

## 南方生态河道评价指标体系初探\*

陈平<sup>1,2</sup> 崔广柏<sup>2</sup> 刘正祥<sup>1</sup>

(1. 扬州大学水利科学与工程学院 扬州 225009; 2. 河海大学水资源与环境学院 南京 210024)

**摘要** 阐述了生态河道的基本概念与特征,指出当前生态河道建设中的不足,认为生态河道建设应是河道生态空间范围内河道功能的维持、生态系统的恢复与重建。建立了南方生态河道评价的指标体系,并对评价指标进行了量化。该指标体系的建立,为生态河道的评价奠定了基础,也对生态河道建设具有一定指导意义。

**关键词** 生态河道 生态系统 评价指标体系 生态功能区

**Setting up evaluation index system for the ecological river course in south China.** CHEN Ping<sup>1,2</sup>, CUI Guang-Bai<sup>2</sup>, LIU Zheng-Xiang<sup>1</sup> (1. College of Hydraulic Sciences and Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China; 2. College of Water Resources and Environment, Hohai University, Nanjing 210024, China), *CJEA*, 2007, 15(4): 166~169

**Abstract** The basic concept and characteristics of ecological river course were expounded, and the insufficiencies in the ecological river course construction were pointed out. Ecological river course construction involves maintaining river course functions, recovering and rebuilding river course ecosystem of ecologically functional areas of the river course. Based on the concept of ecological river course construction, evaluation index system of ecological river course in south China was set up and indexes vividly quantified. This is intended to lay the foundation for ecological river course evaluation and provide direction for ecological river course construction in the region.

**Key words** Ecological river course, Ecosystem, Evaluation index system, Ecological functional area

(Received Sept. 19, 2005; revised Dec. 23, 2005)

过去几十年里,河道综合治理只考虑水力技术要素,片面强调河流的防洪排涝功能,追求河岸的硬化覆盖,而淡化了河流的资源功能和生态功能,往往造成自然河道人为干预严重,出现毁坏河岸湿地与自然植被、随意裁弯取直、人为渠化等倾向,破坏了自然河流的生态链,导致生态环境进一步恶化。

随着社会经济的不断发展,水生态系统的健康愈来愈受到关注,河道整治建设已由传统单纯防洪、排涝的水利建设观念向建设“安全、舒适、优美”的水生态环境观念转化;对河流的治理提出了更高的要求,河流不仅要具备防洪、排涝、供水等基本水利功能,还更加注重河流的生态功能;在认识到不透水人工材料护坡对河流生态的破坏基础上,许多学者开始重视生态护坡结构形式与方法的探讨、生态护坡新材料的研制,这一切标志着水利建设也已经从传统水利向环境水利与生态水利转化<sup>[1]</sup>。但由于生态河道建设与恢复尚处于起步阶段,人们对河流生态还缺乏科学的、系统的认识,认为生态河道建设仅仅就是生态护岸,及岸上大面积人工草皮、大量名贵树木及几处人造景点所构成的空间,多着眼于河道本身,忽视河道周围及内部生物群落的存在与联系,更忽视整治后原有生物群落的恢复;仅注重水量、水质,而不注重水生生物,更不会将河水、河坡、河岸(堤)、生物作为生态系统整体进行恢复建设,这样虽花费了大量人力、财力,仍然改变不了“依绿看黑水,花香夹水臭”的尴尬局面,甚至更加恶化水生态环境。因此,准确定义生态河道,并建立生态河道的评价指标体系,将对生态河道建设具有十分重要的指导意义与科学价值。目前,许多学者对生态城市、淡水生态、农业生态环境及流域生态系统的健康、生态环境的脆弱性、水利现代化等进行了深入研究,建立了综合评价的指标体系<sup>[2~5]</sup>,而将生态河道系统作为整体进行生态系统综合评价在国内外尚不多见。

### 1 生态河道基本概念与特征

水生态系统不仅提供了维持人类生活和生产活动的基础产品,还具有维持自然生态系统结构、生态过程与区域生态环境的功能。河流是水生态的载体,河流的整体系统又称为河流连续系统(River continu-

\* 国家自然科学基金重点课题(50239030)资助

收稿日期:2005-09-19 改回日期:2005-12-23

um)<sup>[10]</sup>,而河道是河流系统的一部分;河流是一个淡水复杂系统<sup>[6]</sup>,具有相对生态完整性(Relative ecological integrity),水-陆两相(Two phase)联系紧密,是相对开放的生态系统<sup>[1,11]</sup>;河道水生态空间不仅仅局限在常规的河槽范围内<sup>[7]</sup>。因此,生态河道研究的空间尺度应该是对河道具有直接影响的空间,主要包括河槽、河堤、河堤背水坡及其禁脚地5~10m(没有堤防的河道为河口两侧外20~50m)的范围。基于生态河道系统的干扰影响滞后性和生物特征周期性,生态河道评价研究还必须考虑时间尺度。

天然河道系统内的水量、水质和生物三者相互联系,相互制约,共同构成河道生态系统。生态河道是针对河道生态环境保护与建设而提出来的,目前还没有明确统一的定义,笔者认为所谓生态河道是指在满足河道基本的水利功能基础上,依靠自然作用和少量人为干预,能长期维持河道生物多样性和生态平衡,能达到自然环境与人文环境和谐发展的河道。生态河道应具有以下特征:一是具有完整的生态结构,对进化过程中遇到的正常干扰(如洪水、干旱、大风等)具有恢复力;二是在外部输入干扰不大的情况下,能进行自我调节,维持生态平衡;三是管理实践和生态系统过程不损害邻近生态系统;四是维持健康的环境条件;五是能够提供合乎自然和人类需求的生态服务。生态=生物+生物所在的环境,生态河道建设是一项十分复杂的系统工程,它是融现代水利工程学、环境科学、生物科学、生态学、美学等学科为一体的生态工程。它以“保护、创造生物良好的生存环境和自然景观”为前提,充分考虑生态效果的工程。

## 2 生态河道评价指标体系建立的原则

评价生态系统的自然属性,一定要把握评价的原则。由于生态河道牵涉领域广,子系统相互作用,具有相互间的输入与输出,因此,要在众多的影响指标中选择那些最灵敏、可度量且内涵丰富的主导性指标作为评价因子。指标的选择必须遵守以下原则<sup>[3,4]</sup>:科学性原则。概念明确,能够较客观、真实地反映生态系统的内涵与基本特征。系统性原则。能综合反映河道生态系统的完整性,全面衡量所考虑的诸多生态影响因子。不仅要反映生态环境的发展规律,而且还要反映对区域功能的促进,即生态系统与社会、经济的整体性和协调性。层次性原则。生态系统受内部与外部多种因素影响与制约,在众多的因子中,各种因子的作用过程及作用方式不同,评价指标应能反映生态系统中的主次关系。独立性原则。许多度量指标往往存在信息上的重叠,所以要尽量选择那些具有相对独立性的指标。最简最小化原则。在选取评价因子、制定评价指标体系及构建评价模式时,不可能面面俱到,应当遵循简洁、方便、有效、实用的原则,应有明确的内涵和可度量性,指标体系最简最小化即要通过相关学科理论的概括,抽取对生态系统质量影响较大,而又易于获取观测资料,并有利于生产及管理部门掌握的因子及模式。

## 3 生态河道评价指标体系

### 3.1 指标体系构成

依据生态河道的概念与特征,将整个指标体系分为5个指标群:河道水利功能指标群、河道稳定指标群、生物指标群、水质与水量指标群和管理指标群。

河道水利功能指标群:河道的最基本功能是水利功能,即防洪、排涝、供水(引水)、通航等,因此,生态河道水利功能评价指标包括河道堤防是否满足防洪要求、河道断面能否通过防洪与排涝设计流量、河底高程与底宽及水位能否满足供水与通航要求。

河道稳定指标群:河道演变是水流与河床相互作用以及人为干预的综合结果,河道的稳定与否是河道生存与演变的关键指标。河道稳定指标群包括边坡稳定、河道冲淤平衡稳定、弯曲段稳定。边坡稳定又可分为自然稳定、生态护坡稳定和工程护坡稳定。自然稳定是不需要任何护坡形式而自然保持稳定;生态护坡稳定指由人工植被、自然材料(如木桩、竹笼、卵石等)、新型材料(如生态混凝土、土壤固化剂、土工材料网和钢丝网笼等)护坡的稳定;工程护坡稳定指由混凝土、浆砌块石、干砌石等材料护坡的稳定。在河道边坡稳定防护时,除局部冲刷严重的河段外,尽量不采用大面积工程护坡形式,否则,各种水生植物难以在坚硬结构坡面上生长,河道中的生物和微生物将失去赖以生存的条件,整个生态系统的食物链会因一层坚硬的护坡结构而断开,河道的自净能力将遭到破坏,生态失去平衡。河道冲淤平衡稳定即河道水流速度应控制在不冲、不淤或冲淤基本平衡的范围内,保持河道的长期稳定。河道弯曲段稳定指弯曲段应保持一定的拐弯半径,如不能达到稳定的拐弯半径时,局部冲刷段要进行稳定防护,对河道的裁弯取直要慎重分析。

生物指标群:生物是生态系统中占主导地位富有生命特征的群落,是生态河道的重要组成部分与反映。一定地区内生物群落的生长与繁育随季节表现出十分明显的变化特征,因此,可用河道建成两年后夏季河

表 1 南方生态河道评价指标体系与量化方法

Tab.1 Evaluation index system and its quantification methods of ecological river course in South China

一级指标 Index I	二级指标 Index II	三级指标 Index III	量化方法 Quantification method	等级标准(分值)					
				Classification standard (mark)					
				A(80~100)	B(60~80)	C(<60)			
水利功能	防洪 排涝 供水(引水) 通航		由设计标准洪水校核	满足	基本满足	不满足			
			由设计排涝标准校核	满足	基本满足	不满足			
			不同水平年供(引)水量	满足	基本满足	不满足			
			水深、水面宽校核	满足	基本满足	不满足			
河道稳定	边坡稳定	自然稳定	自然稳定河段长占评价河道长度的百分数	>80%	60%~80%	<60%			
			生态护坡稳定	护坡稳定下的护坡形式	透水性好、植被生长旺盛	透水性与植被生长尚可	不透水、植被不能生长		
	河床冲淤平衡	工程护坡稳定	流速与挟沙能力计算	满足	基本满足	不满足			
			弯段稳定	曲率半径是否满足规范要求	满足	基本满足	不满足		
	生物量	动物量	水生动物 两栖动物 陆生动物	河道单位长度内每种动物种数、动物量及生物链配合	种数>6;每种量食物链配合较好	3<种数<6;每种量食物链配合一般	种数<3;每种量食物链配合较差		
				植物量	水生植物	水生植物种数	>6	3~5	<3
沉水植物生长高度占水深百分数						5%~40%	40%~80%	>80%或<5%	
浮叶植物、挺水植物覆盖正常河道水面百分数						10%~30%	30%~50%	>50%或<10%	
微生物量				菌类 藻类 病毒 原生微生物	陆生植物	植物种类数	>5	3~5	<3
						植被覆盖率	>85%	60%~85%	<60%
		乔、灌、草搭配	合理			基本合理	一般		
		总群落数	<15个/mL			150~300个/mL	>300个/mL		
		大肠杆菌含量	<20MPN/100mL			20~50MPN/100mL	>50MPN/100mL		
		病毒与原生动物含量	未检出			少量检出	大量检出		
水质		水质(p)	总 N(TN) 总 P(TP) 耗氧量 透明度 生物总量	各指标值先无量纲处理:	P 值	0.1~0.4 或	<0.1 或>1.0		
				$P_i = \frac{C_i - C_{min}}{C_{max} - C_{min}}$	0.4~0.6	0.6~1.0			
	$P = P_1 + P_2 + P_3 + (1 - P_4) + P_5$								
水量	最小水量		占 50% 保证率河道流量百分数	60%	30%	10%			
			组织是否健全	组织健全	管理不健全	无管理组织			
管理	管理组织		管理体制是否完善	完善	一般	不顺			
		管量措施	措施是否科学合理	科学合理	一般	无明确措施			

道生物量指标作为评价指标。生物主要分为植物、动物和微生物,与河道生态相关的生物群落由水生、陆生和两栖生物组成。生物指标群由植物量指标、动物量指标和微生物量指标组成。植物是河道生态系统中保持良性运行的关键生态类群与主要生产者,分为水生植物与陆生植物。水生植物包括沉水植物、浮叶植物和挺水植物,其在水体生态系统中的功能十分显著。大型水生植物具有拦截外源营养、吸收富营养化水体中 N、P 元素的功能,根茎能抑制底泥中营养物的释放;一些水生植物对藻类(包括形成水华的微囊藻)有抑制作用;因此,水生植被的组建及恢复十分重要。陆生植物主要指生长在河坡、河岸(堤)上的草本植物、灌木和乔木,具有防冲固土、美化环境、维护生物多样性的作用。动物种群与数量多少一定程度上反映了生态环境的好坏。河道生态系统的动物可分为水生动物、两栖动物和陆生动物 3 类。水生动物群落由浮游动物、底栖动物和鱼类等组成。良好的生态河道环境是两栖动物与陆生动物的最佳觅食场所与栖息地,有利于形成丰富的种群结构与数量。微生物包括细菌、真菌、藻类、原生动物与过滤性病毒等,水中微生物是反映水环境质量好坏的一个重要指标。

水质与水量指标群:河道生态系统的水质既是影响生态系统的主要因素,又是生态系统好坏的表现,水质与水量密不可分。影响河道水质的污染物质种类繁多,除工矿企业排出的污染物外,一般以富营养化物质为主,可采用总 N(mg/L)、总 P(mg/L)、耗氧量(mg/L)、透明度(m)、生物总量( $10^4$  个/L)等代表性指标表

示<sup>[8]</sup>。水量指标主要指基本生态需水量,包括植被生态需水量、河道与湿地生态需水量、维持景观与娱乐需水量等<sup>[9]</sup>。植被生态需水量分为天然植被的生理需水量、水土保持区生物措施生理需水量,河道与湿地生态需水量由保护水生生物栖息地的生态需水量、防治水质污染与保持自净能力的最小水量、维持河道水沙与水盐平衡的最小水量、通航要求的最小水深等组成。维持景观功能、水上娱乐等环境需水量由最小水位所决定。以上各项需水量之间有重叠,水量指标不是简单的相加,也不是取其大者,需要分析各指标的相互制约关系和需要维持的基本生态功能目标及耦合效应来确定上述多个最小水量组合的阈值。

管理指标群:河道生态系统的恢复与完善是动态的,受自然条件与人类活动的影响,因此,需要长期优良的管理措施来维持生态系统的健康发展。管理指标体系要求组织健全、制度完善,河道管理中做到堤防安全巡查、植被护理、严禁河坡(河堤)取土与违章搭建、控制污染物随意排放、禁止垃圾倾倒、定期河道清淤、沉水植物与浮叶植物的收获、挺水植物的按时收割等。

### 3.2 指标体系的量化

指标体系便于量化是生态河道评价指标体系科学合理性的重要体现。河道水利功能指标采用设计洪水要素、设计排涝流量、设计不同水平年可供水量和通行要求来校核河道的基本水利功能,根据满足、基本满足和不满足来分别给定不同的分值进行量化。河道稳定指标量化中,对自然稳定河段用自然稳定河道长占评价河道总长度的百分数表示;河道护坡稳定可根据不同护坡的透水性和植物生长条件进行定性量化;河道冲淤平衡可采用年平均冲刷与淤积深度表示。生物指标量化中,水生植物采用单位河段的物种数量与镶嵌优化组合、挺水植物与浮叶植物覆盖正常河道水面百分数、沉水植物生长高度占水深百分数表示;陆生植物可用单位河段的植物种数、植被郁闭度、乔灌木的搭配情况表示;动物量与微生物量指标可用单位河段内门、种数与生物量来分别表示,通过选点采样法获得量化指标。水质指标的量化采用5个水质代表性指标值经无量纲化处理后,综合计算P值归并量化<sup>[8]</sup>(公式见表1)。水量指标量化比较复杂,主要是各种需水量下限阈值与交叉重叠确定比较困难。本文采用河道基本流量方法,即以河道内50%保证率河道流量为基础,下限阈值达到其30%为良好的生态水量条件。管理指标的量化可以对照管理指标,根据管理组织是否健全、管理措施的有无和管理水平高低来定性量化。南方生态河道评价指标体系及量化具体见表1。生态河道评价指标体系的建立与量化,为进一步对生态河道的评价与分类奠定基础。

## 4 小 结

本文根据河道功能特性与生态完整性,建立了南方生态河道评价的指标体系,该评价体系对生态河道的建设、管理与评价具有一定的指导意义。评价指标的选择力争既能反映生态河道应该具备的基本特性与要求,又能减少重复、便于量化,但由于生态河道建设涉及到水利、生物、环境、生态等多方面学科知识,要用尽量简明的指标体系全面地反映这一复杂系统,还有待于在实践中不断完善。

## 参 考 文 献

- 1 董哲仁.生态水工学的理论框架.水利学报,2003(1):1~6
- 2 罗跃初,周忠轩,孙 轶,等.流域生态系统健康评价方法.生态学报,2003,23(8):1606~1614
- 3 张于喆,史清琪,张 岳.我国水利现代化的评价指标体系.人民黄河,2003,25(11):4~6
- 4 左其亭,吴泽宁.基于风险的黄河流域水资源再生性评价指标.人民黄河,2003,25(1):38~40
- 5 蔡庆华,唐 涛,邓红兵.淡水生态系统服务及其评价指标体系的探讨.应用生态学报,2003,14(1):135~138
- 6 沈蕴芬,蔡庆华.淡水生态系统中的复杂性问题.中国科学院研究生院学报,2003,20(2):131~138
- 7 邓 伟,严登华,何 岩,等.流域水生态空间研究.水科学进展,2004,15(3):341~345
- 8 杨 红,任志远.中国湖泊富营养化评价研究.陕西师范大学学报(自然科学版),2000,28(4):104~107
- 9 王西琴,张 远,刘昌明.河道生态及环境需水理论探讨.自然资源学报,2003,18(2):240~246
- 10 Vannote R. L., Minshall G. W., Cummins K. W., et al. The river continuum concept. Canada Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1980, 37:130~137
- 11 Marlin P., Andreas H. Conservation concept for a river ecosystem(River Spree, Germany) impacted by flow abstraction in a large post-mining area. Landscape and Urban Planning, 2000, 51:165~176