;(4)支持水生环境、岸边植被以及河口生物的系统调查工作;(5)指导调节人类干扰活动的强度和方式。河流的干扰程度与其影响因子的选择是息息相关的,干扰指标体系的构建以及指标因子权重的分配必须符合客观、全面的要求^[45]。有的学者如 J. L. Stein 在分析澳大利亚自然河流的研究中,就计算了土地利用活动、居住地及其分布结构、基础设施与加工工业和其他点源污染对河流的非直接影响以及大坝蓄水、大坝分流和防洪堤的直接影响这两个方面的影响因子值^[46]。当然这种研究仅仅只是探讨了对于相应的研究区域比较重要的几种指示因子的作用,并不具有一定的普遍意义。因此在计算河流干扰度的时候一定要结合特定的研究区域,选择能反映研究区域实际受影响程度的因子来进行分析,同时对于指标因子权重值的分配也需要得到更为深入细致的分析。

另外,虽然景观过程的研究是景观生态学的一个核心研究内容,但是目前对于景观过程的研究仅仅局限在景观变化的表征上面,这样就很难抓住景观变化特别是景观功能及其联系的本质内容^[47]。因此,有必要结合城市河流景观的生态功能、稳定性以及可利用性等来评价河流景观功能的改变。可以评价如下的一些河流景观功能:河流的生物生产量、河流保持一定水量的能力、地下水的补充能力、水体本身自净功能、岸边栖息地功能以及旅游开发的潜力^[48]等等。通过对这些河流景观功能变化过程的分析,可以发现城市河流景观最为重要的变化,分析干扰的原因,从而为制止或逆转景观变化的不良趋势以及确定合理的景观建设途径提供更为可靠的信息。

3.4 功能

城市河流景观生态规划要依靠城市河流景观生态建设来实现。城市河流景观生态建设包括河流景观的恢复与重建两个方面。景观的恢复与重建是针对景观退化而言,其目标是建立一种由结构合理、功能高效、关系协调的模式生态系统组成的模式景观,以实现生态系统健康、生态格局安全和景观服务功能持续^[49]。根据城市河流景观战略点的识别以及由河流干扰度确定的恢复与重建的优先顺序,在河流功能定位的基础上协调实现各类功能,确保城市河流的可持续发展。

在一般情况下,可以考虑采取控制污染、调整土地利用方式、改变水库运作管理制度、保护现有河道的自然地貌特征等措施来实现城市河流景观的保护和生态建设。但是从景观格局的本质涵义来看,优化城市河流景观的一个可能有效的途径就是设计和构建一定的河流生态廊道。增强源地之间的连通度,是维护景观整体生态功能的有效途径^[50],而廊道的构建则是实现这一目的的重要手段。不同的河流廊道可以作为不同的源,可以通过在河网结构中添加新的节点或通路,从而改变河流景观的格局和功能。这种开发利用方式与城市的社会经济支持有直接的关系,在合理的研究和规划论证基础上,辅以足够的经济支持,这种构建河流生态廊道的方式可以发挥优化河流景观格局和功能的作用。

此外,河流的自然地理规律是河流生态功能发挥的基础,在保护河流的自然性以及维持河流水文特征的基础上要协调好城市发展与河流的关系。城市河流的景观生态建设必须和城市其他要素的生态建设结合考虑、协同发展。由于城市景观各要素之间存在着广泛的相互关联和相互作用关系,比如岸边土地的利用方式会受到河流的水文特性以及生态过程的约束,而反过来不同的土地利用方式又会影响河流的生态过程。因此在制定城市河流景观生态建设的具体方案时,必须了解河流景观与城市中其它景观元素的相互关系和作用程度,在城市景观生态系统有机关联性背景分析的基础上,针对具体的河流景观制定出合理的开发利用方案。

4 结语

当前城市河流研究趋势表明,城市河流作为城市中宝贵的自然连续空间,需要通过景观生态学原理和系统方法研究其结构、功能、动态变化以及相互作用机理;同时由于景观生态学的原理非常适用于分析城市河流的结构和生态过程,因而这方面的研究也是景观生态学原理应用的重要领域。因此,从可持续景观规划的要求出发,对城市河流进行更为综合的研究,在城市这种区域尺度上,利用遥感影像数据等获得的一组有多种测度能力的指示因子值并结合其它相关基础数据和图件,通过地理信息系统以及优化模型的计算分析,在一定的时空序列组合上集成描述城市河流的状态、变化趋势、功能实现以及与其它生态要素之间的相互作用关系,真正在景观水平上构建城市河流的可持续发展预案。由于相互作用关系的复杂性,还需要在很多方面诸如尺度效应、指示因子选取、异质性、关联性、景观价值多重性等方面展开更深入的研究,以期在城市河流的生态建设提供更广阔的理论基础,最终为城市河流的可持续发展提供一定的理论框架。

References:

[1] Song Q H, Yang Z F. Thinking of integrated management of urban river in China. *Advances in Water Science*, 2002, **13**(3): 377~382.

- [2] Wu J G. *Landscape ecology: pattern, process, scale and hierarchy*. Beijing: Higher Education Press, 2000. 30~31.
- [3] Sun P, Wang Z F. The natural landscape of the river and waterfront design in urban areas. *City Planning Review*, 2000, **24**(9): 19~22.
- [4] Yang S H, *et al.* *Urban ecological environment*. Beijing: Science Press, 2003. 103~111.
- [5] Fu B J, Chen L D, Ma K M, *et al.* *Principle and application of landscape ecology*. Beijing: Science Press, 2001. 178~179, 56.
- [6] Xiao D N, Li X Z. Forefronts and future strategies of landscape ecology. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, **23**(8): 1615~1621.
- [7] Zavala M A, Burkey T V. Application of ecological models to landscape planning: the case of the Mediterranean basin. *Landscape and Urban Planning*, 1997, **38**: 213~227.
- [8] Wang Y L. A theoretical methodology of landscape eco-classification. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1996, **7**(sup.): 121~126.
- [9] Botequilha Leitão, André, Ahern Jack. Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. *Landscape and Urban Planning*, 2002, **59**: 65~93.
- [10] Janusz Niemczynowicz. Urban hydrology and water management——present and future challenges. *Urban Water*, 1999, **1**: 1~14.
- [11] Zhou H L, Shi P J, Xu X L. A study on urbanization process and changes of water environment in Shenzhen city. *Journal of Beijing Normal University (Natural Science)*, 2003, **39**(2): 273~279.
- [12] Zhu Z Y, Deng Q L, Zhou H Y, *et al.* The problem of water environment in the Pearl River delta economic zone during sustainable developing. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2001, **21**(4): 405~410.
- [13] Ye L, Li D F, Tang T, *et al.* Spatial distribution of water quality in Xiangxi River, China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, **14**(11): 1959~1962.
- [14] Sebastian J Interlandi, Christopher S Crockett. *Recent water quality trends in the Schuylkill River, Pennsylvania, USA*: a preliminary assessment of the relative influences of climate, river discharge and suburban development. *Water Research*, 2003, **37**: 1737~1748.
- [15] Wang P F, Wang C, Feng Q, *et al.* Advances in research of urban water ecosystem construction mode. *Journal of Hohai University (Natural Sciences)*, 2003, **31**(5): 485~489.
- [16] Yan S Y, Wang X R. Preliminary study on the roles and applied ways of urban river in urban ecological construction. *Urban Environment & Urban Ecology*, 1999, **12**(6): 36~38.
- [17] Xia J H, Yan Z M. Advances in research of ecological riparian zones and its trend of development. *Journal of Hohai University (Natural Sciences)*, 2004, **32**(3): 252~255.
- [18] Gao J R, Xiao B, Niu J Z. Model and application of near natural stream control. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2002, **16**(6): 84~91.
- [19] Paul H Gobster, Lynne M. Westphal. The human dimensions of urban greenways: planning for recreation and related experiences. *Landscape and Urban Planning*, 2004, **68**: 147~165.
- [20] Yu K J, Zhang L, Liu Y J. The multifunctional approach toward water front landscape design——with a case study of Cixi in Zhejiang Province. *China Architecture*, 2004, (5): 28~32.
- [21] Lawrence A. Baschak, Robert D. Brown. An ecological framework for the planning, design and management of urban river greenways. *Landscape and Urban Planning*, 1995, **33**: 211~225.
- [22] Robert L Ryan. Local perceptions and values for a midwestern river corridor. *Landscape and Urban Planning*, 1998, **42**: 225~237.
- [23] Zong Y G. The corridor effects in urban ecological landscape planning——a case study on Beijing. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, **19**(2): 145~150.
- [24] Che S Q. Study on the green corridors in urbanized areas. *Urban Ecological Study*, 2001, **25**(11): 44~48.
- [25] Chen J Q. Riparian vegetation characteristics and their functions in ecosystems and landscapes. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1996, **7**(4): 439~448.
- [26] Wei N X. GIS-based riparian buffer analysis: injecting geographic information into landscape planning. *Landscape and Urban Planning*, 1996, **34**: 1~10.
- [27] Qureshi M E, Harrison S R. A decision support process to compare riparian revegetation options in Scheu Creek catchment in North Queensland. *Journal of Environmental Management*, 2001, **62**: 101~112.
- [28] Gerd Sparovek, Simone Beatriz Lima Ranieri, Anja Gassner, *et al.* A conceptual framework for the definition of the optimal width of riparian forests. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2002, **90**: 169~175.
- [29] Armando A Apan, Steven R Raine, Mark S. Paterson. Mapping and analysis of changes in the riparian landscape structure of the Lockyer Valley catchment Queensland, Australia. *Landscape and Urban Planning*, 2002, **59**: 43~57.
- [30] Zhang J C, Peng B Z. Study on riparian zone and the restoration and rebuilding of its degraded ecosystem. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, **23**(1): 56~63.
- [31] Xiao D N, Li X Z, Gao J, *et al.* *Landscape ecology*. Beijing: Science Press, 2003. 38~40.
- [32] Richard Aspinall, Diane Pearson. Integrated geographical assessment of environmental condition in water catchments: linking landscape ecology, environmental modelling and GIS. *Journal of Environmental Management*, 2000, **59**: 299~319.
- [33] Chansheng Hea, Stephen B Malcolm, Kenneth A Dahlberg, *et al.* A conceptual framework for integrating hydrological and biological indicators into watershed management. *Landscape and Urban Planning*, 2000, **49**: 25~34.
- [34] Kirstie Fryirs. Guiding principles for assessing geomorphic river condition: application of a framework in the Bega catchment, South Coast, New South Wales, Australia. *Catena*, 2003, **53**: 17~52.
- [35] Wang X H, Yu S, Huang G H. Land allocation based on integrated GIS-optimization modeling at a watershed level. *Landscape and Urban Planning*, 2004, **66**: 61~74.

[36] Guo J P. Unification of landscape ecology discipline and developing expectation of landscape ecology in China. *Scientia Geographica Sinica*, 2003, **23**(3): 277~281.

[37] Li X Z. Based on the No. 15 American landscape ecology development annual conference to analysis the key issues in the landscape ecology development. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, **20**(6): 1113~1115.

[38] Li M H, Peng S L, Shen W J, *et al.* Landscape ecology and restoration of degraded ecosystems. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, **23**(8): 1622~1628.

[39] Wang W, Li C Q. Application of landscape ecology in river ecological rehabilitation. *Soil and Water Conservation in China*, 2003, (6): 36~37.

[40] Wang W, Li C Q. Investigation on landscape design for urban river. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2003, **8**: 117~121.

[41] Qi S, Mo J L. Classification of basin landscape and planning and design. *Soil and Water Conservation in China*, 2001, (12): 15~17.

[42] Yu K J. Security patterns and surface model in landscape planning. *Landscape and Urban Planning*, 1996, **36**: 1~17.

[43] Melida Gutierrez, Elias Johnson, Kevin Mickus. Watershed assessment along a segment of the Rio Conchos in Northern Mexico using satellite images. *Journal of Arid Environments*, 2004, **56**: 395~412.

[44] Wu J G, Richard Hobb. Key issues and research priorities in landscape ecology: an idiosyncratic synthesis. *Landscape Ecology*, 2002, **17**: 355~365.

[45] Luo X Z, Zhu T, Xu H, *et al.* Partition of ecological environment in Qianxi county based on disturbance degree. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2002, **16**(2): 103~106.

[46] Stein J L, Stein J A, Nix H A. Spatial analysis of anthropogenic river disturbance at regional and continental scales: identifying the wild rivers of Australia. *Landscape and Urban Planning*, 2002, **60**: 1~25.

[47] Olaf Bastian, Matthias Roeder. Assessment of landscape change by land evaluation of past and present situation. *Landscape and Urban Planning*, 1998, **41**: 171~182.

[48] Borivoj Sarapatka, Otakar Sterba. Optimization of agriculture in relation to the multifunctional role of the landscape. *Landscape and Urban Planning*, 1998, **41**: 145~148.

[49] Guan W B, Xie C H, Ma K M, *et al.* A vital method for constructing regional ecological security pattern: landscape ecological restoration and rehabilitation. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, **23**(1): 64~73.

[50] Forman R T T. Some general principles of landscape and regional ecology. *Landscape Ecology*, 1995, **10**(3): 133~142.

参考文献:

[1] 宋庆辉, 杨志峰. 对我国城市河流综合管理的思考. *水科学进展*, 2002, **13**(3): 377~382.

[2] 邬建国. 景观生态学. 北京: 高等教育出版社, 2000. 30~31.

[3] 孙鹏, 王志芳. 遵从自然过程的城市河流和滨水区景观设计. *城市规划*, 2000, **24**(9): 19~22.

[4] 杨士弘, 等编著. 城市生态环境学. 北京: 科学出版社, 2003. 103~111.

[5] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 等. 景观生态学原理及应用. 北京: 科学出版社, 2001. 178~179, 56.

[6] 肖笃宁, 李秀珍. 景观生态学的学科前沿与发展战略. *生态学报*, 2003, **23**(8): 1615~1621.

[8] 王仰麟. 景观生态分类的理论方法. *应用生态学报*, 1996, **7**(增刊): 121~126.

[11] 周海丽, 史培军, 徐小黎. 深圳城市化过程与水环境质量变化研究. *北京师范大学学报(自然科学版)*, 2003, **39**(2): 273~279.

[12] 朱照宇, 邓清禄, 周厚云, 等. 珠江三角洲经济区可持续发展中的水环境问题. *环境科学学报*, 2001, **21**(4): 405~410.

[13] 叶麟, 黎道丰, 唐涛, 等. 香溪河水质空间分布特性研究. *应用生态学报*, 2003, **14**(11): 1959~1962.

[15] 王沛芳, 王超, 冯骞, 等. 城市水生态系统建设模式研究进展. *河海大学学报(自然科学版)*, 2003, **31**(5): 485~489.

[16] 阎水玉, 王祥荣. 城市河流在城市生态建设中的意义和应用方法. *城市环境与城市生态*, 1999, **12**(6): 36~38.

[17] 夏继红, 严忠民. 生态河岸带研究进展与发展趋势. *河海大学学报(自然科学版)*, 2004, **32**(3): 252~255.

[18] 高甲荣, 肖斌, 牛健植. 河溪近自然治理的基本模式与应用界限. *水土保持学报*, 2002, **16**(6): 84~91.

[20] 俞孔坚, 张蕾, 刘玉杰. 城市滨水区多目标景观设计途径探索——浙江省慈溪市三灶江滨河景观设计. *中国园林*, 2004, (5): 28~32.

[23] 宗跃光. 城市景观生态规划中的廊道效应研究——以北京市区为例. *生态学报*, 1999, **19**(2): 145~150.

[24] 车生泉. 城市绿色廊道研究. *城市生态研究*, 2001, **25**(11): 44~48.

[25] 陈吉泉. 河岸植被特征及其在生态系统和景观中的作用. *应用生态学报*, 1996, **7**(4): 439~448.

[30] 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.

[31] 肖笃宁, 李秀珍. 景观生态学. 北京: 科学出版社, 2003. 38~40.

[36] 郭晋平. 景观生态学的学科整合与中国景观生态学展望. *地理科学*, 2003, **23**(3): 277~281.

[37] 李秀珍. 从第十五届美国景观生态学会看当前景观生态学发展的热点和前沿. *生态学报*, 2000, **20**(6): 1113~1115.

[38] 李明辉, 彭少麟, 申卫军, 等. 景观生态学退化生态系统恢复. *生态学报*, 2003, **23**(8): 1622~1628.

[39] 王薇, 李传奇. 景观生态学在河流生态修复中的应用. *中国水土保持*, 2003, (6): 36~37.

[40] 王薇, 李传奇. 城市河流景观设计之探析. *水利学报*, 2003, **8**: 117~121.

[41] 齐实, 莫建玲. 流域景观的类型及其规划与设计. *中国水土保持*, 2001, (12): 15~17.

[45] 罗新正, 朱坦, 徐鹤, 等. 基于干扰度的迁西县生态环境分区. *中国水土保持*, 2002, **16**(2): 103~106.

[49] 关文彬, 谢春华, 马克明, 等. 景观生态恢复与重建是区域生态安全格局构建的关键途径. *生态学报*, 2003, **23**(1): 64~73.