

挠力河流域河流生境质量评价

王建华^{1,2,4}, 田景汉², 吕宪国^{3,*}

(1. 地表过程与资源生态国家重点实验室 北京师范大学, 北京 100875; 2. 沧州师范专科学校, 沧州 061001;

3. 中国科学院湿地生态与环境重点实验室 东北地理与农业生态研究所, 长春 130012; 4. 北京师范大学资源学院, 北京 100875)

摘要: 选择挠力河流域 6 个河段 21 个样点进行河流生境质量调查和评价。采用包括河水、河道和人类干扰等 3 大项目共 11 项评价指标, 涵盖河流水量、水质和速度与深度组合, 河道形状、结构、侵蚀程度和植被状况, 河岸人类活动、周围土地利用以及水工设施等河流生境质量评价指标系统, 进行河流生境质量评价。结果显示, 全流域 47.6% 的样点河流生境质量处于优等或良好等级, 33.3% 的样点为一般等级, 约 19.1% 的样点为较差等级, 没有最差等级的样点。研究表明, 挠力河流域河流生境质量整体状况良好, 个别样点生境质量较差; 河流生境质量受到周围土地利用的重要影响; 河流生境质量与河流水质及河流生物完整性密切相关。有关河流生境评价的指标与标准以及参照系等研究有待深入。

关键词: 河流生境; 生境评价; 河流生境质量指数; 挠力河流域

Assessment of stream habitat quality in Naoli River Watershed, China

WANG Jianhua^{1,2,4}, TIAN Jinghan², LU Xianguo^{3,*}

1 State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

2 Cangzhou Teachers' College, Cangzhou 061001, China

3 Key Laboratory of wetland ecology and environment, Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130012, China

4 College of Resources Science and Technology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

Abstract: Based on data collected from 21 sample sites in 6 sections of the Naoli River, this paper assesses the river's habitat quality using the Index of Stream Habitat Quality (ISHQ) which includes 3 groups of indices: (1) stream water dimension (flow volume, water quality, index combining flow speed and water depth); (2) channel-riparian dimension (shape, structure and degree of erosion of the channel and riparian vegetation); (3) human disturbance dimension (human activities along the bank, land use, hydraulic facilities). Our findings show that the stream inhabitant quality in the Naoli River is in a good condition with few sites in poor condition. The habitat quality with ranking score of 'excellent and very good' is accounted for 47.6 percent of the sampling sites, 33.3 percent with ranking score of 'average' and 19.1 percent with ranking score of 'poor'. There is no site in this catchment with ranking score of 'very poor'. This paper concludes that the quality of stream habitat in the Naoli River catchment has been strongly influenced by the land use and land cover in the surrounding areas and is also closely related to the water quality and biological integrity. The paper also highlights the further research direction: to establish index system and criteria for stream inhabitant quality assessment and to set up standardized reference conditions for the key assessment indices.

Key Words: stream habitat; habitat assessment; index of stream habitat quality; Naoli River Watershed, China

生境被誉为“生态学的模板”, 生境特征与生物多样性紧密相关^[1-2]。河流生境, 又称河流生物栖息地, 一

基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目(40830535); 国家自然科学基金资助项目(40971110)

收稿日期: 200-00-00; **修订日期:** 200-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: luxg@neigae.ac.cn

般是指河流生命物质赖以生存的局地环境,如浅滩、深塘、卵石、水草、枯落物、倒木,沙砾或淤泥底质等,它们在河流演化的区域背景上形成、并构成河流生命物质的基础支持系统,是河流生态系统的重要组成部分。也有学者认为,河流生境是为河流生物提供生活环境的相关物理、化学和生物条件的综合^[3,7]。国外开展河流生境评价工作较早,使用的方法和指标各有不同,如,Parsons 和 Norris 采用浅滩、河岸、池塘、岩石和大型植物等指标评价河流生境^[4];美国环保署(EPA)推荐的河流快速生物评价中包括河流底质、流量、河道形态及其变化、河岸稳定性、河岸植被及保护等 10 项生境评价指标^[5],澳大利亚的 ISC 指数中包含河流水文(与自然状态比较的径流季节动态、城市化比例和水电站泻流)、物理形态(岸坡稳定性、河床蚀积、人工屏障、粗木屑的来源和数量)、河岸植被(河岸植被类型、宽度、纵向连续性、群落完整性、乡土种比例、再生能力、湿地和洼地状况)、以及水质(总磷、混浊度、电导率和 pH 值)等 4 大类共 20 项指标^[6]。总之,目前国内外河流生境评价还没有形成统一的方法和标准。本研究在参考美国 EPA 的快速生物评价^[5]、澳大利亚的 ISC 指数^[6]以及国内学者郑丙辉等^[7]相关成果基础上,结合挠力河流域环境特点,对影响和制约河流生物的环境条件进行精选,建立相应的评价指标及标准,进行挠力河流域河流生境质量评价研究,以期为河流健康与流域生态综合管理提供依据。

1 研究方法

1.1 研究区概况

挠力河流域位于中国东北地区黑龙江省三江平原东南部,地理位置在 $131^{\circ}31'—134^{\circ}10'E$, $45^{\circ}43'—47^{\circ}35'N$ 之间(图 1),流域面积 $2.36 \times 10^4 \text{ km}^2$,其中,山地占 38.3%,平原占 61.7%。气候属于温带湿润半湿润大陆性季风气候区,多年平均气温 3.5°C ,多年平均降水量 518 mm。在过去的 50a 中,由于人口增长和经济发展的需要,大量湿地被排水疏干转化为农田,全流域耕地面积由 1954 年的 $2.06 \times 10^2 \text{ km}^2$ 增加到 2000 年的 $1.44 \times 10^3 \text{ km}^2$ ^[8]。目前,该区已成为三江平原主要产粮区和国家重要商品粮基地^[9]。与此同时,由于农业开发、废水排放、矿山开采等带来的水域污染及富营养化威胁也与日俱增,流域与河流生态出现退化趋势。

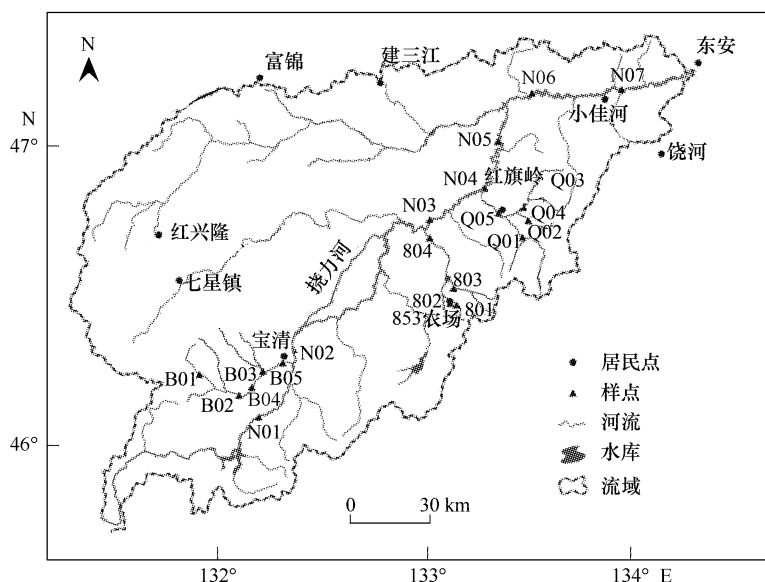


图 1 挠力河流域位置及样点分布图

Fig. 1 Map of the Naoli River Watershed and location of the 21 sampling sites

1.2 河流生境质量调查

在全流域考察和河段样点断面设计基础上,于 2007-07-16—30 进行挠力河流域 6 个河段共 21 个样点的河流生境质量调查(图 1)。河流生境质量调查方法是:沿着每个长约 290m 的样点河段,从下游到上游步行,

调查、测量和记录河流水量充满河道的程度,水面宽度和平均深度,河水颜色、气味和混浊度,水流平均速度,河道宽度和深度、河道生境组成结构、河岸侵蚀程度、河岸植被盖度和组成,河岸人类活动情况、周围土地利用以及水工设施等多项指标;同时使用 GPS 记录每个样点的起点、终点和中点的经纬度坐标并拍摄景观照片。同期进行河水理化指标的监测和水生大型无脊椎动物样品采集。

1.3 河流生境质量评价

1.3.1 生境评价指标的选择

参考相关国内外河流生境质量评价指标和标准^[5-7],结合流域环境特点,建立挠力河流域河流生境质量评价的指标系统和评分标准(图 1)。该指标系统包括河水、河道及人类干扰等 3 大项目共 11 项评价指标,每一项指标又分别由一项或多项指标构成。首先,河水项目中,水量采用的是单项指标,用水量占河道的百分比来表示,以反映水生生物可利用水资源的供应程度;为了综合反映河流水质状况,水质指标采用了由 8 个基本水质参数进行模糊综合评价(FSE)的得分值^[10];速度与深度组合也是一项综合指标,反映的是水动力状况和水环境结构,也是影响水生生物群落组成和结构的重要条件。其次,在河道项目中,河床宽深比是一项形态指标,依据边缘效应理论,一般来讲,其值愈大,生物多样性愈丰富;生境多样性是一项结构指标,多样化的生境意味着可以为水生生物提供多样化的生存、繁衍和栖息环境,减少生存竞争并应对各种不利或灾害因素;河岸侵蚀率是一项综合反映河道稳定性、水流动态以及河流蚀积平衡的重要指标,一直为河流和流域生态环境研究者所重视;河岸植被对于河流生态系统具有重要影响,茂密的河岸林被不仅可以遮荫、滞尘和截留污染物,调节水流并营造特有小生境,而且还在重力和风力作用下,不断向河水中输入大量的枯枝、落叶、果实和花粉等有机物,成为河流中异养生物的食物和能量来源^[11-12]。植被盖度和结构是反映河岸植被特征的不可缺少的生境评价指标。第三,人类干扰活动主要包括河岸带范围内的废水排放、垃圾或肥料的堆放、捕鱼、畜牧、交通、旅游等活动,河流两侧的土地利用类型,以及流域土地利用和土地覆被格局和动态变化等。此外,河流水工设施,包括水库、堤坝、闸涵、港口、扬水和排水设施,河道取直和加固等的建设,也会对河流产生重要影响,因而确定为河流生境质量评价的指标之一。

1.3.2 生境评价标准及评分方法

针对每一项指标,按照质量差异进行了分级,并采用5分制建立相应的评分标准(表1),在11项评价指

表 1 河流生境质量评价指标与标准

Table 1 Indicators and their criteria for assessment of stream habitat quality

项目 Item	评价指标 Assessing indicator		评分标准 Scoring criteria				
河水 Water	水量占河道/%	75	60	40	25	10	
	水质 FSE 得分	80	60	40	20	10	
	速度-深度组合(快深、快浅、慢深、慢浅)	全 4 种,且均匀	2—3 种,均匀; 或 4 种,不均匀	2—3 种,不均匀	1—2 种,且均匀	1—2 种,不均匀	
河道 Channel	河床	宽深比	45	30	20	10	5
		生境多样性(倒木、枯落物、水草、巨砾、卵石、细沙、淤泥等)	类型齐全,分布均匀	类型齐全但分布不均,或缺少 1—2 种分布均匀	缺少 1—2 种,分布不均匀	只有 2—3 种,分布均匀	只有 2—3 种,分布不均匀
	河岸	侵蚀率%	10	20	40	60	80
		植被盖度(%)	80	60	40	20	10
		植被结构	林被茂密且为天然成熟林	林被稀疏或为人工成熟林,近岸林被茂密	林被稀疏或为人工成熟林,近岸林被稀疏	林被很少或为人工幼林	没有林木
人类干扰 Human interference	河岸人类活动	排废、堆放垃圾或肥料、捕鱼、畜牧、交通、旅游等	无人类干扰或少有人类干扰	少量人类活动,步行或自行车经过	人类活动较多,少量机动车经过	多种人类活动,对河流影响大,但污染不严重	人类活动密集,交通要道,污染严重

续表

项目 Item	评价指标 Assessing indicator			评分标准 Scoring criteria			
人类干扰 Human interference	周围 土地 利用	林地、草地、湿地、耕 地、园地、厂矿、居民 点等	全部为天然林 地或草地,没有 耕地或居民点	至少一侧有耕 地,无居民点, 有植被缓冲带 保护	至少一侧有耕 地,无居民点, 没有植被缓冲 带保护	至少一侧有居 民点,有植被缓 冲带保护	至少一侧有居民 点,没有植被缓冲 带保护
	水工设施		若受到水库、堤坝、扬水站、港口或渠道化影响,减 1 分				
	赋予分值 Score		5	4	3	2	1

标中,除了最后一项——水工设施,有则减去 1 分之外,其余 10 项指标,均可按照质量由好到差,分成 5 个等级,按照模糊隶属度原则,为每一项指标实测值评分,最好为 5 分,最差为 1 分,将全部 10 项指标的得分累计求和,得到河流生境质量指数(index of steam habitat quality,简称 ISHQ)总得分。10 项指标满分为 50 分。参照 An 等采用的生境质量分级方法^[13],即,根据 ISHQ 分值的分布范围(0—50),小于 25% 分位数值的为优等,介于 25% 和 40% 之间的为良好,介于 40% 和 55% 之间的为一般,介于 55% 和 70% 之间的为较差,大于 70% 分位值的为最差,以此划定河流生境质量分级标准(表 2)。

2 结果及分析

2.1 结果

根据所确定的各项指标及相应的评分标准,对挠力河流域 21 个样点的各项生境指标进行赋分,计算得到 21 个样点的河流生境质量分值(ISHQ 值)(表 3)。

表 3 河流生境指标赋分及生境质量指数分值

Table 3 Assignment for stream habitat indicators and the ISHQ scores

评价项目 Item	河水 Water			河道 Channel					人类干扰 Human interference		生境质量 分值 ISHQ score
	水质	水量	水动力	河床		河岸			河岸人 类活动	周围土 地利用	
评价指标 Indicator				宽深比	复杂性	侵蚀程度	植被盖度	植被结构			
B01	5	4	2	3	4	4	5	4	4	4	39
B02	5	3	4	5	4	4	3	2	3	2	35
B03	5	3	3	3	2	2	3	1	2	1	25
B04	3	3	3	3	2	2	2	1	2	1	22
B05	3	3	1	3	2	3	2	1	2	1	21
801	5	4	2	3	4	4	4	4	4	4	38
802	3	2	1	1	1	5	4	4	1	2	24
803	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	22
804	4	3	5	3	3	4	4	2	2	2	32
Q01	4	3	3	4	4	4	5	5	4	4	40
Q02	5	4	3	2	4	3	5	5	5	5	41
Q03	5	3	5	5	5	4	5	5	3	3	43
Q04	5	3	5	5	5	4	5	5	3	4	44
Q05	5	3	3	4	4	3	5	4	2	3	36
N01	4	4	3	2	3	4	5	4	3	4	36
N02	3	3	3	4	2	3	3	2	1	1	25
N03	3	2	3	3	2	3	3	3	1	2	25
N04	3	3	2	3	2	3	3	2	1	1	23
N05	3	3	2	4	1	2	2	1	2	2	22
N06	4	4	2	3	2	2	2	1	4	1	25
N07	3	3	3	3	2	2	3	1	2	2	24

2.2 结果分析

挠力河流域 21 个样点的河流生境质量指数分值介于 21—44 之间(表 3)。根据上述生境质量分级标准对样点进行的生境质量分级显示,在全流域 21 个样点中有 10 个样点的生境质量处于优等或良好等级,占 47.6%;7 个样点为一般等级,占 33.3%;4 个样点为较差等级,约占 19.1%;没有最差等级的样点(表 4)。而郑丙辉等采用类似方法对辽河流域河流生境评价的结果:全流域 36% 的监测点生境质量处于较好或好等级,22% 为一般等级,约 42% 为较差或差等级^[7],相比之下,挠力河流域河流生境质量整体状况良好。但是,也有个别样点(如 B05 等)的生境质量较差。

进一步分析河流生境质量差异的原因发现,生境质量为优等或良好等级的样点均处于挠力河支流或干流的上游,其中,属于优等水平的 B01、Q01、Q02、Q03 和 Q04 等样点位于支流上游的山区,人类活动较少,周围均为茂密的森林植被;较差等级的样点 B04、B05、803 和 N05,主要位于支流下游或干流中游,大多临近居民点,特别是在其河岸区域缺乏有效的植被缓冲带。较差的河流生境主要表现为河岸平直,底质单一,多为细沙或淤泥质,水流形式单一,自然植被覆盖度低,河岸侵蚀严重,河水浑浊或有腥臭味,河岸人类活动密集,土地开发利用强烈等特征。

3 讨论

3.1 河流生境质量与河流水质及生物完整性的关系

本研究作为以生态完整性为核心理念的河流健康评价项目的组成部分,河流生境评价系统中包含有河流水质综合评价子系统,而河流生境评价系统又是更高一级的河流健康(生态完整性)评价系统的子系统。因此,本研究在完成河流水质模糊综合评价^[10]、河流生物完整性评价^[17]和河流生境质量评价基础上,进行河流生境质量评价与河流水质模糊综合评价,以及与河流生物完整性评价结果之间的相关性统计分析,以揭示它们之间的关系。正态分布检验表明,样本系列不符合正态分布,因而采用 Spearman 非参数检验方法进行相关性统计分析。结果显示,①河流生境质量指数与水质综合评价结果达到显著正相关,相关系数为 0.710($P < 0.01$),这说明作为河流生境的重要组成成分,水质对河流生境质量具有重要贡献;②河流生境质量指数值与两个河流生物完整性指数值之间均为显著正相关关系,与 3 分法得到的河流生物完整性指数值的相关系数为 0.832($P < 0.01$),与比值法得到的河流生物完整性指数值的相关系数为 0.828($P < 0.01$)。这表明,河流生物完整性与河流生境质量密切相关,河流生境质量愈高,河流生物完整性愈好。

3.2 关于河流生境评价指标与标准的问题

目前,国内外在河流生境评价方面还没有形成统一的方法和标准。尽管在流域尺度上,流域土地利用/覆被格局及河岸植被对河流生态系统影响的研究受到重视^[14-15],但为了便于调查并考虑与相关研究的可比性,在本研究中,仍将河流生境评价范围限定于对河流水生生物群落结构与功能具有直接影响的河流及河岸条件^[5]。本研究在参考国内外相关成果基础上,结合挠力河流域环境特点,建立了由三大类 11 项指标构成的评价指标系统。各项指标的选择依据上文已述,所选择的评价指标均是与水生生物,特别是与大型无脊椎动物的生存攸关,并能够比较全面地反映河流生境的限制性条件并尽量减少信息冗余。各项指标的评分标准主要是依据调查数据的分布范围并根据相关研究拟定的,没有考虑河流上、下游的差异,这可能会影响结果的准确性,有待在以后的工作中进一步尝试和完善。

3.3 河流生境质量评价的参照系及其意义

一般来讲,参照系的选择或建立是实施生境评价的基础。当前用于河流生境调查的参照系主要有两种:

表 4 挠力河流域河流生境质量评价结果分析

Table 4 Analysis of assessment of stream habitat quality in the Naoli

River Watershed		
河流生境质量分级 Class of stream habitat quality	样点个数 Number of sites	样点分类 Classification of sites
优等 Excellent	5	B01、Q01、Q02、Q03、Q04
良好 Good	5	801、B02、804、Q05、N01
一般 Fair	7	B03、802、N02、N03、N04、 N06、N07
较差 Poor	4	B04、B05、803、N05
最差 Very poor	0	

参照点或参照域^[16]。鉴于目前我国各级生态地理系统的基本格局还未完全建立,本研究采用的是前者。在参照点的选择上,依据的是对流域景观源汇格局分析并结合水质模糊综合评价的结果^[17]。此外,参照系还具有重要的指导和示范意义,如果将所评价的生境条件与参照系进行比较,若差异不大,受损生态系统的威胁可能来自于水质污染或其它方面;若该生境条件与参照系差异很大,就说明需要采取措施进行适宜生境设计或者实施自然生境的修复、恢复与改造。因此,作为维持河流生态完整性的必要手段,河流生境评价不仅可以潜在地表征河流生态系统的健康程度,而且有助于识别导致河流生态退化的根本原因,为河流保护与流域管理提供依据。

致谢:北京师范大学李小雁教授对本人写作给予帮助,特此致谢。

References:

- [1] Southwood T R E. Habitat, the templet for ecological strategies? *Journal of Animal Ecology*, 1977, 46(2): 337-365.
- [2] Raven P J, Holmes N T H, Dawson F H, Everard M, Fozzard I, Rouen K J. River habitat quality: the physical character of rivers and streams in the UK and Isle of Man. Bristol, England: Environment Agency, 1998: 85.
- [3] Jowett I G. Instream flow methods: a comparison of approaches. *Regulated Rivers: Research and Management*, 1997, 13(2): 115-127.
- [4] Parsons M, Norris R H. The effect of habitat-specific sampling on biological assessment of water quality using a predictive model. *Freshwater Biology*, 1996, 36(2): 419-434.
- [5] Barbour M T, Gerritsen J, Snyder B D, Stribling J B. Rapid bioassessment protocols for use in streams and Wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish(2nd edition). Washington D. C., U. S: Environmental Protection Agency, 1999: 36-102.
- [6] White L J, Ladson A R. An index of stream condition: User's manual (2nd edition). Melbourne: Department of Natural Resources and Environment, 1999.
- [7] Zheng B H, Zhang Y, Li Y B. Study of indicators and methods for river habitat assessment of Liao River Basin. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2007, 27(6): 928-936.
- [8] Hou W, Zhang S W, Zhang Y Z, Kuang W H. Analysis on the shrinking process of wetland in Naoli River Basin of Sanjiang Plain since the 1950s and its driving forces. *Journal of Natural Resources*, 2004, 19(6): 725-731.
- [9] 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): 698-705.
- [10] Wang J H, Lu X G, Tian J H, Jiang M. Fuzzy synthetic evaluation of water quality of Naoli River using parameter correlation analysis. *Chinese Geographical Science*, 2008, 18(4): 361-368.
- [11] Gregory S V, Swanson F J, McKee W A, Cummins K W. An ecosystem perspective of riparian zones. *BioScience*, 1991, 41(8): 540-551.
- [12] Wang J H, Lu X G, Tian J H. Theory and application technology of riparian wetland. *Wetland Science*, 2008, 6(2): 97-104.
- [13] An K G, Park S S, Shin J Y. An evaluation of a river health using the index of biological integrity along with relations to chemical and habitat conditions. *Environment International*, 2002, 28(5): 411-420.
- [14] Allan J D, Johnson L B. Catchment-scale analysis of aquatic ecosystems. *Fresh Biology*, 1997, 37(1): 107-111.
- [15] Tang T, Cai Q H, Liu J K. River ecosystem health and its assessment. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, 13(9): 1191-1194.
- [16] Barbour M T, Diamond J M, Yoder C O. Biological assessment strategies: Applications and Limitations. In: Grothe D R, Dickson K L, Reed-Judkins D K. Whole effluent toxicity testing: An evaluation of methods and prediction of receiving system impacts, SETAC Press, Pensacola, Florida, 1996, 245-270.
- [17] Wang J H, Tian J H, Lu X G, Li X Y. B-IBI assessment of streams in Naoli River watershed, *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(12): 6672-6680.

参考文献:

- [7] 郑丙辉, 张远, 李英博. 辽河流域河流栖息地评价指标与评价方法研究. *环境科学学报*, 2007, 27(6): 928-936.
- [8] 侯伟, 张树文, 张养贞, 匡文慧. 三江平原挠力河流域 50 年代以来湿地退缩过程及驱动力分析. *自然资源学报*, 2004, 19(6): 725-731.
- [9] 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): 698-705.
- [12] 王建华, 吕宪国, 田景汉. 河岸湿地研究的理论与应用技术. *湿地科学*, 2008, 6(2): 97-104.
- [15] 唐涛, 蔡庆华, 刘健康. 河流生态系统健康及其评价. *应用生态学报*, 2002, 13(9): 1191-1194.
- [17] 王建华, 田景汉, 吕宪国, 李小雁. 挠力河流域河流的 B-IBI 评价. *生态学报*, 2009, 29(12): 6672-6680.