

# 河流景观生态学概念、理论基础与研究重点

王立新<sup>1,2,3</sup>, 刘华民<sup>4\*</sup>, 刘玉虹<sup>1,5</sup>, 梁存柱<sup>2,4</sup>, 王 炜<sup>4</sup>,  
刘东伟<sup>1</sup>, Friedrich Recknagel<sup>3</sup>

(1. 内蒙古大学环境与资源学院, 内蒙古自治区 呼和浩特 010021; 2. 中美生态、能源及可持续性科学内蒙古研究中心,  
内蒙古自治区 呼和浩特 010021; 3. 澳大利亚阿德莱德大学地球与环境科学学院, 阿德莱德 5005;  
4. 内蒙古大学生命科学学院, 内蒙古自治区 呼和浩特 010021; 5. 中国科学院烟台海岸带研究所,  
山东 烟台 264003)

**摘要:**较系统地概述了河流景观生态学概念、理论基础与研究重点及其在河流生态学研究中的应用。在河流景观视角下,将河流作为空间异质性的完整景观单元,而不仅仅是传统景观生态学研究中将河流作为采样点或线。河流景观生态学将景观生态学原理与方法应用于河流景观的空间分布、斑块、格局、时空尺度、异质性、干扰和联结性等研究之中,并作为其关键研究内容。此外,建议强化河流景观制图、河流生态系统健康评价与服务价值评估、河流生态系统修复以及河流景观管理等研究内容。总之,把河流生态系统视为“河流景观”,将有助于从更加综合的视角和更普遍的概念框架开展河流乃至滨河湿地的研究与保护工作。

**关 键 词:**河流景观;河流景观生态学;景观制图;异质性;时空尺度;干扰

中图分类号:P931 文献标识码:A 文章编号:1672-5948(2014)02-228-07

自 Carl Troll 于 1939 年首次提出“景观生态学”至今,景观生态学的内涵、研究内容和研究方法等都在不断地拓展和发展。但目前景观生态学研究中,多关注于陆生生态系统,河流常被作为陆地景观中的斑块组成或廊道,而往往忽略了其自身的时空异质性。同时,在河流景观生态学的早期研究中,研究者多采用单一学科,并且集中在单一的河道(reach)尺度上,许多研究都是基于在某个河段上对生物及其生境的观测和实验,这对于水生生物的有效保护存在着诸多弊端和缺陷<sup>[1,2]</sup>。随着河流景观生态学研究的深入,把河流作为一个生态系统,并考虑水生系统与陆地系统的综合关系、河流网络的联系、河流的动力和干扰等,目前已成为现代河流生态学的重要研究方向<sup>[2]</sup>。但与陆生生态系统研究相比,对于水生生态系统的研究仍明显不足<sup>[3]</sup>,因此,进一步加强水生生态系统及其与周边环境相互作用的研究是十分必要的。

## 1 景观生态学原理和方法在河流生态学研究中的应用

自 20 世纪 70 年代以来,伴随着河流景观(Riverscape)这一英文术语的出现,Leopold L B 和 Marchand M O 第一次利用该术语描述了河流的物理、生物和美学特性<sup>[4]</sup>。基于河流本身的时空异质性,河流生态学将空间分布、斑块、格局、尺度、异质性、干扰和连通性等景观生态学的原理和方法运用于河流生态系统的研究之中。而且,随着尺度推绎以及遥感与地理信息系统等技术的发展,河流生态学的研究不断尺度化和综合化(图 1)。因此,河流生态学和景观生态学研究拓展了新的研究领域——河流景观生态学(riverscape ecology)。

## 2 河流景观和河流景观生态学的概念

随着景观生态学研究的深入,学科交叉与融

收稿日期:2013-06-25; 修订日期:2013-09-02

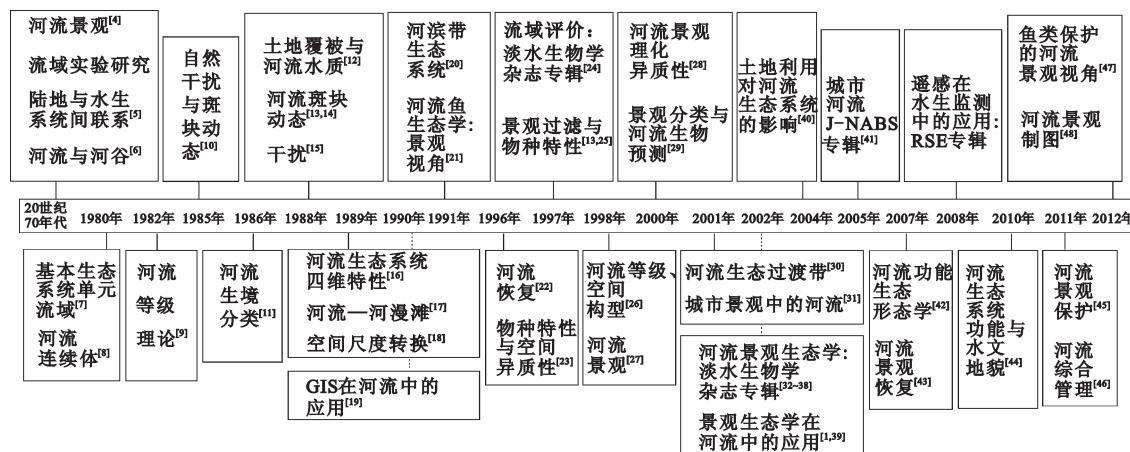
基金项目:国家自然科学基金项目(31060076 和 41261009)、国家科技支撑计划项目(2011BAC02B03)和内蒙古自治区应用技术研发资金项目(20110522)资助。

作者简介:王立新(1975-),内蒙古自治区赤峰人,副教授,主要从事湿地学方面的研究。E-mail: Lxwimu@foxmail.com

\*通讯作者:刘华民,副教授。E-mail: liuhmumu@aliyun.com

合不断加强,促进了包括水域景观生态学等景观生态学新的学科分支的形成和发展<sup>[49]</sup>。近年来,河流景观(riverscape)频频出现在外文文献中,如以“riv-

erscape”为关键词,在谷歌学术中可检索到2 330余篇英文文献,而在中文文献中,将其作为专有名词或术语尚未出现在文献的英文题目、摘要或关键词中。



注:图中J-NABS(Journal of the North American Bentholological Society)和RSE(Remote Sensing of the Environment)为期刊名称缩写。

图1 基于景观生态学原理与方法的河流生态学研究时间表

Fig.1 The timeline of river studies based on the theory and approach of landscape ecology

## 2.1 河流景观的概念

2002年,Leuven R S E W, Poole G C, Ward J V和Wiens J A等共同提出了一个新的河流生态学范式——河流景观生态学,即将河流视为多尺度结合的,具有完整的空间异质性、斑块镶嵌性和连续性的环境,且使用了同义的不同英文表述(riverscape, riverine landscape, fluvial landscape)<sup>[33,35,37,38]</sup>。

河流造就了河流景观,而河流景观决定了河流的归宿。在河流景观生态学角度下,河流景观的特性包括:第一,河流景观是一个等级斑块系统。河流地貌(包括河漫滩、深槽、浅滩、支流和牛轭湖等)、水文和水文连通性塑造了河流景观的异质性时空格局,并且河流景观斑块的组成随着河流水文情势的变化呈现动态特征;第二,河流景观是相互作用和开放的系统,其特征是具有高强度的自然扰动和相互联系的生态过渡带<sup>[30]</sup>;第三,河流景观是流域内处于不平衡状态的水生生态系统<sup>[50]</sup>。

河流景观包含了从流域到微生境的广泛的时空尺度。因此,河流景观概念的引入对于河流生态系统建模和模型模拟具有非常重要的意义。河流景观的概念也被应用于动物区系动态<sup>[51]</sup>、水生无脊椎动物<sup>[52]</sup>、鱼类<sup>[47,53~55]</sup>、鸟类<sup>[56]</sup>和河流景观演化<sup>[57]</sup>等水生生态学方面。此概念的提出有助于研究者从更加综合的视角和更普遍的概念框架开展河流生态学和水域景观生态学的研究工作。

## 2.2 河流景观生态学的概念

2001年3月,第一届国际河流景观研讨会在瑞士召开,其主题是在多学科背景下,研究河流景观的复杂性和动态;2002年,《淡水生物学》以“河流景观特辑”发表了此次会议的精选论文<sup>[36]</sup>。此外,在景观生态学研究中,已出版了大量关于陆地景观生态学的研究论著,而针对河流景观生态学研究的论著在2008年以前尚为空白。因此,Haslam S M的著作《The Riverscape and the River》填补了此空白,使河流景观生态学研究进入了新世纪元<sup>[58,59]</sup>。

在河流景观概念、河流生态学理论和景观生态学原理与方法的基础上,河流景观生态学是河流生态学和景观生态学的一个新分支。河流景观生态学定量地描述河流景观结构与功能的关系,强调河流空间异质性、时空尺度问题、边界效应、斑块间的物质交换和河流景观的连接度与连通性。作为生态学、地理学、水文学和湿地学的交叉学科,河流景观生态学将斑块格局、等级理论和河流生态系统等联系起来,并与景观生态学的发展趋势相一致<sup>[60]</sup>。

## 3 河流景观生态学的理论基础

无论天然或人工改造的河流生态系统,对其结构和功能研究一直是河流生态学研究的核心。

自 Vannote R L 等于 1980 年提出河流生态学中最重要的概念——河流连续体概念(river continuum concept)后<sup>[8]</sup>, 在河流生态学研究中, 相继提出了一系列的概念和理论, 如序列不连续体概念(serial discontinuity concept)<sup>[61]</sup>、河流水力概念(stream hydraulics concept)<sup>[62]</sup>、流域等级概念(catchment hierarchy concept)<sup>[11]</sup>、潜流廊道概念(hyporheic corridor concept)<sup>[63]</sup>、斑块动态概念(patch dynamics concept)<sup>[14,64,65]</sup>、洪水脉动概念(flood pulse concept)<sup>[17,66]</sup>、河流生产力模型(riverine productivity model)<sup>[67]</sup>、河流生态系统整合模型(riverine ecosystem synthesis)<sup>[68]</sup>和河滨带生态系统概念<sup>[69]</sup>等。

尽管上述理论和概念在河流生态系统结构与功能的研究中发挥了重要作用, 但其仅强调四维河流生态系统<sup>[16]</sup>的某一方面, 并未将河流视为具有空间异质性、斑块镶嵌性和多时空尺度的河流景观而加以综合研究。因此, Wiens JA 建议将景观生态学的

6条核心原则应用于河流生态学研究之中, 即等级斑块、斑块边界影响景观流(过程)、斑块基质问题、连通性的重要性、有机体的重要性和尺度的重要性<sup>[38]</sup>。

与陆生景观生态学学科基础(图 2a)不同, 河流景观生态学的学科基础由河流地貌学、地理学、生物地理学、水文学、河流生态学和有机体生物学交叉而成(图 2b)。河流景观生态学作为河流生态学和景观生态学的分支学科, 景观生态学的原理与方法在河流景观生态学中同样适用, 如强调尺度效应、动态斑块概念、等级斑块动态概念(Hierarchical Patch Dynamics)<sup>[70]</sup>、空间格局对生态过程的影响以及景观参数的重要性。而河流生态学中序列不连续概念、流域等级概念和河流生态系统整合模型等都可用于分析河流景观中斑块的空间分布格局。所以, 河流景观生态学以河流生态学和景观生态学为基础, 同时又拓展了河流生态学和景观生态学研究领域。

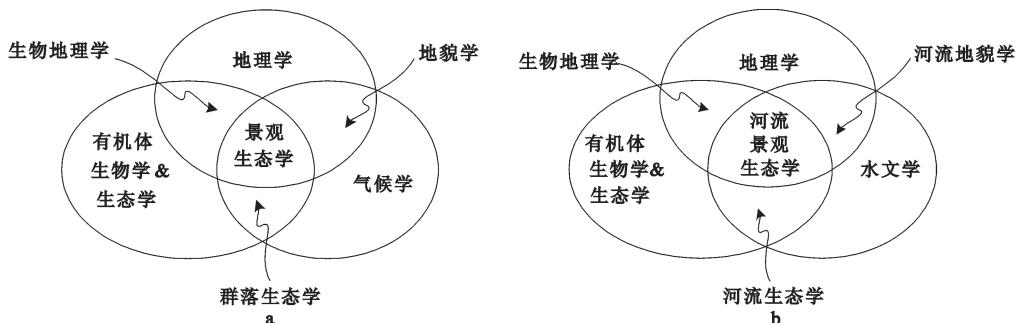


图 2 陆生景观生态学(a)与河流景观生态学(b)的学科基础

Fig.2 The foundational disciplines for the fields of landscape ecology, (a) and fluvial landscape ecology(b)

## 4 河流景观生态学研究重点及展望

景观异质性、景观格局、等级结构、干扰和时空尺度构成了当今景观生态学的理论核心<sup>[71]</sup>, 将这些原理与方法应用于河流生态学研究之中, 是河流景观生态学的关键研究内容。

### 4.1 河流景观格局动态与河流景观制图研究

河流景观空间格局的形成是由诸多河流景观过程长期作用的产物, 是自然、生物和社会要素相互作用的结果。目前, 河流生态系统正逐渐地被视为动态的河流景观(即由相互连接的水体构成的时空异质性区域), 其范围、组成和结构随不同的时空尺度而变化。通过河流景观格局在时空上的动态变化来反映河流景观生态过程, 可以从生态过程的复杂性和抽象性中找出其演变规律特

征。

通过遥感、全球定位系统和地理信息系统技术, 利用不同时段的遥感影像数据, 通过地面调查与数字解译相结合的方法, 可以探讨从流域到微生境不同尺度下河流景观格局的动态演变, 揭示其空间变化规律, 建立其变化驱动力模型。此外, 利用高精度遥感影像或航拍照片数据, 结合河流水文和地貌等特征, 可进行河流景观制图的研究<sup>[48]</sup>。同时, 在大尺度流域河流景观监测的基础上, 对河流景观格局变化定量预测和预报研究, 对于河流景观的规划与管理、水资源的有效利用和流域环境保护都具有重要意义。

### 4.2 河流景观中干扰的重要性

影响河流景观空间格局动态变化和生态过程的因素主要是干扰。干扰也是驱动河流景观环境

与资源时空异质性的主要因素之一。河流景观生态学对干扰的研究包括如下主要方面:①干扰对河流景观格局产生什么样的影响?②在异质的河流景观上,干扰是如何扩散的?③河流景观对干扰具有一定程度的抗性,但这种抗性是否与河流景观格局有关?什么样的河流景观格局对干扰抗性更强?这种抗性有无临界值的存在?④人类干扰产生什么样的河流景观格局?与自然干扰所产生的河流景观有何异同?

Allan J D<sup>[40]</sup>研究了农业和城市土地利用对河流及河流景观的影响,并从等级、生境、生物多样性和河流健康等方面,以河流景观对人类活动的干扰进行了研究。研究表明,河流生境和生物多样性在不同尺度上,已受到流域土地利用的强烈影响,并且这种影响具有尺度依赖机制,且很难将当前影响与历史影响区别开来,即影响具有“遗产效应(legacy effects)”。之后,Allan J D 和 Castillo M M在其出版的《Stream Ecology》中,又进一步阐述了流域水利水电开发、物种入侵、环境污染、过度开垦和气候变化等自然和人为干扰对河流景观的多尺度影响<sup>[72]</sup>。

#### 4.3 河流景观空间异质性与时空尺度研究

在四维河流系统概念下,河流景观的异质性体现在河流上游与下游、河床与河漫滩、地表水与地下水之间的三维空间(纵向、垂直和侧向)异质性,且生境的空间异质性随河流水文情势等随时间而变化,呈现斑块动态特性<sup>[64]</sup>。河流景观是一个由中等数量组分组成的非常复杂的系统,河流中鹅卵石边沿碎屑、卵石上的砂—粘土、苔藓、小沙坝和河中众多细砾等形成了微生境,众多微生境又组成了河流浅滩,而浅滩和河心洲等又是河流片段的组成,河流片段连接在一起构成河段,不同等级的河段汇流成河流流域的河网,由此形成了河流景观生态学的等级斑块系统<sup>[11]</sup>。时间和空间尺度包含于任何景观的生态过程。河流景观生态学研究必须考虑尺度作用,离开尺度来讨论河流景观的异质性、格局和干扰等是没有意义的<sup>[73]</sup>。

在河流景观中,生境特征与多样性、河床格局与地下含水层结构以及河漫滩结构共同构成了河流景观异质性的物理基础,而当地生物群落结构及其动态构成了河流景观异质性的生物学基础,并由此将河流景观中的斑块、格局与生态学过程(如养分与碳循环)联系在一起,共同构成了河流景

观的生物复杂性(图3)<sup>[35]</sup>。河流景观生物复杂性研究将不同时空尺度、河流景观空间异质性以及养分和碳循环等生态过程结合在一起。

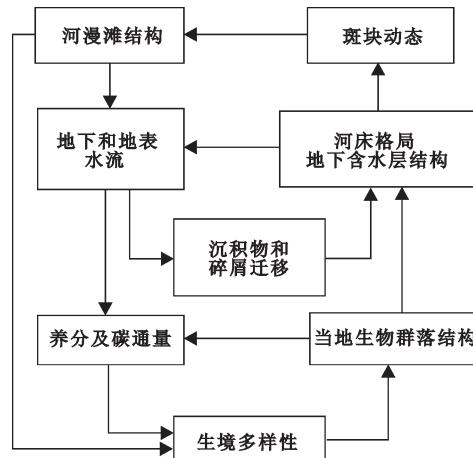


图3 河流景观复杂性概念图解<sup>[35]</sup>

Fig.3 A conceptualization of biocomplexity and riverscape dynamics<sup>[35]</sup>

#### 4.4 强化河流景观中河滨植被带研究

作为河流与阶地间的生态过渡带,河滨植被带对于维持景观尺度或地区尺度上的生物多样性具有重要的作用,而且通过对河滨植被带的研究可以有效地将流域水生和陆地生态系统联系在一起。在流域或区域尺度到河段尺度,河滨植被带植被空间分布格局呈现显著的时空异质性,其形成和影响因素也不同<sup>[74]</sup>。Dramstad W E 等从斑块、边缘结构、廊道和镶嵌体等4个方面对景观生态学原理进行了归纳总结。其中,关于河流廊道提出了河流廊道和溶解物原理、河流主干道廊道宽度原理、河流廊道宽度原理和河流廊道连接度原理,而这些原理强调了河滨植被带对河流生态过程和生态功能的重要性<sup>[75]</sup>。河流景观生态学研究应将河流与其河滨带联系在一起,同时考虑干扰、生境间耦合关系和斑块非均一性等对河流生态系统结构和功能的影响<sup>[55]</sup>。

#### 4.5 河流景观的保护、管理与生态重建

河流景观生态学提供了一个最合适的框架来阐释不同尺度下,格局与过程的关系、整合空间与时间现象、量化多维环境梯度下物质和能量的流动、研究演替、连通性、生物多样性与干扰等复杂现象,并可以有效地将流域生态系统保护、管理和生态重建有机联系起来。在河流景观的保护与管理中,水文连续性控制着河流景观的动态;同时,

在河流景观中,水流控制着生物地球化学和生理学过程,其被视为河流纵向生物地球化学反应器<sup>[76]</sup>。据此,在河流景观管理与生态修复中,应从河流景观空间异质性角度出发,基于河流生态系统功能和生物多样性保育,首先考虑河流水流的连续性和水文的连通性,并选择一个适宜的参照系统<sup>[77]</sup>,这对于当前城市河流生态重建、河流水利水电规划中生态需水量计算和河流生态系统健康评估与维持具有重要的指导意义。

综上所述,自从河流景观的概念提出以来,河流景观生态学研究不断深入发展,其中,河流景观异质性、河流景观格局、时空尺度和干扰仍是其关键研究内容。此外,还应强化河流景观制图、河流生态系统功能评估与健康评价、河流景观生态重建和河流景观管理等研究内容。

**致谢:**感谢美国亚利桑那州立大学邬建国教授的悉心点拨与指导,使我们得以迈进河流景观生态学这一广阔的研究领域。

## 参考文献

- [1]Fausch K D, Torgersen C E, Baxter C V, et al. Landscapes to Riverscapes: Bridging the Gap between Research and Conservation of Stream Fishes[J]. BioScience, 2002, **52**(6): 1-16.
- [2]魏晓华,孙阁.流域生态系统过程与管理[M].北京:高等教育出版社,2009.
- [3]Menge B A. Do terrestrial ecologists ignore aquatic literature?[J]. Frontiers in Ecology and the Environment, 2009, **7**(4): 182-183.
- [4]Leopold L B, Marchand M O. On the Quantitative Inventory of the Riverscape[J]. Water Resources Research, 1968, **4**(4): 709-717.
- [5]Likens G E, Bormann F H. Linkages between terrestrial and aquatic ecosystems[J]. BioScience, 1974, **24**: 447-456.
- [6]Hynes H B N. The Stream and its valley[J]. Verhandlungen der Internationalen Vereinigung fur theoretische und angewandte Limnologie, 1975, **19**: 1-15.
- [7]Lotspeich F B. Watersheds as the basic ecosystem: this conceptual framework provides a basis for a natural classification system [J]. Journal of the American Water Resources Association, 1980, **16**(4): 581-586.
- [8]Vannote R L, Minshall G W, Cummins K W, et al. The river continuum concept[J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1980, **37**: 130-137.
- [9]Allen T F H , Starr T B. Hierarchy: perspectives for ecological complexity[M]. Chicago: University of Chicago Press, 1982.
- [10]Pickett S T A, White P S. The ecology of natural disturbance and patch dynamics[M]. New York : Academic Press, 1985.
- [11]Frissell C A, Liss W J, Warren C E, et al. A hierarchical framework for stream habitat classification: Viewing streams in a watershed context[J]. Environmental Management, 1986, **10**(2): 199-214.
- [12]Osborne L L, Willey M J. Empirical relationships between land use/cover and stream water quality in an agricultural watershed [J]. Journal of Environmental Management, 1988, **26**: 9-27.
- [13]White D C, Kimball J S, Lucotch J A, et al. Stanford A riverscape analysis tool developed to assist wild Salmon conservation across the North Pacific Rim[J]. Fisheries, 2012, **37**(7): 305-314.
- [14]Pringle C M, Naiman R J, Bretschko G, et al. Patch Dynamics in Lotic Systems: The Stream as a Mosaic[J]. Journal of the North American Benthological Society, 1988, **7**(4): 503-524.
- [15]Resh V H, Brown A V, Covich A P, et al. The Role of Disturbance in Stream Ecology[J]. Journal of the North American Benthological Society, 1988, **7**(4): 433-455.
- [16]Ward J V. The Four-Dimensional Nature of Lotic Ecosystems[J]. Journal of the North American Benthological Society, 1989, **8**(1): 2-8.
- [17]Junk W J, Bayley P B, Sparks R E. The flood-pulse concept in river-floodplain systems. Proceedings of the International Large River Symposium (LARS) [J]. Canadian Special Publication in Fishers and Aquatic Sciences, 1989, **46**: 110-127.
- [18]Wiens J A. Spatial Scaling in Ecology[J]. Functional Ecology, 1989, **3**(4): 385-397.
- [19]Johnson L B. Analyzing spatial and temporal phenomena using geographical information systems: a review of ecological applications[J]. Landscape Ecology, 1990, **4**: 31-43.
- [20]Gregory S V, Swanson F J, McKee W A, et al. An ecosystem perspective of riparian zones[J]. BioScience, 1991, **41**: 540-551.
- [21]Schlosser I J. Stream fish ecology: a landscape perspective[J]. BioScience, 1991, **41**: 704-712.
- [22]Stanford J A, Ward J V, Liss W J, et al. A general protocol for restoration of regulated rivers[J]. Regulated Rivers: Research & Management, 1996, **12**: 391-413.
- [23]Townsend C R. Concepts in river ecology: pattern and process in the catchment hierarchy[J]. Archiv. Fur. Hydrobiologie Supplement, 1996, **113**: 3-21.
- [24]Allan J, Johnson L. Catchment-scale analysis of aquatic ecosystems[J]. Freshwater Biology, 1997, **37**(1): 107-111.
- [25]Poff N L. Landscape Filters and Species Traits: Towards Mechanistic Understanding and Prediction in Stream Ecology[J]. Journal of the North American Benthological Society, 1997, **16**(2): 391-409.
- [26]Fisher S G, Grimm N B, Martí E, et al. Hierarchy, spatial configuration, and nutrient cycling in a desert stream[J]. Austral Ecology, 1998, **23**(1): 41-52.
- [27]Ward J V. Riverine landscapes: Biodiversity patterns, disturbance regimes, and aquatic conservation[J]. Biological Conservation, 1998, **83**(3): 269-278.
- [28]Malard F, Tockner K, Ward J V. Physico-chemical heterogeneity

- in a glacial riverscape[J]. *Landscape Ecology*, 2000, **15**: 679-695.
- [29]Hawkins C P, Norris R H, Gerritsen J, et al. Evaluation of the use of landscape classifications for the prediction of freshwater biota: synthesis and recommendations[J]. *Journal of the North American Benthological Society*, 2000, **19**: 541-556.
- [30]Ward J V, Wiens J A. Ecotones of riverine ecosystems: Role and typology, spatio-temporal dynamics, and river regulation[J]. *Eco-hydrology and Hydrobiolgy*, 2001, **1**: 25-36.
- [31]Paul M J, Meyer J L. Streams in the urban landscape[J]. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 2001, **32**: 333-365.
- [32]Amoros C, Bornette G. Connectivity and biocomplexity in waterbodies of riverine floodplains[J]. *Freshwater Biology*, 2002, **47**(4): 761-776.
- [33]Leuven R S E W, Poudevigne I. Riverine landscape dynamics and ecological risk assessment[J]. *Freshwater Biology*, 2002, **47**(4): 845-865.
- [34]Mertes L A K. Remote sensing of riverine landscapes[J]. *Freshwater Biology*, 2002, **47**(4): 799-816.
- [35]Poole G C. Fluvial landscape ecology: addressing uniqueness within the river discontinuum[J]. *Freshwater Biology*, 2002, **47**: 641-660.
- [36]Tockner K, Ward J V, Edwards P J, et al. Riverine landscapes: an introduction[J]. *Freshwater Biology*, 2002, **47**: 497-500.
- [37]Ward J V, Tockner K, Arscott D B, et al. Riverine landscape diversity[J]. *Freshwater Biology*, 2002, **47**(4): 517-539.
- [38]Wiens J A. Riverine landscapes: taking landscape ecology into the water[J]. *Freshwater Biology*, 2002, **47**: 501-515.
- [39]Ward J V, Florian Malard, Klement Tockner. Landscape ecology: a framework for integrating pattern and process in river corridors [J]. *Landscape Ecology*, 2002, **17**(Suppl.1): 35-45.
- [40]Allan J D. Landscapes and rivescapes: the influence of land use on stream ecosystems[J]. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 2004, **35**: 257-284.
- [41]Walsh C J, Roy A H, Feminella J W, et al. The urban stream syndrome: current knowledge and the search for a cure[J]. *Journal of the North American Benthological Society*, 2005, **24**: 706-723.
- [42]Fisher S G, Heffernan J B, Sponseller R A, et al. Functional geomorphology: Feedbacks between form and function in fluvial landscape ecosystems[J]. *Geomorphology*, 2007, **89**: 84-96.
- [43]Jansson R, Nilsson C, Malmqvist B. Restoring freshwater ecosystems in riverine landscapes: the roles of connectivity and recovery processes[J]. *Freshwater Biology*, 2007, **52**: 589-596.
- [44]Thorp J H, Flotemersch J E, Delong M D, et al. Linking Ecosystem Services, Rehabilitation, and River Hydrogeomorphology[J]. *BioScience*, 2010, **60**(1): 67-74.
- [45]Erös T, Schmera D, Schick R S. Network thinking in riverscape conservation-A graph-based approach[J]. *Biological Conservation*, 2011, **144**(1): 184-192.
- [46]Poulard C, Lenar-Matyas A, Łapuszek M, et al. Co-conception of integrated flood management solutions: riverscapes to facilitate dialog[J]. *Ecohydrology and Hydrobiolgy*, 2011, **11**(1-2): 107-120.
- [47]Brenkman S J, Duda J J, Torgersen C E, et al. A riverscape perspective of Pacific salmonids and aquatic habitats prior to large-scale dam removal in the Elwha River, Washington, USA [J]. *Fisheries Management and Ecology*, 2012, **19**(1): 36-53.
- [48]Carboneau P, Fonstad M A, Marcus W A, et al. Making riverscapes real[J]. *Geomorphology*, 2012, **137**(1): 74-86.
- [49]傅伯杰, 吕一河, 陈利顶, 等. 国际景观生态学研究新进展[J]. 生态学报, 2008, **28**(2): 798~804.
- [50]Harriss G, Heathwaite A L. Inadmissible evidence: knowledge and prediction in land and riverscapes[J]. *Journal of Hydrology*, 2005, **304**: 3-19.
- [51]Robinson C T, Tockner K, Ward J V. The fauna of dynamic riverine landscapes[J]. *Freshwater Biology*, 2002, **47**(4): 661-677.
- [52]Malmqvist B. Aquatic invertebrates in riverine landscapes[J]. *Freshwater Biology*, 2002, **47**(4): 679-694.
- [53]Pichon C L, Gorges G, Boet P, et al. A Spatially Explicit Resource-Based Approach for Managing Stream Fishes in Riverscapes[J]. *Environmental Management*, 2006, **37**(3): 322-335.
- [54]Kim M, Lapointe M. Regional variability in Atlantic salmon (*Salmo salar*) riverscapes: a simple landscape ecology model explaining the large variability in size of salmon runs across Gaspé watersheds, Canada[J]. *Ecology of Freshwater Fish*, 2011, **20**(1): 144-156.
- [55]Monk W A, Wilbur N M, Curry R A, et al. Linking landscape variables to cold water refugia in rivers[J]. *Journal of Environmental Management*, 2013, **118**: 170-176.
- [56]Maz Eika S, Sullivan P, Watzin M C, et al. A riverscape perspective on habitat associations among riverine bird assemblages in the Lake Champlain Basin, USA[J]. *Landscape Ecology*, 2007, **22**: 1 169-1 186.
- [57]Mélanie B, Piégay H, Pont D, et al. Sensitivity analysis of environmental changes associated with riverscape evolutions following sediment reintroduction: geomatic approach on the Drôme River network, France[J]. *International Journal of River Basin Management*, 2013, **11**(1): 19-32.
- [58]Haslam S M. The Riverscape and the River[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2008.
- [59]Haase D C, Haslam S M. The Riverscape and the River[J]. *Landscape Ecology*, 2009, **24**: 295-296.
- [60]Wu J. Cross-disciplinarity, landscape ecology, and sustainability science[J]. *Landscape Ecology*, 2006, **21**: 1-4.
- [61]Ward J V, Stanford J A. The serial discontinuity concept: extending the model to floodplain rivers[J]. *Regulated Rivers: Research & Management*, 1995, **10**: 159-168.
- [62]Statzner B, Higler B. Stream hydraulics as a major determinant of benthic invertebrate zonation patterns[J]. *Freshwater Biology*, 1986, **16**: 127-139.
- [63]Standford J A, Ward J V. The hyporheic habitat of river ecosystems[J]. *Nature*, 1988, **335**: 64-66.
- [64]Winemiller K O, Flecker A S, Hoeinghaus D J. Patch dynamics

- and environmental heterogeneity in lotic ecosystems[J]. Journal of the North American Benthological Society, 2010, **29**(1): 84-99.
- [65]Townsend C R. The Patch Dynamics Concept of Stream Community Ecology[J]. Journal of the North American Benthological Society, 1989, **8**(1): 36-50.
- [66]Malard F, Uehlinger U, Zah R, et al. Flood-pulse and riverscape dynamics in a braided glacial river[J]. Ecology, 2006, **87**(3): 704-716.
- [67]Thorp J H, DeLong M D. The riverine productivity model: an heuristic view of carbon sources and organic processing in large river ecosystems[J]. Oikos, 1994, **70**: 305-308.
- [68]Thorp J H, Thoms M C, DeLong M D. The riverine ecosystem synthesis: biocomplexity in river networks across space and time [J]. River Research and Applications, 2006, **22**: 123-147.
- [69]Naiman R J, Decamps H. The ecology of interfaces: riparian zones[J]. Annual Review of Ecology and Systematics, 1997, **28**: 621-658.
- [70]Wu J, Loucks O L. From balance-of-nature to hierarchical patch dynamics: A paradigm shift in ecology[J]. Quarterly Review of Biology, 1995, **70**: 439-466.
- [71]郭建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级[M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2007.
- [72]Allan J D, Castillo M M. Stream Ecology: Structure and function of running waters[M]. 2nd ed. Dordrecht: Springer, 2007: 444.
- [73]Lower W H, Likens G E, Power M E. Linking scales in stream ecology[J]. BioScience, 2006, **56**(7): 591-597.
- [74]王立新. 内蒙古草原区河流河滨带湿地植被空间分布格局、过程与功能研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2012.
- [75]Dramstad W E, Olson J D, Forman R T T. Landscpaec principles in landscape architecture and land-use planning[M]. Cambridge: Island Press, 1996.
- [76]Larned S T, Datry T, Arscott D B, et al. Emerging concepts in temporary river ecology[J]. Freshwater Biology, 2010, **55**: 717-738.
- [77]Hawkins C P, Olson J R, Hill R A. The reference condition: predicting benchmarks for ecological and water-quality assessments [J]. Journal of the North American Benthological Society, 2010, **29**(1): 312-343.

## Introduction to the Concept, Foundation and Focuses of Riverscape Ecology

WANG Li-xin<sup>1,2,3</sup>, LIU Hua-min<sup>4</sup>, LIU Yu-hong<sup>1,5</sup>, LIANG Cun-zhu<sup>2,4</sup>, WANG Wei<sup>4</sup>,  
LIU Dong-wei<sup>1</sup>, Friedrich Recknagel<sup>3</sup>

(1. College of Environment and Resources, Inner Mongolia University, Hohhot 010021, Inner Mongolia Autonomous Region, P.R.China; 2. Sino-US Center for Conservation, Energy and Sustainability Science in Inner Mongolia University, Hohhot 010021, Inner Mongolia Autonomous Region, P.R.China; 3. School of Earth and Environmental Sciences, The University of Adelaide, SA 5005, Australia; 4. College of Life Sciences, Inner Mongolia University, Hohhot 010021, Inner Mongolia Autonomous Region, P.R.China; 5. Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, Yantai 264003, Shandong, P.R.China)

**Abstract:** Compared with the researches on the terrestrial ecosystem and landscape, it is time to strengthen the studies on the aquatic ecosystem. This paper systematically reviews concept, theoretical foundation and researcher's focuses of riverscape ecology. The riverscape concept that treats rivers as spatially expanding longitudinal and lateral riverscape rather than as sampling points, lines, or gradients, should be applied into the riverscape ecology and river ecology. Riverscape can be studied similar to landscapes by analyzing spatial distribution, patchiness, patterns, spatial heterogeneity, spatio-temporal scale, connectivity and disturbance. Besides, the literature also suggests benefits from adopting approaches for landscape mapping, riverine ecosystem health and services assessment, and riverscape ecological restoration and management. In the riverscape view, these approaches conceptualize and integrate the rivers and adjacent riparian wetlands.

**Keywords:** riverscape; riverscape ecology; landscape mapping; heterogeneity; spatio-temporal scale; disturbance