

河流健康评价的研究进展

杨文慧,严忠民,吴建华

(河海大学水利水电学院,江苏 南京 210098)

摘要 对河流健康的概念进行了辨析,回顾了河流健康评价的发展状况,总结了河流健康评价的对象、评价指标的选取及主要采用的评价方法,提出了今后开展河流健康评价还需对评价标准、评价尺度、评价方法、服务功能评价等方面作进一步的研究.

关键词 河流健康 生态系统 评价方法

中图分类号 X171.1

文献标识码 A

文章编号 1000-1980(2005)06-0607-05

河流生态系统可提供众多的服务功能,这些功能是维系人类生存和经济发展的物质基础及保障条件.但长期以来,人类在河流上进行的拦河筑坝、径流调节、梯级开发使许多河流变成了半人工控制的系统.河流管理中出现了断流、水环境恶化、河床萎缩、水生生物锐减、洪涝灾害频繁等一系列的问题,导致了河流服务功能的逐渐丧失,直接威胁到了人类正常的生产和生活.因此,维持和恢复河流生态系统的健康成了河流管理的重要目标.

1 河流健康的概念

1.1 国外研究

河流健康是伴随生态系统健康概念出现的一个新概念.从河流管理的角度讲,河流健康概念的提出具有现实意义.它的提出有助于科学团体和公众之间的沟通,唤起社会对人类强加于河流影响的关注.

在河流的保护和管理中,对生物和生态系统的强调,使人们很自然地接受了河流健康的概念^[1,2].河流健康的含义,目前还存在争议.1972 年的美国“清洁水法令”为河流健康设定了一个标准,即物理、化学和生物的完整性,其中完整性指的是维持生态系统自然结构和功能的状态^[3],此标准成为河流健康评价的指导原则.类似的定义还有 Schofield 等^[4]提出的“与同一类型没有受到破坏的河流的相似程度,尤其是在生物多样性和生态功能方面”.这些定义强调了河流生态系统的自然属性内容的健康,属于从生态系统观出发的河流健康定义.河流健康问题多是源于人类的影响,人类对河流健康的研究在某种程度上也是以满足人类的需要为前提的.Fairweather 等^[2,5]提出河流健康的社会、经济和政治观点在定义河流健康时是必不可少的,并进一步提出河流健康的判断应包括生态标准和人类由该系统获得的价值、用途和适宜性.澳大利亚的河流健康委员会认为与其环境、社会和经济特征相适应,能够支撑社会所希望的河流生态系统、经济行为和社会功能的河流为健康的河流^[6].文献^[1,5,6]中的定义同时考虑了河流自然生态系统的特征和河流健康的社会价值,认同了河流健康概念是与人类的发展联系在一起的,但没有指明河流健康具体的属性和特征,内容过于抽象化,不便于实际应用.

1.2 国内研究

目前西方发达国家的河流保护工作已进入了生态恢复阶段,而我国还处于水质恢复时期.针对我国的实际情况及河流管理中出现的问题,以黄河治理为重点,水利工作者提出了维持河流健康生命、河流生命和维持黄河健康生命等概念.李国英^[7]指出了维持黄河健康生命就是要维护黄河的生命功能.河流的生命力主要体现在水资源总量、洪水造床能力、水流挟沙能力、水流自净能力、河道生态维护能力等方面.胡春宏等^[8]提出维持黄河健康生命的内涵包括河道的健康、流域生态环境系统的健康和流域社会经济发展与人类活动的

健康等3方面的内容。这些概念强调的是维持河流自身生命的健康,是从工程角度对河流健康的关注。最近,对河流健康的内涵又有了新的认识,刘恒等^[6]指出河流健康的基本范畴表现在水、土、植物和功能4个方面,河流健康的社会经济价值应体现在满足区域和流域生产生活的需要上。相对于国外研究,我国对河流健康的认识更注重河流自身生命和功能的健康。

总之,目前的河流健康涵义还有待于进一步的完善。综合国内外的研究,对河流健康的定义应考虑河流生态系统的特征及对人类社会的服务功能。因此河流健康可定义为河流生态系统可保持自身结构的完整性,并能维持正常的服务功能,满足人类社会发展的合理需求。

2 河流健康评价的发展状况

2.1 国外研究

最初对水体的最大破坏来自于污染物,因此关于河流健康的评价最早开始于对水质的评价,19世纪末期已从严重污染的欧洲少数河流开始^[9]。20世纪80年代初,河流管理的重点由水质保护转到河流生态系统的恢复。水质评价已远远不能满足河流管理的需要,因为水质评价只是对河流健康内容的部分评价,不能揭示损害河流健康多方面的因素,包括在淡水系统退化方面起关键作用的一些因素,例如岸边植被带的损失、污染物扩散、水流状态改变、淤积、外来物种的引入等^[10],因此,河流健康评价的内容也发生了改变,开始转向对河流生态质量的评价。

20世纪80年代,出现了两种重要的河流健康评价和监测的生物学方法,即生态完整性指数(IBM)和河流无脊椎动物预测和分类计划(RIVPACS)^[11]。生态完整性指数IBM产生于美国中西部,最初用于鱼类,后又推广到其他生物。RIVPACS产生于1977年英国淡水生态所的河流实验室,早期目标是促进对保护位置的选择,物种组成类型是其分析重点^[4,11]。这两种评价方法在许多国家得到了应用。美国的许多地区采用IBM作为评价溪流状况的工具以支持水资源计划和决策。澳大利亚在RIVPACS的基础上发展了适合本国的方法AUSRIVAS,并于1993年采用AUSRIVAS进行了第一次全国水资源健康评价^[4]。此外,河流健康评价指数还有藻类丰富度指数(AAI)、硅藻的污染敏感性指数(IPS)、底栖生物完整性指数(B-IBM)等。同一时期,许多国家还发展了河流健康的综合评价方法,较具代表性的有美国、英国、澳大利亚和南非等国家。

美国环保署(EPA)于1989年发展了快速生物评价协议,为用生物群落资料作为生态健康指标提供了一个技术框架。1990年,环保署(USEPA)启动了环境监测评价计划(EMAP),用于监测和评价河流和湖泊的状态和趋势^[12]。国家水质目录(NWQI)为美国的《水清洁法》提供2年一次(1996年后5年一次)的全国水质(包括河流状况)的报告^[13]。英国在20世纪90年代建立了河流保护评价系统(SERCON),目标是用于评价河流的生物和栖息地属性,评价河流的自然保护价值。同一时期还发展了河流栖息地调查(RHS)方法,该方法为英国提供了一个河流分类和未来栖息地评价的标准方法^[14]。此外还有在美国、瑞士、意大利使用的河岸带、河道、环境目录(RCE),采用了16个特征值用于快速评价下游农业景观地区小溪流的物理和生物状态^[15]。

澳大利亚和南非都开展了国家河流健康计划,澳大利亚对河流状态的评价包括水文地貌(特别是栖息地结构、水流状态、连续性)、物理化学参数、无脊椎动物和鱼类集合体、水质、生态毒理学等内容。采用了河流地貌类型(GRS)、河流状态调查(SRS)等多种评价方法。南非的水事务及森林部于1996年发起了“河流健康计划”,它的栖息地完整性指数(IHI)用于评价栖息地主要干扰因素的影响,包括饮水、水流调节、河床与河道的改变、本地岸边植被的去除和外来植被的侵入等内容^[16]。

2.2 国内研究

目前,我国的河流保护工作总体上还处于水质恢复阶段,在水质评价方面已做了大量的工作^[17,18]。评价指标主要采用理化指标,也有部分采用生物指标^[19,20]。近年来,在对城市河流水环境的整治中,开始考虑水质指标之外的其他影响因子。1999年,上海市环境监测中心建立的适用于黄浦江水环境状态评价的指标体系中,就包括了理化指标、生物指标、营养状况指标、景观指标4部分内容^[21]。

自20世纪90年代以来,河流管理中开始重视生态的恢复和保护,关注河流的健康问题。李国英^[7]根据黄河的具体情况,提出了“维持黄河健康生命”的治河新理念,以“堤防不决口,河道不断流,污染不超标,河床不抬高”作为体现终极目标的4个主要标志。2005年4月,长江水利委员会正式出台了健康长江指标体系,包含河道生态需水量满足程度、水功能区水质达标率等18个指标^[22]。该指标体系是针对长江管理的目标和需

要产生的,反映了健康长江管理的组成内容。

3 河流健康评价方法分析

3.1 河流健康评价的对象

国外的河流健康评价是对河流生态状态的评价,以河流生态系统作为评价的对象^[1-3]。在河流的保护和管理中,河流生态系统被描述为四维空间系统,即具有纵向、横向、垂向和时间分量^[23]。在纵向上,从河源到河口均发生物理的、化学的和生物的变化。在横向上,河流与周围的洪泛平原有着密切的联系,河岸的植物起着调节水温、光线、渗漏、侵蚀和输送营养物质、维持水生生物食物链的作用,对河流生物生存具有重要意义,因此河岸带属于河流健康评价的范围。在垂向上,与河流发生相互作用的范围不仅包括地下水对河川径流水文要素和化学成分的影响,而且还包括生活在下层土壤中的有机体。生态系统的结构也会随时间不同而变化,反映出生态系统在时间上的动态性。我国的健康长江指标体系是针对长江管理目标的指标体系。

3.2 河流健康评价指标的选取

国外的河流健康评价反映的是河流生态状态的优劣,几乎不涉及河流对人类的服务功能。评价指标包括生物指标和栖息地指标。河流的水质污染、水文状态和物理结构的改变、外来物种的引入等引起的生态状态的恶化都会在河流生物的结构和功能上有所反映,因此生物指标成为了河流健康评价的主要指标。常用的指示生物包括鱼类、底栖无脊椎动物和着生藻类等。对于生物指标,如果只使用单一指标,当外界干扰在更高层次上对生态系统的结构和功能作用而没有造成物种变化时,这一方法就会不敏感。采用不同生物组织层次上的多个指标可反映这种变化。美国的生态完整性指数 IBI 通过对鱼类类群的组成与分布、种多度以及敏感种、固有种和外来种等方面变化的分析,来评价水体生态系统的健康状态,共采用了 12 项指标^[24]。对河流栖息地状态的评价是河流评价的又一重要方法。河流的生物状态很大程度上决定于栖息地状态,因此对栖息地的评价是生物评价的一个合理替代。栖息地的控制因素包括水流状态、河道结构(地貌)、水质、河岸带、基质、人类干扰等。用于水流状态评价的指标包括水深、流速、流量等,河道结构指标包括河流的蜿蜒度、深潭和浅滩等不同地貌形态的数目及范围、人工建筑物等,河流形态的多样性是生物多样性的基础。水质指标包括 pH 值、溶解氧、浊度、电导率等,是水流污染程度的直接指示。基质指河底材料的组成,例如卵石、砾石、沙土等,为鱼类提供了产卵和遮荫场所。河岸带指标包括河岸的宽度、植被的完整性、覆盖率、连通性、外来物种数量比例等;人类的干扰包括外来物种引入、渠化、抽取地下水、土地开发等。

国内健康长江评价指标体系是一个内容比较完整的指标体系,很好地反映了河流健康包含的研究内容。与国外的评价指标体系比较,健康长江指标体系的每个指标都反映了河流管理内容的一个方面,适用于评价河流的管理效果。

3.3 河流健康评价方法

河流健康评价多以原始状态或干扰极小的状态作为参考状态,即评价标准。

按照指标内容的不同,河流健康评价方法可分为指示物种法和综合评价法。指示物种法是一种评价河流健康状态比较有效的方法,但采用指示物种法评价河流的环境状态需要有大量的生物数据及生物与环境变量间关系的研究作基础,在缺少生物数据及相关研究的区域,指示物种法的使用受到了限制。结合了来自不同学科多个指标的综合评价法,则在一定程度上可弥补指示物种法的不足,更好地评价河流的健康状况,因为在这一类指标体系中包含反映河流健康不同信息的指标,能反映复杂河流生态系统的多尺度、多压力的特征,利于全方位揭示河流存在的问题。许多国家也倾向于发展综合评价法,所以综合评价法将是今后河流健康评价的一个发展方向。但就目前的发展状态看,这种评价方法也存在一定的缺陷,由于河流生态系统本身的复杂性,每个指标体系都包含大量指标,增加了评价工作的难度及工作量,也不便于指标体系的推广使用。

按照评价原理,河流健康的评价方法可分为两类:(a)多变量分析法。在英国和澳大利亚等国使用,通过建立预测模型完成评价工作。该方法以无人工干扰或人为干扰最小的样点作为参照点群,收集参照点群的大型底栖无脊椎动物资料及对应的物理化学资料(与底栖动物组成密切相关的变量)建立预测模型,收集监测点的物理化学资料,代入预测模型,可得到该点底栖动物期望值(E),同时收集监测点底栖动物实际值(O),根据 O/E 值可对河流生态状态进行评价。RIVPACS 和 AUSRIVAS 采用了这种方法。(b)多度量指数评

价法.该方法在美国广泛应用,它首先确定参考状态,通过对监测点的一系列生物、物理、化学性状与参考点的参照性状比较并计分,累加得分进行健康评价. RCE,ISC,IBI 采用了这种方法.多变量分析法的特点是学术性强,但其参考点的选择、物理化学变量的确定都带有很大的主观性,建模过程复杂,评价结果不如多度量指数评价法直观,不易推广使用.多度量指数评价法的程序及结果都相对简单,易于推广应用,但在指标的选择上也存在一定的主观因素,存在如何将不同的指标综合,对结果进行合理解释等问题.

4 存在的问题

河流生态系统组成复杂,涉及因素众多,对其内部的作用机理了解得也不很透彻,这些给确定河流健康标准、选取指标及量化指标带来了一定的影响.未来的河流健康评价还需从以下方面做进一步的研究.

a. 评价标准的选择.现有方法多以原始状态或无干扰状态作为参考状态,即评价标准.不受人类干扰的状态是否就是健康状态还是一个颇有争议的问题.实际中这种不受干扰的状态极少存在,根据历史资料确定也存在一定的难度.另外,自然界本身处于动态的演进过程中,即使河流的原始状态可确定,在现有的外界环境之下是否原始的健康状态还能保持存在,也是一个不定的问题,而且这个健康标准似乎暗示了人类对河流生态的影响作用都属于负面效应.

b. 评价尺度的选取.尺度问题对于资料的收集、指示问题、评价结果的综合都很重要.生物指标因其生命周期的不同,反映出来的是河流健康不同尺度的健康状态,考虑人类的价值,则需要选取较大尺度.采取何种尺度进行评价是河流健康评价中的一个关键问题.

c. 评价方法的研究.对于河流健康的评价,几乎每一种评价方法都涉及大量的指标,需要收集大量的资料,取样方式的不同,数据处理方式的不同,都会影响评价结果的可比性.因此需要加强评价方法的辅助研究,借助先进的计算机技术采集数据,保证取样的一致性、标准化,应用现代数学方法建立合理的评价模型,引入先进的数据处理方式处理数据、输出结果,为评价工作快速有效地进行提供可能性.

d. 服务功能的评价.河流生态系统的服务功能是组成河流健康内容的一部分,因此,对河流健康的评价应考虑河流对人类的服务功能.考虑河流的服务功能时,如何确定评价标准,如何在维持河流生态系统结构的完整性和保持河流的社会服务功能之间建立一种协调状态,对于河流健康的维护具有重要的意义.

5 结 语

河流健康概念的提出和对河流健康评价方法的研究对加强河流管理、保证河流生态系统的良性循环具有重要意义.根据目前的研究状况,为保证评价的有效进行,未来的河流健康评价还需对评价标准、评价尺度、评价方法等方面做进一步的研究.

参考文献:

- [1] NORRIS R H, THOMS M C. What is river health[J]. *Freshwater Biology*, 1999, 41: 197—207.
- [2] FAIRWEATHER P G. State of environment indicators of 'river health': exploring the metaphor[J]. *Freshwater Biology*, 1999, 41: 211—220.
- [3] KARR J R. Defining and measuring river health[J]. *Freshwater Biology*, 1999, 41: 221—234.
- [4] SCHOFIELD N J, DAVIES P E. Measuring the health of our rivers[J]. *Water*, 1996(5—6): 39—43.
- [5] BOULTON A J. An overview of river health assessment: philosophies, practice, problems and prognosis[J]. *Freshwater Biology*, 1999, 41: 469—479.
- [6] 刘恒,涂敏. 对国外河流健康问题的初步认识[J]. *中国水利*, 2005(4): 19—23.
- [7] 李国英. 黄河治理的终极目标是'维持黄河健康生命'[J]. *人民黄河*, 2004, 26(1): 1—3.
- [8] 胡春宏,陈建国,郭庆超,等. 论维持黄河健康生命的关键技术与调控措施[J]. *中国水利水电科学研究院学报*, 2005, 3(1): 1—5.
- [9] 陈静生. 河流水质全球变化研究若干问题[J]. *环境化学*, 1992, 11(2): 43—51.
- [10] MOONEY C, FARRIER D. A micro case study of the legal and administrative arrangements for river health in the Kangaroo River[J]. *Water Science and Technology*, 2002, 45(11—12): 161—168.

[11] KARR J R, CHU E W. Sustaining living rivers[J]. Hydrobiologia,2000,422—423 :1—14.

[12] HUGHES R M,PAULSEN S G, STODDARD J L. EMAP-surface water :a multiassemblage probability survey of ecological integrity in the U S A[J]. Hydrobiologia, 2000, 422—423 :429—443.

[13] LADSON A R. Measuring stream condition[A]. In :BRIZGA S,FINLAYSON B. River management :the Australasian experience[C]. New York :Wiley&Sons Ltd,2000.265—285.

[14] RAVEN P J, HOLMES N T H, NAURA M, et al. Using river habitat survey for environmental assessment and catchment planning in the U K[J]. Hydrolbiologia, 2000,422—423 :359—367.

[15] ROBERT C, PETERSON J R.The RCE :a riparian, channel, and environmental inventory for small streams in the agricultural landscape [J]. Freshwater Biology, 1992, 27 :295—306.

[16] KLEYNHANS C J. A qualitative procedure for the assessment of the habitat integrity status of the Luvuvhu River [J]. Journal of Aquatic Ecosystem Health, 1996(5) :41—54.

[17] 董哲仁.河流保护的发展阶段及思考[J]. 中国水利,2004,17 :16—17,32.

[18] 王超,朱党生,程冰.地表水功能区划分系统的研究[J]. 河海大学学报(自然科学版),2002,30(5) :7—11.

[19] 王锦国,周志芳,袁永生.可拓评价方法在环境质量综合评价中的应用[J]. 河海大学学报(自然科学版),2002,30(1) :15—18.

[20] 尤平,任辉.底栖动物及其在水质评价和监测上的应用[J]. 淮北煤师院学报,2001,22(4) :44—48.

[21] 徐祖信. 河流污染治理规划理论与实践[M]. 北京 :中国环境科学出版社,2003.120.

[22] 蔡其华.维护健康长江促进人水和谐——摘自蔡其华同志 2005 年长江水利委员会工作报告[J]. 人民长江,2005,36(3) :1—3.

[23] WARD J V. The four dimensional nature of lotic ecosystems[J]. Journal of the North American Benthological Society,1989(8) :2—8.

[24] KARR J R. Assessments of biotic integrity using fish communities[J]. Fisheries,1981(6) :21—27.

Advances in river health assessment

YANG Wen-hui, YAN Zhong-min, WU Jian-hua

(College of Water Conservancy and Hydropower Engineering , Hohai University , Nanjing 210098, China)

Abstract :The concept of river health was discussed, and the development of river health assessment was reviewed. A summary was made on the objects of river health assessment, the selection of evaluation indexes, and the main methods for river assessment. It is suggested that the further study in river health assessment should be emphasized on aspects of evaluation criterion, evaluation scale, evaluation method, and the evaluation of service function.

Key words :river health ; ecosystem ; evaluation method