

河流生境的评估方法及应用的研究进展

陆颖 陈宇顺

A REVIEW OF RIVER HABITAT ASSESSMENTS AND APPLICATIONS

LU Ying, CHEN Yu-Shun

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.7541/2020.082>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

底栖硅藻应用于河流生态系统健康评价的研究进展

A REVIEW OF DIATOMS IN BIOMONITORING AND ECOSYSTEM HEALTH ASSESSMENT

水生生物学报. 2018, 42(1): 212–220 <https://doi.org/10.7541/2018.027>

仙女湖及入湖河流浮游植物功能类群与环境因子的相互关系

RELATIONSHIP BETWEEN PHYTOPLANKTON MORPHOLOGY-BASED FUNCTIONAL GROUPS AND ENVIRONMENTAL FACTORS OF DIFFERENT HABITAT IN THE LAKE XIANN AND INFLOW RIVERS

水生生物学报. 2018, 42(3): 622–634 <https://doi.org/10.7541/2018.078>

长江中下游干流江豚岸线栖息地质量评估

RIVER BANK HABITAT ASSESSMENT OF THE YANGTZE FINLESS PORPOISE IN THE MAIN STEM OF MIDDLE-LOWER YANGTZE RIVER

水生生物学报. 2019, 43(S1): 56–61 <https://doi.org/10.7541/2019.167>

长江河流-泛滥平原生态系统面临的威胁与整体保护对策

THE YANGTZE RIVER-FLOODPLAIN ECOSYSTEM: MULTIPLE THREATS AND HOLISTIC CONSERVATION

水生生物学报. 2019, 43(S1): 157–182 <https://doi.org/10.7541/2019.178>

洱海微囊藻水华的水生态风险评估研究

ECOLOGICAL RISK ASSESSMENT OF MICROCYSTIS BLOOMS IN ERHAI LAKE

水生生物学报. 2018, 42(5): 1066–1074 <https://doi.org/10.7541/2018.131>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

河流生境的评估方法及应用的研究进展

陆颖^{1,2} 陈宇顺^{1,2,3}

(1. 大连海洋大学, 大连 116023; 2. 中国科学院水生生物研究所淡水生态与生物技术国家重点实验室, 武汉 430072;
3. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 河流生境是水生物赖以生存的物理、化学和生物环境的综合体, 是河流生态系统的重要组成部分。河流生境评价有助于掌握河流的生态健康状况, 识别河流退化的原因, 为河流的生态修复提供依据。文章梳理总结了20世纪80年代至2018年文献中报道的全球范围内河流生境评估的方法, 然后根据每种方法的侧重点和目标, 将它们分为预测模型法和多指标综合评估法两种类型, 并比较了它们各自的优势和不足。预测模型法适于长期的生境动态监测, 但该方法需要以自然无干扰的河流为参照, 并且需要大量历史数据, 统一评估不易实现; 多指标综合评估法评估相对快速方便, 但评估过程复杂, 且评价标准不一, 结果有一定的局限性。这些方法的适用范围从中小型的可涉水河流到较大的不可涉水河流, 但适用于大型不可涉水河流的生境评估方法和案例非常有限。通过分类整理, 发现我国河流生境评估方法多是参考国外几种常用的河流评估方法, 种类单一, 而且多是针对个别河流, 并且未对这些河流所在的流域的生境状况进行深入研究, 广适性较差。因此, 文章从以下几个方面对我国河流生境评估体系的发展提出几点建议: (1)确定科学和标准化的评分指标, 因地制宜, 以满足不同河流特征; (2)扩大评估范围, 从流域和景观尺度开展生境监测, 关注全流域的健康状况; (3)扩大时间尺度, 建立模型, 进行长期的动态评估; (4)鼓励政府宏观规划, 促进不同管理部门间的合作, 整合不同地区的河流生境数据并建立国家尺度的河流生境大数据库, 以实现我国河流生态健康的维护和流域的可持续发展。

关键词: 河流生境评估; 多指标综合评估法; 预测模型法; 可涉水河流; 不可涉水河流

中图分类号: Q178.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-3207(2020)03-0670-15

河流是连接陆地生态系统和受纳生态系统(如湖泊、河口和海洋等)间物质循环的重要介质, 是生物圈物质循环的重要通道。河流生态系统提供着饮用水、航运、水电、污染物净化等多项生态服务功能, 为人类文明的发展做出了不可替代的贡献^[1-3]。河流生境是水生物必需的物理、化学和生物环境的综合体^[3], 是河流生态系统的重要组成部分。河流生境为水生物提供了生存繁殖所必需的条件, 同时也是保持河流生态健康的必要因素^[3, 4]。河流生境评价可以有助于全面掌握河流的

生态健康状况, 识别河流退化的主要原因, 为退化河流的生态修复提供理论依据和实践指导^[5-7]。

在城镇化、工农业等社会经济高速发展的同时, 伴随而来的是人类对水资源的过度使用和不合理开发, 导致了水质恶化^[1]、水文形势改变^[8]、泥沙含量发生变化^[9]、生境退化^[10]、生物多样性丧失^[11]以及外来物种对河流生态系统的入侵等一系列问题^[12]。长期以来, 河流生境退化对河流生态系统的影响被认为不如水质和生物的影响重要^[13, 14], 未能得到足够重视^[15]。随着流域水生态系统健康问题

收稿日期: 2019-09-06; 修订日期: 2020-03-16

基金项目: 中国科学院百人计划项目(Y623021201); 中国科学院重点部署项目(ZDRW-ZS-2017-3-2); 中国科学院前沿重点项目(QYZDB-SSW-SMC041); 世界自然基金会淡水项目(10002550和10003581); 淡水生态与生物技术国家重点实验室项目(2016FBZ10和2019FBZ02)资助 [Supported by the Hundred Talent Program of CAS (Y623021201); the Key Strategic Program of CAS (ZDRW-ZS-2017-3-2); the Key Research Program of Frontier Sciences of CAS (QYZDB-SSW-SMC041); the Freshwater Program of WWF (10002550 and 10003581); the State Key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology (2016FBZ10 and 2019FBZ02)]

作者简介: 陆颖(1995—), 女, 硕士研究生; 研究方向为水生态系统健康。E-mail: luying@ihb.ac.cn

通信作者: 陈宇顺, E-mail: yushunchen@ihb.ac.cn

日益突出, 只关注水质显然已经无法解决这些问题, 越来越多的研究揭示河流生境的生态重要性^[16], 完整的河流生境特征对水生生物群落的完整性和河流生态健康至关重要^[17]。

为了维持和改善河流生物多样性和生态系统功能, 很多国家从20世纪80年代就开始进行了河流生境定量评估工作^[18-20]。当前, 国际上很多国家已经形成了较为成熟的河流生境评估系统, 如瑞典的河岸带河道环境普查(Riparian, Channel and Environmental Inventory, RCE)^[21]、澳大利亚的溪流状况指数(Index of Stream Condition, ISC)^[22]、英国的河流生境调查(River Habitat Survey, RHS)^[23]、美国的快速生物调查(Rapid Bioassessment Protocols, RBPs)^[24]等。但这些评估方法大多针对中小型可涉水河流, 对于不可涉水的大型河流生境的评价方法还鲜有涉及。2005年美国密西根大学Wilhelm等^[25]提出关于不可涉水的河流生境评价方法, 其后美国环境保护署(United States Environmental Protection Agency, US EPA)在国家河流评估(National Rivers and Stream Assessment)中推行了不可涉水河流生境评估方法^[26]。

我国的河流生境评估发展较晚, 中小型可涉水河流大多是直接利用国外的方法对河流进行生境评价, 例如, 曹敏等^[27]应用RBPs开展了苏州河水系的生境评价, 王强等^[28]应用RHS方法调查了东河河流生境, 陈鹏等^[29]利用RBPs对广东省典型中小型河流进行生境评价。同时, 近年来国内一些学者也尝试对黄河^[30]、辽河^[31]、珠江^[32]、挠力河^[33]、海河^[34]、太湖流域^[35]等水系建立相应的河流生境评估体系, 从河流生态系统的服务功能角度出发, 关注河流的防洪安全和水资源开发利用程度, 以探求河流生态修复及河流健康管理的新途径。这些评估体系也都是在参考国外应用广泛的河流生境评估方法的基础上建立起来的。总体而言, 我国的河流生境评估工作相对滞后, 近年来虽然也有不少对河流开展的生境评估研究, 但仍缺乏对河流时空尺度以及我国流域特征进行深入分析, 特别是针对我国不可涉水的大型河流还缺乏一套完整的生境评估方法。

本文梳理总结了20世纪80年代以来的不同类型的河流生境评估方法, 并对各国不可涉水的大型河流和可涉水的中小型河流的生境评估方法进行归纳分类, 阐述不同等级河流的生境评估方法在各国的应用。

1 河流生境评估方法分类

由于不同河流的水文地貌等区域环境和河流

大小不一, 因此各个河流评价指标也有所差别^[36]。不同国家地区具有本国独特的自然地貌水文特征, 相对应的河流生境评估体系也就稍有差异。西方国家开展河流生态健康评价起步较早, 经过多年的实践与经验积累, 很多国家已经发展出相对成熟的评估体系并在全国家范围内推行, 开展了大尺度空间范围内的河流生态状况总体评估。综合20世纪80年代至2018年发表的河流生境评估方法的文献, 根据每种方法的主要重点和目标, 可将这些评价方法分为预测模型法(Predictive model method)和多指标评价法(Multi-variable assessment method)。

1.1 预测模型法(Predictive model method)

预测模型法是指选取现存的还未受人类活动干扰或者人为干扰较少的自然河流作为参照, 调查参照河流的数据, 建立河流的最佳生境模型, 然后通过监测点位的河流状况参数与模型中预测数据对比, 评估出监测点河流生境的状况^[37-39]。这类方法一般又包括两种, 一种是基于水生生物与河流生境相关关系的生物-生境适宜度模型, 如英国的河流生物监测系统RIVPACS (River Invertebrate Prediction And Classification System)^[37, 40]、澳大利亚的河流评估系统AusRivAS (Australian River Assessment Scheme)^[38]、加拿大的底栖动物百分比模型PMA(Percent Model Affinity)^[41]、南非的河流健康规划SARHP(South African River Health Programme)^[42]; 另一种是基于河流本身物理结构的生境状况模型, 如德国的河流生境评估方案(LAWA-OVS)^[43]以及英国的生境特征预测模型PHF(Prediction of Habitat Features)^[44]。

生物-生境适宜度模型 生物-生境适宜度模型法是指在还未受人类干扰的河流点位上, 建立水生生物与河流生境之间的生态模型, 然后输入监测点的生境状况参数, 得到无干扰状态下的理论生物值, 对比评估监测点位的生境。这种模型以英国的河流无脊椎动物预测与分类评估系统RIVPACS和澳大利亚的河流评估系统AusRivAS为代表。

英国河流无脊椎动物预测与分类评估系统(RIVPACS)^[37]是利用大型底栖无脊椎动物对河流健康状况进行评估, 通过对试验点的28个物理生境因子进行数据收集, 并使用不同季节的底栖动物数据建立预测模型, 对采样点位的底栖动物组成变化进行预测, 评估各种物理化学因素在决定物种分布和群落结构方面的重要性。

1992年, 澳大利亚政府开展国家河流健康计划(National River Health Program, NRHP)以评估国内河流的健康状况, 建立了AusRivAS模型评估河流

生境^[38]。AusRivAS模型以大型底栖无脊椎动物作为指示生物,参考点位是基于澳大利亚国内146个扰动最小的参考点的数据,将参考点位的生境按获得的底栖动物的数据分为五组,通过7个物理生境变量(经纬度、海拔、离源距离、年均流量类别、水流形态、平均水深)进行判别分析,建立大型底栖无脊椎动物与河流生境之间的模型。通过输入监测点位的河流生境状况参数,预测出监测点位在不受人类干扰(或受干扰最小)情况下,理论上的底栖生物状况,然后对比监测点位的实际生物状况和理论生物状况,来评估监测点位的河流生境状况,实际值与理论值比值越接近1,说明干扰越小,生境状况越好^[37]。AusRivAS模型就是基于RIVPACS模型结合澳大利亚的河流条件改进而来。与之相似的还有加拿大利用底栖无脊椎动物群落的亲源相似性模型(PMA)评估农业对河流的影响^[41]。

生物-生境适宜度模型法是非常快速的河流生境评估方法,而且可以对生境质量进行定量化的评估,但这种模型对于原始数据的要求较高,需要有专业知识背景的研究人员对水生生物与河流生境的响应机制进行全面的分析。而且这种模型法往往以单一生物来评价河流的生境状况,但有时河流的健康问题无法反映到这一生物上,就无法及时反映河流的真实状况,具有一定的局限性^[45]。

生境状况模型 生境状况模型法是指设立河流生境的基准模型,即无人干扰条件下的自然河流的生态模型,通过监测点位与标准模型的河流生态结构的对比来评估河流健康状况,这种模型法以德国河流生境监测评估方法(Übersichtsverfahren, LAWA-OVS)^[43]为代表。

德国河流生境评估方案(LAWA-OVS)是德国水管理工作共同委员会(LAWA)在1998年制定的全国统一的适用于大型河流的生境分类评估方法。这项调查的先决条件是确定生境评估的基准模型,即需要确定自然河流的生境状况,通过分析不同来源的数据来评估生境状况,如地形图和景观图、报告、遥感数据以及采访相关部门来获得河流生态系统的水体形态、水质、形态结构、生物群落、地质等数据,最终得到了基准模型结构,这种结构越自然,其生态价值就越高。该方法主要从河床动力学和泛滥平原动力学两个方面进行综合评估,主要包括河道形态、沿岸植被、河床结构改变的潜力以及河岸稳定性、迁移障碍和河水泛滥度这六个指标。该评估方法是通过与自然河流生境的对比来评估河流的实际生态状况以及未来可修复潜力。

生境状况模型法提供了一个相对快速的评估

方法来评估河流的生态健康质量,描述了实际生境条件和自然条件的差异,是未来可持续河流管理的基础,为河流的修复和健康管理提供了依据。这种方法主要基于GIS(地理信息系统)数据和RS(遥感)数据,通过对历史数据以及环境变化资料的收集与积累,对流域生境进行长期动态监测,对时空尺度较大的河流生境评价具有重要意义。但此方法是以自然无干扰的河流状况作为参照的,我国大多数河流受人类活动影响较大,而且不同流域间河流本身的差异较大,生境的统一评估不易实现。

1.2 多指标综合评估(Multi-variable assessment method)

多指标综合评估法是从河流的整体出发,综合不同生物组织层次上多个指标与河流状况之间的关系。多指标综合评估法通过选取河流状况具有代表性的影响因素指标来制定评价标准,然后用等级打分的形式来评价河流状况。多指标综合评估法评估快速,评价结果简单易懂,但评价过程复杂,评价标准不一,因此评价结果有一定局限性。不同国家的河流生境评估系统中的评估指标不一样,因此本文中阐述了几个代表性国家应用较为广泛的综合评估法及其优缺点。

美国 美国环境保护署(US EPA)流域评价与保护分部于1989年提出了旨在为全国水质管理提供基础水生生物数据的快速生物监测方法(RBPs)^[46],1999年发展完善后开始在全国推行^[19]。该方法利用鱼类、底栖生物和附着生物来评价河流的健康状况,是基于评价栖息地周围建筑物对水质和水生动物群落的影响的一种快速评价方法。RBPs将反映河流状态的栖息地环境因子和生物因子融合在一起,具有定量、快速等特点,使得其可以用于较大范围的评价。但其数据获取主要来自于现场评价人员的目测打分,评估主观性较强,评价精度有一定的欠缺。但RBPs主要是针对的是中小型可涉水河流,2005年Wilhelm等^[25]开发了不可涉水河流栖息地指数(Non-Wadeable Habitat Index, NWHI),NWHI中通过对不可涉水河流(特征为流域面积 $\geq 1600 \text{ km}^2$,主干长度 $\geq 100 \text{ km}$,年平均流量 $\geq 15 \text{ m}^3/\text{s}$)的7个变量(河岸宽度、大型木质碎片、水生植被、底部沉积、河岸稳定性、河底基质和非河道生境状况(如河岸带植被、近岸土地利用类型等))的评分来反应河流生境的健康状况。但这两种方法的评价标准都是以无人干扰或人为干扰较小的自然河流作为参照,我国大多数河流受人为活动影响较大,若简单以自然河流为参照物,难以完全实现对大多数河流的管理指导。

英国 英国河流生境调查(RHS)项目于20世纪90年代初由当时的英格兰和威尔士国家河流管理局发起, 目的是记录英格兰和威尔士重要的野生动物栖息地特征, 并对河流沿岸的生境进行质量评估^[47]。应欧盟水框架指令(European Water Framework Directive, WFD)要求, 英国环保署在1997年发布了有关河流生境调查的实用野外调查手册, 并于2003年进行了修改和完善^[48]。RHS通过调查河流物理结构, 收集人为干扰因素的基础数据, 然后按照河流类型, 评估生境质量, 确定河段保护价值, 为河流环境管理尤其是为河流生态修复和以破坏河流物理结构为主的建设项目的环境影响评估提供依据^[23, 49]。RHS综合了河流生境质量评价指标体系(Habitat Quality Assessment Scores, HQA)和评价人为活动对河流物理结构破坏程度的生境退化指数(Habitat Modification Scores, HMS), 通过对河流通道、河岸、河床的物理结构和人为干扰因素的调查, 按照河流类型评估生境质量, 属典型的河流地貌类生境评价方法。RHS野外调查记录多达200多项, 但绝大多数生境指标不需要精确的测量和繁琐的计算, 只需记录存在与否, 调查结果不会因调查人员的不同产生巨大差异, 数据重复性好。但由于RHS需要目视法记录河段生境特征状况, 这就限制了每个点位进行评估的河段范围, 只能适用于中小型河流, 无法满足我国大型河流的评估需要。

澳大利亚 澳大利亚河流状况指数方法(ISC)^[50]是澳大利亚的维多利亚州制定的河流分类系统, 以供各州河流管理人员进行退化河流恢复计划的有效性评估以及协助进行适应性管理, 以满足当代及后代人的社会经济发展需要。从水文、河流物理形态、河岸带、水质和水生生物五个方面对河流生境现状进行评估, 通过河流现状与原始自然状况进行对比以评估河流健康。但ISC主要针对澳大利亚乡村的小型河流, 强调对于影响河流健康的主要环境特征进行长期评估, 每5年需要向政府和公众提交一次报告, 以评价长期河流管理和恢复中人为管理干预的有效性, 从而引导河流的可持续发展^[51]。

瑞典 河岸、河道和环境清单(RCE)^[21]是用以评估农村景观中河宽<3 m的小型溪流, 这些河流大多是经过人工改造, 由河岸带结构、河流形态以及生物条件三个方面的16个特征参数组成, 这些参数分别为: 紧邻河岸地带以外的土地利用格局、河岸带宽度、河岸带完整性、河道边向外延伸10 m的河岸带植被、木质残体状况、河道结构(宽深比)、河道沉积物、河岸结构侵蚀退化、河岸下切、石头底质(形态和外观)、河床泥沙、浅滩深槽

以及曲流的出现数量、水生植物、鱼类、碎屑、大型底栖生物。这种方法假设对于自然河道和岸边结构的人类活动干扰是影响河流生物结构和功能的主要原因, 采用人工目测进行快速评估, 评分指标细致清楚, 但只适用于集约化改造的农业地区的河流。

德国 德国第一次河流生境评估在20世纪90年代末, 德国水管理工作共同委员会(LAWA)制定了两种全国统一的生境分类评估方法, 包括实地调查(On-site Survey, OSS)和综合调查(Overview Survey, OVS), OSS主要关注河宽≤10 m的中小型河流, OVS适用于大型河流^[43]。这两种方法的调查基础是确定河流的潜在自然条件, 这代表了河流评估所依据的“基准”。OSS是一种基于实地的方法, 整个河流生态系统分为三个部分: 河床、河岸和100 m宽的漫滩走廊, 评估包括6个主要参数和25个单独的二级指标, 根据每个指标对应的分值得到主要参数的分值, 计算出最终得分指数, 确定干扰状态。OVS主要从河床动力学和泛滥平原动力学两个方面综合评估, 前一个包括河道形态、沿岸植被、结构改变的潜力三个指标, 后一个包括保持度和发展潜能两个指标, 每个指标下设有二级指标, 通过不同指标与设定的自然无干扰的河流状况进行对比, 评价其指标等级, 通过各个指标等级得到河床动力学和泛滥平原动力学的干扰等级, 最终得到河流生境质量情况。这两种调查方法描述了河流的地貌形态, 包括河床、河岸和泛滥平原等因素, 这种结构越自然, 其生态价值就越高^[43, 52]。

德国各州使用这两种评估方法评估河流生境, 并制作针对各州的河流生境图, 从未受干扰到完全干扰, 对应河流生境图上的颜色从深蓝色到红色, 该评估方法主要通过和自然状况的对比来评估其实际生态状况以及未来可修复潜力。1999年第一个全国河流生境评估项目启动, 德国各个州的河流生境评估结果都被纳入到2002年出版的第一份河流生境图中^[36]。21世纪初, LAWA将生物水质图和河流生境图结合起来对河流总体生态状况进行初步评估^[53]。河流生境图可以清楚直接地表现出整体河流受干扰的状况, 长期的流域生境监测是可持续性河流管理的基础, 对于河流修复和健康管理具有重大意义。但这种方法需要大量的数据作为支撑, 适合进行全流域范围内的生境调查。

南非 南非水务及森林部(DWAF)于1994年发起了河流健康计划(River Health Programme, RHP), 该计划是一项用于评估河流生态系统健康的国家河流长期监测计划, 选用大型无脊椎动物、

鱼类完整性、河岸植被生态完整性、生境完整性、水质、水文、地貌物理形态等河流生境指标作为河流健康的评价指标,提供了可广泛用于河流生物监测的框架。该计划有助于管理人员就河流水质和水文的变化以及这些变化对河流生态系统健康的影响作出决定,制定对生态环境无害的质量目标和对水环境的状况进行及时的审查和修复方案^[42]。

中国 国内学者采用多指标对河流生境的评价研究不多,主要集中在小流域范围内河流的综合评价管理。吴阿娜等^[54]从河流水文、河流形态、河岸带状况、水质理化参数、河流生物5方面建立城市河流生态系统健康评价,并探讨其在河流管理中的应用,在此基础上,从河流健康视角审视河流管理现状,提出河流健康与河流管理的集成框架。郑丙辉等^[31]借鉴RBP的生境评估指标,建立了涵盖物理结构、水量与水质等多种特征的栖息地评价指标体系,以反映河流水生生物的栖息地质量状况,指标体系由底质、栖息地复杂性、流速-水深结合特性、堤岸稳定性、河道变化、河水水量状况、植被多样性、水质状况、人类活动强度和河岸土地利用类型 10个指标所构成,采取累计求和的方式计算栖息地综合指数。王建华等^[33]参考美国RBP、澳大利亚ISC等相关成果,结合挠力河流域环境特点,建立了挠力河流域河流生境质量评价的指标系统和评分标准。Ding等^[34]参考比较了国内外多种评估方法,结合海河流域城市化程度高、工业化较严重、河流航运繁忙、污染严重等特征,建立了适用于海河流域的河流生境质量评估方法(RHQ)。Yang等^[55]根据渭河流域的生态条件,以基体组成、生境复杂程度、岸坡侵蚀程度、河流曲度、人类活动强度、植被缓冲宽度、水质、水文状况等作为河流生境评价指标,建立了渭河流域生境综合质量指数(CHQI)。类似的生境多指标综合评估法在近几年发展迅速,但由于所参考的方法不一致,不同河流水文地貌等区域环境和河流大小等级规模不一,各个评估方法也有所差别,我国目前还未形成系统化的生境综合评估方案。另外,国内的生境评估方法一般是基于河段评价的小尺度评估,无法综合评估河流整体及流域尺度的生境状况。

2 不同等级河流的生境评估方法在各国的应用

21世纪以前,河流生境评价多是集中在自然生境的空间形态和结构特征上^[47, 56, 57],而现在的评估范围已扩大到评估整个流域的生态系统^[58]。Fris-

sell等^[59]认为不同等级的河流生境形成和改变的时间也不一样,因此不同空间尺度的河流生境所需的评估时间也不同。也就是说,要评估的河流空间尺度越大,开展评估活动所需的时间也就越长。20世纪80年代以来,随着河流生态环境问题日益突出,河流生境评价研究受到了广泛重视,很多国家都发展出适合本国河流情况的生境评价方法,但其中多是针对中小型的可涉水的河流,大型不可涉水河流生境调查受限于采样空间尺度大、数据不易采集、危险度高等问题,因此对于大型河流生境的评估方法发展缓慢^[5, 25]。本文整理了20世纪80年代至2018年国内外的河流生境评估方法,这些方法的适用范围从中小型的可涉水河流到较大的不可涉水河流(表1)。

2.1 不同类型的评估方法的使用状况

预测模型法要通过监测点的实际状况与河流理论状况对比来评价河流的健康状况,由于不易获得理论点的数据,因此不能准确地反映河流的真实情况。多指标综合评估法通过选取河流状况具有代表性的影响因素指标来制定评价标准,然后用等级打分的形式来评价河流状况。多指标综合评估法评估速度快,评价结果易懂,但评价过程复杂,资料不易收集。在搜集到的66种生境评估方法中85%为多指标综合评估法,仅有15%为预测模型法,说明多指标综合评估法仍然是评估河流生境最常用的方法。

2.2 不同国家生境评估方法的开发数量

本文搜集到的66种生境评估方法中美国的开发数量最多,高达25种,其次是英国,图1显示不同国家生境评估方法的开发数量,河流生境的健康评估多集中在发达国家,这可能与发达国家的经济发展到了一定水平,对水生态系统健康的关注越来越大,因此开始推进和发展了多种生境评估方法。

20世纪90年代以来,我国开始关注河流生态系统健康状况,并加大对河流生态保护工作的投入,河流生境评估工作随之发展,但总体而言我国关于河流生境的研究起步较晚发展缓慢,基本都是基于国外已有的评估方法进行生境评价^[28, 29]。2005年以来,通过参考国外使用广泛的河流生境质量评价指标体系,结合需评估河流的特征,开发了一些生境评估方法^[30-32],这些评估方法中除Yang等^[110]在2013年开发的基于灰色系统模型和层次分析的河流生态评估方法以及Xia等^[109]建立的基于指标体系的USM评价模型外,基本都为多指标评估法,评估体系种类单一。而且这些评估方法基本都是针对某一条河流或某几条河流,尽管这些河流的物理

表 1 1983—2018年不同国家与地区的河流生境评估方法

Tab. 1 Summary of river habitat assessment methods in different countries from 1983 to 2018

序号 No.	国家 Country	评估方法(缩写) Assessing method (acronym)	年份 Year	适用河流 River target	方法类别 Category	参考文献 Key reference
1	美国US	Methods for Evaluating Stream Conditions (MESC)	1983	WS	MV	Platts等 ^[18]
2		Qualitative Habitat Evaluation Index (QHEI)	1989	WS	MV	Rankin ^[19]
3		Rapid Stream Assessment Technique (RSAT)	1996	WS	MV	Galli ^[60]
4		Fish Habitat Standard Inventory Procedures (FHSIP)	1997	All	MV	Overton等 ^[61]
5		Volunteer Stream Monitoring Methods (VSMM)	1997	WS	MV	US EPA ^[62]
6		Methods for Characterizing Stream Habitat (MCSH)	1998	WS	MV	Fitzpatrick等 ^[63]
7		Stream Visual Assessment Protocol (SVAP)	1999	WS	MV	Bjorkland等 ^[64]
8		Physical Habitat in Wadeable Streams (PHWS)	1999	WS	MV	Kaufmann等 ^[65]
9		Rapid Bioassessment Protocols (RBPs)	1999	All	MV	Barbour等 ^[24]
10		Watershed Condition Evaluation (WCE)	2000	—	MV	OWEB ^[66]
11		Stream Corridor and Habitat Assessment (SCA)	2001	WS	MV	Yetman ^[67]
12		Minnesota Physical Habitat and Water Chemistry Assessment Protocol (MinHWCP)	2002	WS	MV	MPCA ^[38]
13		Headwater Habitat Evaluation Index (HHEI)	2002	WS	MV	Ohio EPA ^[69]
14		Wetland Assessment of the Whitewater Watershed (WAWW)	2003	All	MV	Crowe and Kudary ^[70]
15		Urban Rivers Survey (URS)	2004	—	MV	Davenport等 ^[71]
16		Beneficial Use Reconnaissance Program (BURP)	2004	WS	MV	IDEQ ^[72]
17		Physical Stream Assessment (PSA)	2004	WS	MV	Somerville and Pruitt ^[73]
18		Wadeable Streams Assessment (WSA)	2004	WS	MV	US EPA ^[74]
19		Vermont Stream Geomorphic Assessment (VSGA)	2004	WS	MV	VANR ^[75]
20		Non-wadeable Habitat Index (NWHI)	2005	LR	MV	Wilhelm等 ^[25]
21		Stream Inventory Handbook (SIH)	2006	WS	MV	US Forest Service ^[76]
22		Stream Habitat Assessment Protocols (SHAP)	2009	WS	MV	Harding等 ^[77]
23		Stream Survey Manual (SSM)	2009	WS	MV	Courtemanch等 ^[78]
24		Non-wadeable River Bioassessment (non-WRB)	2012	LR	MV	Pan等 ^[79]
25		Maryland Biological Stream Survey (MBSS)	2014	All	MV	Stranko等 ^[80]
26	英国UK	Quantitative Habitat Evaluation (QHE)	1985	WS	MV	Milner等 ^[20]
27		River Habitat Survey (RHS)	1998	All	MV	Raven等 ^[47] , Fox等 ^[23] , Raven等 ^[81]
28		System for Evaluating Rivers for Conservation (SERCon)	1998	All	PM	Wilkinson等 ^[82]
29		Prediction of Habitat Features (PHF)	1998	All	PM	Jeffers ^[44]
30		Mesohabitat (MesoH)	2000	WS	MV	Tickner等 ^[83]
31	澳大利亚 Australia	Geomorphological River Habitat Survey (GeoRHS)	2003	—	MV	Branson等 ^[84]
32		Index of Stream Condition (ISC)	1999	WS	MV	Ladson等 ^[51]
33		Australian River Assessment Scheme (AusRivAS)	1999	All	PM	Smith等 ^[39]
34		Habitat Predictive Model (HPM)	2000	WS	PM	Davies等 ^[40]
35		Sustainable Rivers Audit (SRA)	2010	—	PM	Davies等 ^[85]
36	德国 Germany	Ecosystem Health Monitoring Programme (EHMP)	2010	WS	MV	Bunn等 ^[86]
37		Stream Habitat Survey (LAWA-FS)	2000	All	PM	Scheifhacken等 ^[87]
38		Ecomorphological Survey of Large Rivers (ESLR)	2002	LR	MV	Kern等 ^[17]
39		German Structure Index (GSI)	2004	WS	MV	Feld ^[88]
40		LAWA-OS	2016	All	PM	Lamberty等 ^[89]
41	西班牙 Spain	El índice de hábitat fluvial (IHF)	2002	All	MV	Pardo等 ^[90]
42		Hidromorfológica de los Rios (HIDRI)	2006	All	MV	Munné等 ^[91]
43		Riparian Quality Index (RQI)	2011	—	MV	González del Tanago and García de Jalón ^[92]
44		Assessment of River Habitat Quality (ARHQ)	2015	Gallo河流域	MV	Valero等 ^[93]

续表 1

序号No.	国家Country	评估方法(缩写)Assessing method (acronym)	年份Year	适用河流River target	方法类别Category	参考文献Key reference
45	奥地利 Austria	Assessment of Rivers and Streams (AssRivSt)	1998	ALL	MV	Muhar and Jungwirth ^[94]
46		Method for Identifying Austria's Running Water Habitats (MIARWH)	2000	LR	MV	Muhar等 ^[95]
47	比利时 Belgium	Structural Evaluation of Watercourse (SEvalW)	1993	—	MV	Schneiders等 ^[96]
48		Assessment and Classification of Rivers (ACR)	1995	All	MV	Wils等 ^[97]
49	斯洛伐克 Slovakia	Monitoring and Assessment of the Hydromorphological Elements (MAHE)	2004	All	MV	Lehotský and Grešková ^[98]
50		Fluvial Geomorphological Approach to River Assessment (FGARA)	2007	All	MV	Lehotský and Grešková ^[99]
51	南非South Africa	South African Scoring System (SASS)	1997	—	MV	Dallas ^[100]
52		River Health Programme (RHP)	2000	All	MV	Roux ^[101]
53	法国 France	Système d'Evaluation de la Qualité du Milieu Physique (SEQ-MP)	1996	WS	MV	Agence de L'eau Rhin-Meuse ^[102]
54	爱尔兰 Ireland	River Hydromorphology Assessment Technique (RHAT)	2014	WS	MV	Murphy and Toland ^[103]
55	墨西哥 Mexico	Rapid Stream-Riparian Assessment (RSRA)	2005	WS	MV	Stevens等 ^[104]
56	意大利Italy	L'Indice di funzionalità fluviale (IFF)	2002	—	MV	Siligardi等 ^[105]
57	葡萄牙 Portugal	Index for Assessing Stream Habitats (IASH)	2005	WS	MV	Oliveira and Cortes ^[106]
58	斯洛文尼亚 Slovenia	SI_Hydromorphological Indices (SI_HM)	2009	All	MV	Tavzes and Urbanic ^[107]
59	瑞士 Sweden	Riparian, Channel, and Environmental Inventory (RCE)	1992	WS	MV	Petersen ^[21]
60	捷克 Tschechien	Ecological and River Habitat Assessment (EcoRivHab)	2006	All	PM	Matoušková and Dvůrák ^[108]
61	乌克兰 Ukrainian	Ukrainian Field Survey (UFS)	2011	LR	MV	Scheifhacken等 ^[87]
62	中国 China	Urban Stream Morphology (USM)	2010	WS	PM	Xia等 ^[109]
63		Assessment of Plain River Ecosystem Function (APREF)	2013	阜阳河	PM	Yang等 ^[110]
64		National River Health Assessment Program (NRHAP)	2017	All	MV	Gippel等 ^[111]
65		不同流域河流生境指标体系评价	2005-2018	—	MV	赵彦伟等 ^[30] , 郑炳辉等 ^[31] , 林木隆等 ^[32] , 王建华等 ^[33] , Ding等 ^[34] , 刘华等 ^[35] , Yang等 ^[35] , 肖琳 ^[112] , 王琼等 ^[113] , 张颖睿 ^[114] , 闵梦月 ^[115]
66		城市河流评价体系	2007-2017	—	MV	陈婷 ^[116] , 施展 ^[117] , 王雁等 ^[118] , 顾晓均等 ^[119] , 徐菲等 ^[120]

注: 方法类别中MV表示综合评估法, PM表示预测模型法; 适用河流范围中LR表示不可涉水的大型河流, WS表示可涉水的中小型河流, All表示适用于所有河流和小溪, —表示文章中未具体指出适用河流

Note: Methods are listed chronologically within each category: PM. Predictive model methods, MV. Multi-variable assessment method; LR. Non-wadeable large rivers, WS. Wadeable streams, All. Rivers and streams, —. Not given

特征符合大河的定义, 但并未对这些河流流域的整体生境状况进行深入研究, 系统性的大型河流的生境评估体系还未能建立, 适用范围狭窄, 广适性较差(表 2)。

2.3 不同生境评估方法的适用河流等级

图 2 中展示了适用于不同河流类型的生境评估方法的数量, 很明显可以看出小型可涉水河流的生境评估方法开发较多, 其次是具有广适性的河流和小溪都适用的评估方法。针对大型河流单独开发

的生境评估方法较少, 这不仅因为地理状况复杂性和生境类型多样性导致大型河流难以进行实地的采样和测量, 多尺度干扰的叠加也使得影响大河生态状况的因子变得不太明晰^[5]。此外, 要评估和管理大河生态系统需要多个尺度的数据——空间上从河段到流域, 时间上从连续实时到长期的集成^[122]。

3 我国河流生境评估的发展前景

河流生境评估体系为河流生态系统的保护和

恢复提供很好的指导作用, 近年来, 由于对河流生态环境的重视, 我国的河流评估体系也在不断发展, 但相较于国外, 我国在这方面仍存在很多不足, 如

评估系统大多侧重于河流水质, 评估尺度较小、多是集中某一条或几条河流的综合评价管理, 流域的整体数据不易获得等, 这就导致评价结果比较片面,

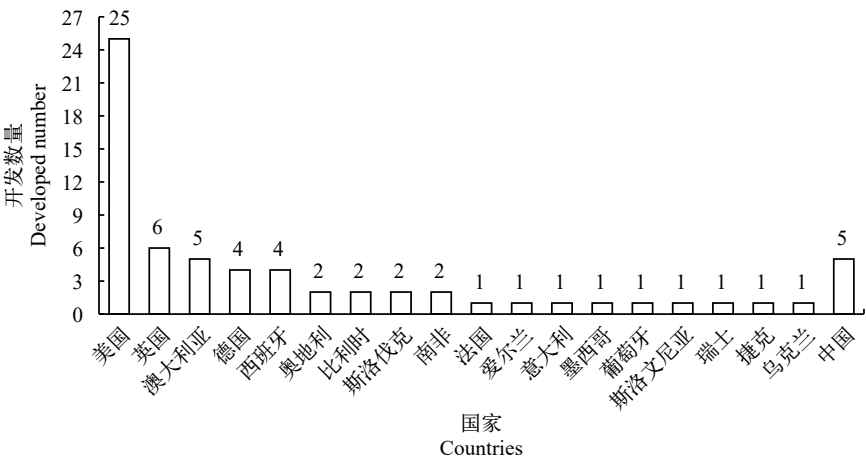


图 1 不同国家河流生境评估方法的开发数量

Fig. 1 Number of river habitat assessment methods developed in different countries

表 2 我国开发的河流生境评估方法

Tab. 2 The methods of river habitat assessment in China

序号 No.	评估方法Method acronym	年份 Year	适用河流 River target	参考文献 References	引用方法文献 Original references
1	黄河健康表征指标体系Health Characterization Index System of Yellow River	2005	黄河流域	赵彦伟等 ^[30]	Ladson等 ^[51]
2	珠江河流健康指标体系Index System for Evaluating the Health of Rivers in the Pearl River Basin	2006	珠江流域河流	林木隆等 ^[32]	Wright等 ^[37] , Smith等 ^[38] , Ladson等 ^[51]
3	辽河流域河流栖息地评价River Habitat Quality Assessment in the Liao River Basin	2007	辽河流域河流	郑炳辉等 ^[31]	Barbour等 ^[46]
4	挠力河流域河流生境质量指数Index of Stream Habitat Quality of Naoli River Watershed	2010	挠力河流域河流	王建华等 ^[33]	郑炳辉等 ^[31] , Barbour等 ^[46] , Ladson等 ^[51]
5	太湖流域河流生境质量评价体系River Habitat Quality Evaluation System in Taihu Lake Basin	2012	太湖流域	刘华等 ^[35]	郑炳辉等 ^[31] , Fox等 ^[23] , 王建华等 ^[33] , Barbour等 ^[46] , Ladson等 ^[51]
6	浑河流域河流生境评价指标体系River Habitat Assessment System in Hun River Valley	2012	浑河流域河流	肖琳等 ^[112]	Fox等 ^[23] , Wright等 ^[37] , Barbour等 ^[46] , Ladson等 ^[51]
7	蒲河流域河流生境质量评价体系River Hbaitat Quality Evaluation System of Pu River Basin	2015	蒲河流域河流	王琮等 ^[112]	Petersen. ^[21] , Barbour等 ^[24] , 郑炳辉等 ^[31]
8	海河流域河流生境质量 (RHQ) Assessment of River Habitat Quality in Hai River Basin	2015	海河流域	Ding等 ^[34]	Petersen. ^[21] , Fox等 ^[23] , Barbour等 ^[24] , Ladson等 ^[51]
9	小清河流域健康评估体系Ecological Health Assessment Indicator System of Xiaoqing River Basin	2017	小清河流域	张颖睿 ^[114]	Barbour等 ^[24]
10	生境综合质量评估 (CHQI) Comprehensive Habitat Quality Index	2018	渭河流域	Yang等 ^[55]	Milner ^[20]
11	河流生境质量评价指标体系River Habitat Quality Evaluation Index System	2018	清溪河流域	闵梦月 ^[115]	Ladson等 ^[51] , 吴阿娜 ^[54]
12	平原河网地区城市河流生境评价体系Urban River Habitat Assessment System in the Plain Network Region	2007	上海地区河流	陈婷 ^[116] , 施展 ^[117]	Fox等 ^[23] , Barbour等 ^[46] , Ladson等 ^[51]
13	南水北调东线河流生境质量评价体系River Habitat Quality Assessment System on East Route of South to North Water Transfer Project	2016	南水北调东线徐州段河流	王雁等 ^[118]	曹敏 ^[27] , 刘华等 ^[35]
14	北运河河流生态系统健康评价指标体系Health Assessment Indices of Stream Ecosystem in the North Canal River Basin	2017	北京北运河河流	顾晓均等 ^[119]	Ladson等 ^[51]
15	北京市流域生态健康评价指标体系Assessment Index System of Watershed Ecosystem Health in Beijing	2017	北京市白河和潮河流域	徐菲等 ^[120]	刘华等 ^[35] , 吴阿娜 ^[54]
16	城市河流形态评估 (USM) Assessment of Urban Stream Morphology	2010	Urban Streams	Xia等 ^[109]	—
17	平原河流生态系统功能评估(APREF) Assessment of Plain River Ecosystem Function	2013	阜阳河	Yang等 ^[110]	—
18	国家河流健康评估项目 (NRHAP) National River Health Assessment Program	2017	—	Gippel等 ^[111]	Speed等 ^[121]

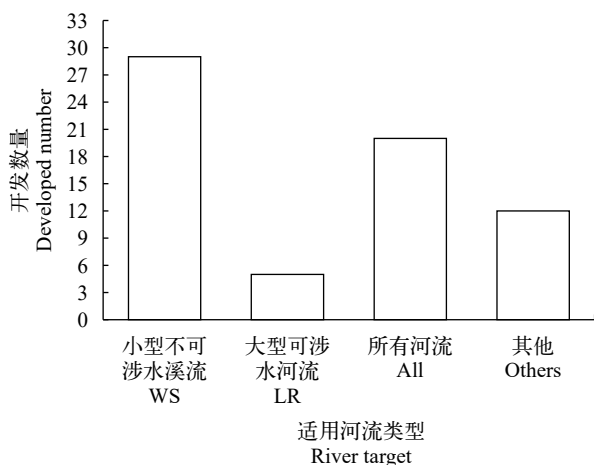


图2 适用不同河流类型的生境评估方法数量比较

Fig. 2 Number of river habitat assessment methods in different river targets

适用河流范围中分为不可涉水的大型河流(LR)、可涉水的中小型河流(Ws), 适用于所有河流和小溪(All), 以及未具体指出适用河流范围(Others)四类

LR. Non-wadeable large rivers, WS. Wadeable streams, All. Rivers and streams and Others

无法全面地评估河流健康状况。目前河流生境的研究方法较多, 每种方法都有自身的适用范围, 大多数方法主要用于中小型河流的生态影响和生态修复评价, 而不太适用于大型河流生境评价。

因此, 对于我国流域生境评估研究建议从如下几点加强:

(1)确定科学的评分指标: 不同国家、地区, 处于不同的社会经济发展阶段, 保护的目标不同, 评价的目的也不同, 也就需要不一样的评分标准。但河流生境评估的内涵基本是基于生态完整性的评估, 虽然具体指标体系略有不同, 但基本架构均会包含物理栖息地、化学指标、水文地貌指标、生物完整性等四大类。我国河流众多, 不同大小和不同地区的河流有各自不同的特点, 其评价的目的也不相同。我国的河流生境评价方法要满足不同地区、不同类型河流评价与管理需要, 应该从目标评价河流的实际状况特征出发, 明确评价目的并建立关键的评价指标, 并应满足不同的应用人群需求来制定。对于中小型的可涉水河流, 应当结合中小型河流的区域特点, 对于生态流量、水沙状况等影响较大的指标进行优化调整, 以保证河流生境评估体系的科学性。而对于大型的不可涉水河流, 则需要从全流域出发, 从景观尺度深入, 构建河流的流域生境评估体系。

(2)扩大评估范围: 现在国内的河流生境评估方法大多是只停留在对某一条或几条河流的生境的

评估, 还未深入到对集水区或流域的生境评估, 要从景观和流域尺度进行环境质量监测, 关注整个流域的生态状况, 对河流、流域的生境健康评价研究有着更重大的意义。

(3)扩大时间尺度: 随着河流生态评估体系的发展, 越来越多的河流进行了生境评估, 但流域生态系统的物理生境变化具有一定的滞后性, 快速即时的评估依然无法让河流状况得到及时防治。因此我们应该在生境评估系统上叠加时间尺度, 对河流健康状况进行连续性的监测, 并且与监测站的水质变化数据相结合, 建立相关的数学模型, 以达到长期动态的监测评估。

(4)建立统一数据共享平台或者数据库: 由于河流所处的流域一般是跨行政单位的, 因此可获得的数据通常是从不同省市的单位获得, 加之各单位的指标记录各不相同, 这就导致流域内数据偏差较大。因此我们需要建立统一数据共享平台或者数据库以整合不同地区的河流数据, 避免重复性的测量。

总之, 我国的河流生境评估研究还需要大力发展, 通过政府宏观规划, 建立一套适用于我国河流生态系统的评估体系, 为河流及流域的生态健康管理提供参考, 以期能够实现我国河流生态健康的可持续发展。

参考文献:

- [1] Malmqvist B, Rundle S. Threats to the running water ecosystems of the world [J]. *Environmental Conservation*, 2002, **29**(2): 134-153.
- [2] Sweeney B W, Bott T L, Jackson J K, et al. Riparian deforestation, stream narrowing, and loss of stream ecosystem services [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2004, **101**(39): 14132-14137.
- [3] Allan J D, Castillo M M. Stream Ecology: Structure and Function of Running Water [M]. Netherlands: Springer Science Publishers, 2007: 75-103.
- [4] Southwood T R E. Habitat, the templet for ecological strategies [J]. *Journal of Animal Ecology*, 1977, **46**(2): 337-365.
- [5] Schweiger E W, Bolgrien D W, Angradi T R, et al. Environmental monitoring and assessment of a Great River ecosystem: The Upper Missouri River pilot [J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2005, **103**(1-3): 21-40.
- [6] Palmer M A, Bernhardt E S, Allan J D, et al. Standards for ecologically successful river restoration [J]. *Journal of Applied Ecology*, 2005, **42**(2): 208-217.
- [7] Shrestha S, Farrelly J, Eggleton M, et al. Effects of con-

- ervation wetlands on stream habitat, water quality and fish communities in agricultural watersheds of the lower Mississippi River Basin [J]. *Ecological Engineering*, 2017, (107): 99-109.
- [8] Dong Z R. River health connotation [J]. *China Water Resources*, 2005(4): 15-18. [董哲仁. 河流健康的内涵 [J]. *中国水利*, 2005(4): 15-18.]
- [9] Gao H B, Mei W J, Guo T X, *et al.* Impacts of different impoundment periods of Gezhouba and Three Gorges Reservoirs on flow and sediment load of mid-lower Yangtze River [J]. *Yangtze River*, 2016, **47**(19): 37-41. [高慧滨, 梅王洁, 郭田潇, 等. 葛洲坝-三峡水库不同蓄水阶段对中游水沙影响 [J]. *人民长江*, 2016, **47**(19): 37-41.]
- [10] Dudgeon D, Arthington A H, Gessner M O, *et al.* Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges [J]. *Biological Reviews*, 2006, **81**(2): 163-182.
- [11] Sala O E, Chapin F S, Armesto J J, *et al.* Global biodiversity scenarios for the year 2100 [J]. *Science*, 2000, **287**(5459): 1770-1774.
- [12] Gleick P H. Water in crisis: Paths to sustainable water use [J]. *Ecological Applications*, 1998, **8**(3): 571-579.
- [13] Liu P P, Wang L, Wang P, *et al.* The characteristics of zooplankton community and water quality in the Shaying River Basin [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2018, **42**(2): 373-381. [刘盼盼, 王龙, 王培, 等. 沙颍河流域浮游动物群落结构空间变化特征与水质评价 [J]. *水生生物学报*, 2018, **42**(2): 373-381.]
- [14] Wang S, Yang T, Li X P, *et al.* Zooplankton community structure and the water quality in the Wei River Basin [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2019, **43**(6): 1333-1345. [王硕, 杨涛, 李小平, 等. 渭河流域浮游动物群落结构及其水质评价 [J]. *水生生物学报*, 2019, **43**(6): 1333-1345.]
- [15] Newson M D, Clark M J, Sear D A, *et al.* The geomorphological basis for classifying rivers [J]. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 1998, **8**(4): 415-430.
- [16] Ward J V, Tockner K, Uehlinger U, *et al.* Understanding natural patterns and processes in river corridors as the basis for effective river restoration [J]. *Regulated Rivers: Research & Management*, 2001, **17**(4-5): 311-323.
- [17] Kern K, Fleischhacker T, Sommer M, *et al.* Ecomorphological survey of large rivers: Monitoring and assessment of physical habitat conditions and its relevance to biodiversity [J]. *Large Rivers*, 2002, **13**(1-2): 1-28.
- [18] Platts W S, Megahan W F, Minshall G W. Methods for Evaluating Stream, Riparian, and Biotic Conditions [M]. Ogden, UT: US Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, 1983: 1-70.
- [19] Rankin E T. The Qualitative Habitat Evaluation Index (QHEI): Rationale, Methods, and Application [M]. Columbus, Ohio: Ohio EPA, Division of Surface Water Ecological Assessment Section, 1989: 2-31.
- [20] Milner N J, Hemsworth R J, Jones B E. Habitat evaluation as a fisheries management tool [J]. *Journal of Fish Biology*, 1985, **27**: 85-108.
- [21] Petersen R C. The RCE-A riparian, channel, and environmental inventory for small streams in the agricultural landscape [J]. *Freshwater Biology*, 1992, **27**(2): 295-306.
- [22] White L J, Ladson T. An Index of Stream Condition: User' Manual [M]. Melbourne: Department of Natural Resources and Environment, 1997: 6-53.
- [23] Fox P J A, Naura M, Scarlett P. An account of the derivation and testing of a standard field method, River Habitat survey [J]. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 1998, **8**(4): 455-475.
- [24] Barbour M T, Gerritsen J, Snyder B D, *et al.* Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish [M]. Washington DC: US Environmental Protection Agency, 1999: 1-33.
- [25] Wilhelm J G O, Allan J D, Wessell K J, *et al.* Habitat assessment of non-wadeable rivers in Michigan [J]. *Environmental Management*, 2005, **36**(4): 592-609.
- [26] US Environmental Protection Agency. National Rivers and Streams Assessment 2013/14: Field Operations Manual Non-wadeable [M]. Washington D. C.: US Environmental Protection Agency, Office of Water and Office of Research and Development, 2013: 53-80.
- [27] Cao M, Wu E N, Che Y, *et al.* Application of RBPs for the habitat assessment of Suzhou Creek [J]. *Journal of East China Normal University (Natural Science)*, 2012(3): 130-137. [曹敏, 吴阿娜, 车越, 等. RBPs在苏州河水系生境评价中的应用 [J]. *华东师范大学学报(自然科学版)*, 2012(3): 130-137.]
- [28] Wang Q, Yuan X Z, Liu H, *et al.* Stream habitat assessment of Dong River, China, using River Habitat Survey method [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2014, **34**(6): 1548-1558. [王强, 袁兴中, 刘红, 等. 基于河流生境调查的东河河流生境评价 [J]. *生态学报*, 2014, **34**(6): 1548-1558.]
- [29] Chen P, Zhang T R, Liu H, *et al.* Habitat evaluation for typically small and medium rivers in Guangdong Province based on RBPs [J]. *Guangdong Water Resources and Hydropower*, 2017(1): 21-25. [陈鹏, 张庭荣, 刘慧, 等. 基于RBPs的广东省典型中小河流生境评价 [J]. *广东水利水电*, 2017(1): 21-25.]
- [30] Zhao Y W, Yang Z F, Yao C Q. Basic frameworks of health assessment and restoration of Yellow River [J]. *Journal of Soil Water Conservation*, 2005, **19**(5): 133-136+175. [赵彦伟, 杨志峰, 姚长青. 黄河健康评价与修

- 复基本框架 [J]. 水土保持学报, 2005, **19**(5): 133-136+175.]
- [31] Zheng B H, Zhang Y, Li Y B. Study of indicators and methods for river habitat assessment of Liao River Basin [J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2007, **27**(6): 928-936. [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 [J]. *环境科学学报*, 2007, **27**(6): 928-936.]
- [32] Lin M L, Li X Y, Yang M H. Probe into the index system for evaluating the health of the rivers in the Pearl River Basin [J]. *Pearl River*, 2006, (4): 1-3+14. [林木隆, 李向阳, 杨明海. 珠江流域河流健康评价指标体系初探 [J]. *人民珠江*, 2006, (4): 1-3+14.]
- [33] Wang J H, Tian J H, Lü X G. Assessment of stream habitat quality in Naoli River watershed, China [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, **30**(2): 481-486. [王建华, 田景汉, 吕宪国. 挠力河流域河流生境质量评价 [J]. *生态学报*, 2010, **30**(2): 481-486.]
- [34] Ding Y K, Shan B Q, Zhao Y. Assessment of river habitat quality in the Hai River Basin, northern China [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2015, **12**(9): 11699-11717.
- [35] Liu H, Cai Y, Yu M Q, *et al.* Assessment of river habitat quality in Yixing district of Taihu Lake basin [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2012, **31**(5): 1288-1295. [刘华, 蔡颖, 於梦秋, 等. 太湖流域宜兴片河流生境质量评价 [J]. *生态学杂志*, 2012, **31**(5): 1288-1295.]
- [36] Yang W H, Yan Z M, Wu J H. Advance in river health assessment [J]. *Journal of Hohai University* (Natural Sciences), 2005, **33**(6): 5-9. [杨文慧, 严忠民, 吴建华. 河流健康评价的研究进展 [J]. *河海大学学报 (自然科学版)*, 2005, **33**(6): 5-9.]
- [37] Wright J F, Moss D, Armitage P D, *et al.* A preliminary classification of running-water sites in Great Britain based on macro-invertebrate species and the prediction of community type using environmental data [J]. *Freshwater Biology*, 1984, **14**(3): 221-256.
- [38] Smith M J, Kay W R, Edward D H D, *et al.* AusRivAS: using macroinvertebrates to assess ecological condition of rivers in Western Australia [J]. *Freshwater Biology*, 1999, **41**(2): 269-282.
- [39] Davies N M, Norris R H, Thoms M C. Prediction and assessment of local stream habitat features using large-scale catchment characteristics [J]. *Freshwater Biology*, 2000, **45**(3): 343-369.
- [40] Wright J F. Development and use of a system for predicting the macroinvertebrate fauna in flowing waters [J]. *Australian Journal of Ecology*, 1995, **20**(1): 181-197.
- [41] Barton D T. The use of Percent Model Affinity to assess the effects of agriculture on benthic invertebrate communities in headwater streams of southern Ontario, Canada [J]. *Freshwater Biology*, 1996, **36**(2): 397-410.
- [42] Todd C, Roux D. Design of an aquatic biomonitoring programme, using the South African River Health Programme as a Case Study [A]//First WARFSA/WaterNet Symposium: Sustainable Use of Water Resources [C]. Maputo, 2000: 1-8.
- [43] Kamp U, Binder W, Holzl K. River habitat monitoring and assessment in Germany [J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2007, **127**(1-3): 209-226.
- [44] Jeffers J N R. Characterization of river habitats and prediction of habitat features using ordination techniques [J]. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 1998, **8**(4): 529-540.
- [45] Raven P J, Holmes N T H, Dawson F H, *et al.* River habitat quality: the physical character of rivers and streams in the UK and Isle of Man. River Habitat Survey, Report No. 2 [R]. Environment Agency, Scottish Environment Protection and Environment and Heritage Service. 1998: 7-18.
- [46] Barbour M T, Gerritsen J, Griffith G E, *et al.* A Framework for biological criteria for Florida streams using benthic macroinvertebrates [J]. *Journal of the North American Benthological Society*, 1996, **15**(2): 185-211.
- [47] Raven P J, Fox P, Everard M, *et al.* River Habitat Survey: A New System for Classifying Rivers according to their Habitat Quality [M]//Boon P J (Eds.), *Freshwater Quality: Defining the indefinable*. Edinburgh: Stationery Office, 1996: 215-234.
- [48] Environment Agency. River Habitat Survey in Britain and Ireland. Field Survey Guidance Manual: 2003 Version [M]. Bristol: Environment Agency, 2003: 1-136.
- [49] Raven P J, Holmes N T H, Dawson F H, *et al.* Quality assessment using river habitat survey data [J]. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 1998, **8**(4): 477-499.
- [50] Ladson T. An Index of Stream Condition: Field Manual [M]. Melbourne: Department of Natural Resources and Environment, 1999: 1-33.
- [51] Ladson A R, White L J, Doolan J A, *et al.* Development and testing of an index of stream condition for waterway management in Australia [J]. *Freshwater Biology*, 1999, **41**(2): 453-468.
- [52] Kamp U, Bock R, Hölzl K. Assessment of river habitat in Brandenburg, Germany [J]. *Limnologica*, 2004, **34**(3): 176-186.
- [53] Meier K. Derzeitiger ökologischer Zustand der Fließgewässer im Vergleich mit den Zustandszielen der Wasserrahmenrichtlinien der Europäischen Union [M]//Lohr M, Schumacher E (Eds.), *Gerken: Renaturierung von Bächen, Flüssen und Strömen, Angewandte Landschaftsökologie*, 2000: 1-30.
- [54] Wu E N, Yang K, Che Y, *et al.* Application of river health assessment for urban river management [J]. *China Environmental Science*, 2006, **26**(3): 359-363. [吴阿娜,

- 杨凯, 车越, 等. 河流健康评价在城市河流管理中的应用 [J]. *中国环境科学*, 2006, **26**(3): 359-363.]
- [55] Yang T, Wang S, Li X, *et al.* River habitat assessment for ecological restoration of Wei River Basin, China [J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2018, **25**(17): 17077-17090.
- [56] Smith R D, Ammann A, Bartoldus C, *et al.* An approach for assessing wetland functions using hydrogeomorphic classification, reference wetlands, and functional indices [R]. US Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station, 1995: 1-56.
- [57] Muhar S. Habitat improvement of Austrian rivers with regard to different scales [J]. *Regulated Rivers: Research & Management*, 1996, **12**(4-5): 471-482.
- [58] Binder W, Kraier W. Gewässerstrukturgütekartierung bundesrepublik deutschland-stand und ausblick [J]. *Wasserwirtschaft*, 1999, **89**(1): 30-33.
- [59] 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.
- [60] Galli J. Development and Application of the Rapid Stream Assessment Technique (RSAT) in the Maryland Piedmont [C]. Effects of Watershed Development and Management on Aquatic Ecosystems. Washington D. C.: Clean Water Services Watershed Management Division, 1997: 295-305..
- [61] Overton C K, Wollrab S P, Roberts C B, *et al.* R1/R4 (Northern/Intermountain Regions) Fish and Fish Habitat Standard Inventory Procedures Handbook [M]. Ogden, UT: Forest Service, United States Department of Agriculture, 1997: 1-82.
- [62] US Environmental Protection Agency. Volunteer Stream Monitoring: a methods manual [R]. Washington D. C. 20460: Office of Water 4503F, United States Environmental Protection Agency, 1997: 1-237.
- [63] Fitzpatrick F A, Waite J R, D'Arconte P J, *et al.* Revised Methods for Characterizing Stream Habitat in the National Water Quality Assessment Program [R]. Water-Resources Investigations Report, 1998: 3-54.
- [64] Bjorkland R, Pringle C M, Newton B. A stream visual assessment protocol (SVAP) for riparian landowners [J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 1999, **68**(2): 99-125.
- [65] Kaufmann P R, Levine P, Robison E G, *et al.* Quantifying physical habitat in wadeable streams [R]. Washington D. C.: Environmental Monitoring and Assessment Program, U.S. Environmental Protection Agency, 1999: 8-19.
- [66] Oregon Watershed Enhancement Board. Oregon watershed assessment manual. Watershed Condition Evaluation [R]. Oregon, US: Oregon Watershed Enhancement Board, 2000: 5-10.
- [67] Yetman K T. Using Maryland's Stream Corridor Assessment survey to prioritize watershed restoration efforts [J]. *Jawra Journal of the American Water Resources Association*, 2002, **38**(4): 905-914.
- [68] Minnesota Pollution Control Agency. Physical Habitat and Water Chemistry Assessment Protocol for Wadeable Stream Monitoring Sites [R]. Minnesota Pollution Control Agency, 2002: 1-10.
- [69] Ohio Environmental Protection Agency. Field Evaluation Manual for Ohio's Primary Headwater Habitat Streams, Final Ver. 1.0 [M]. Columbus, Ohio: Ohio EPA Division of Surface Water, 2002: 12-53.
- [70] Crowe E, Kudray G. Wetland Assessment of the White-water Watershed [R]. Helena US: Bureau of Land Management, Malta Field Office, 2003: 7-30.
- [71] Davenport A J, Gurnell A M, Armitage P D. Habitat survey and classification of urban rivers [J]. *River Research and Applications*, 2004, **20**(6): 687-704.
- [72] Idaho Department of Environmental Quality. Beneficial Use Reconnaissance Program Field Manual for Streams (BURP) [R]. Boise: Idaho Department of Environmental Quality, 2004: 15-75.
- [73] Somerville D E, Pruitt B A. Physical Stream Assessment: A Review of Selected Protocols for Use in the Clean Water Act Section 404 Program [R]. Washington D. C.: Office of Wetlands, Oceans, and Watersheds, Wetlands Division, US Environmental Protection Agency, 2004: 1-213.
- [74] US Environmental Protection Agency. Wadeable Streams Assessment (WASs): Field operations manual [R]. Washington D. C.: Office of Water and Office of Research and Development, 2004: 15-32.
- [75] Vermont Agency of Natural Resources. Vermont Stream Geomorphic Assessment: Rapid Stream Assessment [R]. Vermont: Vermont Agency of Natural Resources, 2009: 1-14.
- [76] US Forest Service. Stream Inventory Handbook - Level I & II [R]. US Forest Service, Department of Agriculture, Pacific Northwest Region, 2006: 1-117.
- [77] Harding J S, Clapcott J E, Quinn J M, *et al.* Stream Habitat Assessment Protocols for Wadeable Rivers and Streams of New Zealand [M]. New Zealand: University of Canterbury, 2009: 23-76.
- [78] Courtemanch D, Dennis M E, Varricchione J. Stream Survey Manual: A Citizen's Primer on Stream Ecology, Water Quality, Hydrology, and Fluvial Geomorphology [R]. Maine: Maine Stream Team Program of the Maine Department of Environmental Protection, 2009: 8-19.
- [79] Pan Y, Hughes R M, Herlihy A T, *et al.* Non-wadeable river bioassessment: spatial variation of benthic diatom assemblages in Pacific Northwest rivers, USA [J]. *Hydrobiologia*, 2012, **684**(1): 241-260.
- [80] Stranko S, Boward D, Kilian J, *et al.* Maryland Biologi-

- cal Stream Survey, Round Four Field Sampling Manual [M]. Maryland: Maryland Department of Natural Resources, 2014: 11-37.
- [81] Raven P J, Holmes N T H, Naura M, *et al.* Using river habitat survey for environmental assessment and catchment planning in the UK [J]. *Hydrobiologia*, 2000, **422**: 359-367.
- [82] Wilkinson J, Martin J, Boon P J, *et al.* Convergence of field survey protocols for SERCON (System for Evaluating Rivers for Conservation) and RHS (River Habitat Survey) [J]. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 1998, **8**(4): 579-596.
- [83] Tickner D, Armitage P D, Bickerton M A, *et al.* Assessing stream quality using information on mesohabitat distribution and character [J]. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 2000, **10**(3): 179-196.
- [84] Branson J, Hill C, Hornby D D, *et al.* A Refined Geomorphological and Floodplain Component River Habitat Survey (GeoRHS) [M]. Bristol: Environment Agency, 2005: 21-84.
- [85] Davies P E, Harris J, Hillman T, *et al.* The sustainable rivers audit: assessing river ecosystem health in the Murray Darling Basin, Australia [J]. *Marine and Freshwater Research*, 2010, **61**(7): 764-777.
- [86] Bunn S E, Abal E G, Smith M J, *et al.* Integration of science and monitoring of river ecosystem health to guide investments in catchment protection and rehabilitation [J]. *Freshwater Biology*, 2010, **55**: 223-240.
- [87] Scheifhacken N, Haase U, Gram-Radu L, *et al.* How to assess hydromorphology? A comparison of Ukrainian and German approaches [J]. *Environmental Earth Sciences*, 2012, **65**(5): 1483-1499.
- [88] Feld C K. Identification and measure of hydromorphological degradation in Central European lowland streams [J]. *Hydrobiologia*, 2004, **516**(1): 69-90.
- [89] Lamberty G, Zumbroich T, Ribbe L, *et al.* Quantifying bias in hydromorphological monitoring: an evaluation of the German LAWA-OS method [J]. *Environmental Earth Sciences*, 2016, **75**(22): 1435.
- [90] Pardo I, Álvarez M, Casas J, *et al.* El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat [J]. *Limnetica*, 2002, **21**(3-4): 115-133.
- [91] Munné A, Solà C, Pagés J. HIDRI: Protocolo Para la Valoración de la Calidad Hidromorfológica de Los RÍOs [M]. Barcelona: Agència Catalana de l'Aigua, 2006: 7-52.
- [92] González del Tánago M, García de Jalón D. Riparian Quality Index (RQI): a methodology for characterising and assessing the environmental conditions of riparian zones [J]. *Limnetica*, 2011, **30**(2): 235-254.
- [93] Valero E, Álvarez X, Picos J. An assessment of river habitat quality as an indicator of conservation status. A case study in the Northwest of Spain [J]. *Ecological Indicators*, 2015, **57**: 131-138.
- [94] Muhar S, Jungwirth M. Habitat integrity of running waters - assessment criteria and their biological relevance [J]. *Hydrobiologia*, 1998, **386**: 195-202.
- [95] Muhar S, Schwarz M, Schmutz S, *et al.* Identification of rivers with high and good habitat quality: methodological approach and applications in Austria [J]. *Hydrobiologia*, 2000, **422**: 343-358.
- [96] Schneiders A, Verhaert E, Blust G D, *et al.* Towards an ecological assessment of watercourses [J]. *Journal of Aquatic Ecosystem Health*, 1993, **2**(1): 29-38.
- [97] Wils C, Schneiders A, Bervoets L, *et al.* Assessment of the ecological value of rivers in Flanders (Belgium) [J]. *Water Science Technology*, 1994, **30**(10): 37-47.
- [98] Lehotský M, Grešková A. Establishment of the protocol on monitoring and assessment of the hydromorphological elements [R]. Slovakia: Slovak Hydrometeorological Institute, 2003: 2-16.
- [99] Lehotský M, Grešková A. Fluvial geomorphological approach to river assessment-methodology and procedure [J]. *Geografický Časopis*, 2007, **59**(2): 107-129.
- [100] Dallas H F. A preliminary evaluation of aspects of SASS (South African Scoring System) for the rapid bioassessment of water quality in rivers, with particular reference to the incorporation of SASS in a national biomonitoring programme [J]. *Southern African Journal of Aquatic Sciences*, 1997, **23**(1): 79-94.
- [101] Roux D J. Design of a national programme for monitoring and assessing the health of aquatic ecosystems, with specific reference to the South African river health programme [J]. *Environmental Science Forum*, 1999, **96**: 13-32.
- [102] Agence de L'eau Rhin-Meuse. Outil d'évaluation de la qualité du milieu physique-synthese [R]. Metz: Agence De L'eau Rhin-Meuse, 1996: 1-16.
- [103] Murphy M, Toland M. River hydromorphology assessment technique (RHAT). Training guide [R]. Ireland: Training guide. Northern Ireland Environment Agency, Department of the Environment, 2012: 2-18.
- [104] Stevens L E, Stacey P B, Jones A L, *et al.* A protocol for rapid assessment of southwestern stream-riparian ecosystems [C]. Proceedings of the Seventh Biennial Conference of Research on the Colorado Plateau Titled the Colorado Plateau II, Biophysical, Socioeconomic, and Cultural Research, 2005: 397-420.
- [105] Siligardi M, Bernabei S, Cappeletti C, *et al.* I.F.F. Indice di funzionalità fluviale [R]. Roma: Agenzia Nazionale per la Protezione dell'ambiente (ANPA), 2002: 6-10.
- [106] Oliveira S V, Cortes R M V. A biologically relevant habitat condition index for streams in northern Portugal [J]. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 2005, **15**(2): 189-210.

- [107] Tavzes B, Urbanic G. New indices for assessment of hydromorphological alteration of rivers and their evaluation with benthic invertebrate communities; Alpine case study [J]. *Review of Hydrobiology*, 2009, **2**: 133-161.
- [108] Matoušková M, Dvůrák M. Assessment of physical habitat modification in the Bílina River Basin [J]. *Limnetica*, 2011, **30**(2): 293-306.
- [109] Xia T, Zhu W, Xin P, *et al.* Assessment of urban stream morphology: an integrated index and modelling system [J]. *Environmental Monitoring Assessment*, 2010, **167**(1): 447-460.
- [110] Yang T, Liu J, Chen Q. Assessment of plain river ecosystem function based on improved gray system model and analytic hierarchy process for the Fuyang River, Haihe River Basin, China [J]. *Ecological Modelling*, 2013, **268**: 37-47.
- [111] Gippel C, Zhang Y, Qu X D, *et al.* Chapter 18 - Design of a National River Health Assessment Program for China [C]//Hart B T, Doolan J (Eds.), *Decision Making in Water Resources Policy and Management*. Academic Press, 2017: 321-339.
- [112] Xiao L. Classification of river habitat and establishment of assessment system in Hun River Valley [D]. Chongqing: Southeast University, 2012: 17-20. [肖琳. 浑河流域河流生境的分类及其评价体系构建 [D]. 重庆: 西南大学, 2012: 17-20.]
- [113] Wang Q, Fan Z P, Li F Y, *et al.* River habitat quality assessment, water quality analysis and their response relation of Puhe River Basin [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2015, **34**(2): 516-523. [王琼, 范志平, 李法云, 等. 蒲河流域河流生境质量综合评价及其与水质响应关系 [J]. 生态学杂志, 2015, **34**(2): 516-523.]
- [114] Zhang Y R. Research on watershed ecosystem health assessment of Xiaoqing River [D]. Jinan: Shandong University, 2017: 13-18. [张颖睿. 小清河流域生态健康评估研究 [D]. 济南: 山东大学, 2017: 13-18.]
- [115] Min M Y. Assessment of river habitat quality in Qingyihe Basin and the relationship with land use [D]. Nanjing: Nanjing University, 2018: 17-28. [闵梦月. 清沂河流域生境质量评价及其与土地利用关系的研究 [D]. 南京: 南京大学, 2018: 17-28.]
- [116] Chen T. Studies on habitat assessment of urban river in China's plain water network region - a case study in Shanghai [D]. Department of Environmental Science, Shanghai: East China Normal University, 2007: 23-35. [陈婷. 平原河网地区城市河流生境评价研究 [D]. 上海: 华东师范大学, 2007: 23-35.]
- [117] Shi Z. Study on riparian zone habitat assessment of urban river in China's plain water network region - A case study of Suzhou River in Shanghai [D]. Shanghai: East China Normal University, 2008: 25-38. [施展. 平原河网地区城市河流滨岸带生境评价研究 [D]. 上海: 华东师范大学, 2008: 25-38.]
- [118] Wang Y, Zhao J H, Huang Q, *et al.* Assessment of river habitat quality of Xuzhou reach on East Route of South to North Water Transfer Project [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2016, **25**(6): 965-973. [王雁, 赵家虎, 黄琪, 等. 南水北调东线工程徐州段河流生境质量评价 [J]. 长江流域资源与环境, 2016, **25**(6): 965-973.]
- [119] Gu X Y, Xu Z X, Liu L F, *et al.* Health assessment of stream ecosystem in the North Canal River Basin, Beijing, China [J]. *Environmental Science*, 2018, **39**(6): 2576-2587. [顾晓昀, 徐宗学, 刘麟菲, 等. 北京北运河河流生态系统健康评价 [J]. 环境科学, 2018, **39**(6): 2576-2587.]
- [120] Xu F, Wang Y G, Zhang N, *et al.* Health assessment of watershed ecosystems: the Chao River and Bai River Basins as a case study [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2017, **37**(3): 932-942. [徐菲, 王永刚, 张楠, 等. 北京市白河和潮河流域生态健康评价 [J]. 生态学报, 2017, **37**(3): 932-942.]
- [121] Speed R, Gippel C, Bond N, *et al.* River Health and Environmental Flow in China Project: Final Report and Summary of Findings [R]. Brisbane: International Water Centre, 2012: 325-334.
- [122] Bolgrien D W, Angradi T R, Schweiger E W, *et al.* Contemplating the assessment of great river ecosystems [J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2005, **103**(1): 5-20.

A REVIEW OF RIVER HABITAT ASSESSMENTS AND APPLICATIONS

LU Ying^{1,2} and CHEN Yu-Shun^{1,2,3}

(1. *Dalian Ocean University, Dalian 116023, China*; 2. *State Key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology, Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China*; 3. *University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China*)

Abstract: River habitat is the integration of physical, chemical, and biological conditions that river organisms rely on, and is an important part of river ecosystems. Assessments of river habitat can help understand river ecological health condition, identify causes of habitat degradation, and provide clues and solutions for river ecological restorations. We reviewed river habitat assessment methods and applications from the global literature pool that published between the 1980s and 2018. According to their focuses and objectives, these methods were divided into two types: predictive model and multi-variable assessment method. We then compared advantages and disadvantages of these methods. The predictive model method is suitable for monitoring long-term habitat dynamics, but it needs to take natural undisturbed rivers as a reference and requires a large amount of historical data. This method is not easy to be developed and applied in a nationwide scale. The multi-variable assessment method is rapid and convenient, but its evaluating process is relatively complex and the evaluation criteria are different by regions, so the findings may have some limitations. We also summarized and classified these methods into the ones suitable for small and medium Wadeable streams and the ones suitable for large non-Wadeable rivers where the latter is less developed. Most of the current river habitat assessment applications in Chinese rivers are developed and modified from one or two most commonly used ones in other countries. Moreover, those applications and modifications are individual river-based, and the habitat conditions of these river basins have not been well studied. Thus, we suggest the following approaches to further develop habitat assessment methods for Chinese rivers to reach sustainable river basin management: (1) determine more scientific and standardized scoring indicators and meet the characteristics of different rivers according to their local conditions; (2) expand the scope of assessments, conduct habitat monitoring from watershed and landscape scale, and pay attention to the health status of the whole river basin; (3) expand the time scale, establish models and conduct long-term dynamic evaluations; and (4) encourage the government to initiate large scale planning and collaborations among management agencies, and to integrate region-based habitat data and establish the nationwide river habitat mega database.

Key words: River habitat assessment; Multi-variable assessment method; Predictive model method; Wadeable streams; Non-Wadeable rivers