

# 山地城市河流健康内涵及评价

姜文超, 饶碧华, 张 智, 张 勤

(重庆大学 三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400045)

**摘要:**山地城市河流健康评价是实现山地城市河流可持续控制的重要工具。对河流健康内涵及山地城市河流特点进行了概要分析,认为山地城市河流健康应以山地河流生态系统为基本单元,并具有 4 个方面的内涵:河流内部的生态完整性、弹性和恢复力、河流与城市空间景观格局的安全性、河流与城市人群关系的和谐性,以及河流上述关系在时间上的可持续性。在此基础上提出了山地城市河流健康评价的指标体系,作为山地城市河流健康评价的重要工具,并认为评价时应利用地理信息系统工具加强空间景观格局的分析。

**关键词:**河流控制;流域;山地城市河流;河流健康;评价;指标体系

中图分类号:X37 文献标志码:A 文章编号:1674-4764(2009)03-0104-05

## Mountainous Urban River Health: the Concept and Its Assessment

JIANG Wen-chao, RAO Bi-hua, ZHANG Zhi, ZHANG Qin

(Key Lab of Ministry of Education for Three Gorges Eco-environment, Chongqing University, Chongqing 400045, P. R. China)

**Abstract:** River health assessment is an essential and effective approach to river control. Historical understandings on river health especially on urban rivers are analyzed. The characteristics of mountainous urban rivers on hydrology, morphology, runoff, pollution, ecological services and anthropogenic impacts are analyzed based on a branch of the Yangtze River in Chongqing City. The watersheds including the river, its landscape and human actions are thought to be a suitable study unit, and mountainous urban river health should be of the following four meanings: internal ecological integrity, elasticity and recoverability of the river system itself, security of spatial landscape pattern of watershed, harmoniousness between the river system and urban people, and the sustainability over time of the abovementioned attributes. An indicator system was proposed for the assessment of mountainous urban river health. Analysis of spatial landscape pattern assisted with GIS tools should be emphasized as an indispensable part.

**Key words:** river control; watersheds; mountainous urban river; river health; assessment; indicator system

城市河流指发源于城区或流经城市区域的河流或河流段,以及一些历史上虽属人工开挖、但经多年演化已具有自然河流特点的运河和渠系,通常指区别于长江、黄河等大江大河的中小型市内河流、渠系和沟叉等<sup>[1]</sup>,是重要的城市环境因素,正得到越来越多的关注。随着城市河流受到城市化发展的负面影响<sup>[2]</sup>,其研究日益得到重视<sup>[3]</sup>,其管理思路也开始从“工程化”、“技术化”向“以人为本”、“生态化”等方向

转变。在此背景下,河流健康作为在生态伦理背景下所提出的概念<sup>[4]</sup>,是河流可持续管理的一个重要工具,有关城市河流健康的研究和实践应用近年来也逐渐增多<sup>[5-6]</sup>。

重庆市桃花溪是一条典型的山地城市河流,20世纪 70 年代以前,河水清澈,两岸桃花盛开,风景秀美,而随着 20 世纪 80 年代城市化进程的加快,水污染加重,水质下降,使用功能基本丧失。重庆市政府

收稿日期:2009-03-02

基金项目:重庆市重大科技专项项目(CSTC,2006AB7054)

作者简介:姜文超(1973-),男,博士,主要从事水污染控制及水生态规划研究,(E-mail)wchjiang@cqu.edu.cn。

自1987年开始对其进行第1次整治,虽历时10年,但由于仅重视截污工程等措施,未能取得全面、持续的治理效果,因此从2000年开始进行了第2次整治,现已取得一定的成效。然而,如何对其进行科学评价,并将其导入理性规划和可持续管理,是当前迫切需要得到解决的一个重要问题,河流健康及其评价恰是解决该问题的一个有效途径。文中结合对该河流的研究,对山地城市河流健康概念内涵及评价进行了探讨,以期对众多山地城市河流的科学治理和管理提供参考。

## 1 山地城市河流健康的内涵

### 1.1 城市河流健康内涵概述

尽管河流健康已得到较多的研究,但其内涵目前在学术界仍未取得共识。根据学科背景和针对的问题,河流健康内涵认识大致可分为以下4个方面:

1)将生态系统健康概念直接应用于河流健康。主要是将Constanza等所提出的生态系统健康概念<sup>[7]</sup>直接应用于河流,为其赋予6个方面的基本内涵:自我平衡、无病征、多样性、有恢复力、有活力和能够保持系统组分间的平衡等。

2)侧重并针对河流生态系统的特点而提出。Richardson等根据对河流健康的动态考察,认为河流健康是“将河流的目前状况与其历史上或其它地点的受到干扰较小的河流相比的近似程度,也表现为自然范围内的差异性”<sup>[8]</sup>。类似的定义还有Schofield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”<sup>[9]</sup>。

3)针对河流生态系统对人类的价值而提出。如Meyer认为健康的河流除了要维持生态系统的结构与功能,还要包括生态系统的社会价值,在健康的概念中涵盖了生态完整性与对人类的服务价值<sup>[10]</sup>。

4)依据特定的背景和对象而提出河流健康的定义,即认为河流健康并没有统一的涵义,河流不同,其功能目标设定不同,“健康”的内涵自然相应地有所不同。如Reynolds认为,河流健康是系统内各组成部分功能的状态,生态系统的健康与否要和理想的健康状态进行比较才能确定,而由于受到人类活动的影响,理想状难以定量地来界定<sup>[11]</sup>。

我国自2003年10月水利部黄河委员会在黄河国际论坛上宣布将“维系河流健康生命”作为第二届黄河国际论坛的主题以后,河流健康研究也逐渐增多。《水科学进展》2007年第1期(p. 141~150)发表了受邀专家学者对河流健康内涵的讨论意见,显

示了从水利、水资源、水文、生态环境等不同学科对河流健康的理解。在城市河流健康方面,赵彦伟等<sup>[5]</sup>、边博等<sup>[12]</sup>将河流健康的主体对象扩展到城市河流生态系统,并认为城市河流健康不仅意味着要保持生态学意义上的结构合理、生态过程的延续、功能的高效与完整,还强调河流生态系统的供水、防洪、水土流失控制、生物保护、景观娱乐等人类服务功能的有效发挥。从国内外有关研究综合来看,河流健康内涵认识主要集中在河流的生态经济服务方面,在主体上侧重于河流内部属性和结构,人类价值方面的“健康性”正逐渐得到重视。

### 1.2 山地城市河流健康内涵分析

#### 1.2.1 山地城市河流的特征

1)水文及形态特征。受山地地形、地质和气候的影响,山地河流的水文特征主要表现为坡降较大、断面相对狭窄、流速快、汇流历时短而水量集中、流量与水位变幅很大且季节性明显等<sup>[13]</sup>;形态特征主要表现为河道形态蜿蜒多变、流程上河流宽窄深浅不一、河槽不规则等。由于形态特征对用地、交通等有较大的影响,常常被改造为顺直型而只保留了部分弯曲河道;在断面及汇流特征上,山地河谷的发展模式一般为下切形成V型谷,侧蚀形成U型谷,河流与流域在空间上具有密切的联系。

2)物质特征。城市河流中的主要物质是水及水中的生物和污染物。由于山地城市地势起伏大,水环境中物质的差异性也比较大。在丰水期,河道的径流量大,河道内污染物浓度比较低,但悬浮物较多;而在枯水期,河道径流量小,河道内污染物浓度相对比较高。当河道内污染物浓度较高时就会对河流的水环境产生影响,水生生物的种类和数量也会随之减少<sup>[13]</sup>。

3)功能特征。山地城市的水资源一般较为丰富,其水源要么取自于流量更有保证的大河,要么取自于水质更好的水库,城市河流往往并不作为城市生活和工业的主要水源,但相对来说,由于山水分割,山地城市河流在人文景观、城市文化方面所承载的功能和价值更为突出。

4)城市对河流的影响。城市对河流的影响表现为正反两个方面:污染和整治与改造。由于位于城市内部,河流容易成为生活、工业点源污染以及城市径流面源污染的排放对象。与其它自然河流相比,城市河流所受到的污染往往更为集中。整治和改造主要是截污、护坡和裁弯取直等,特别是由于用地紧张,河流又蜿蜒曲折,极易受到全部或局部填平造成

河流破碎,或者受到渠道化甚至加盖成为暗渠,使沿岸水生生态系统受到严重破坏,而城市雨水系统建设及截污整治措施的采用,又常常会在缓解水质污染的同时带来水量不足的问题。总体上看,由于自身自然地理特征及城市化的影响,山地城市河流与其流域背景之间的关联较之平原城市河流更为密切。

1.2.2 山地城市河流健康的内涵 由于上述特点,特别是空间特征方面的特殊性,山地城市河流健康内涵具有一定的特殊性。首先,山地城市河流健康更依赖于河流与流域背景的关系,从而要求山地城市河流健康应从河流生态系统整体上来认识,仅强调河流本身的健康是不全面的,也是对山地城市河流的规划建设不利的。其次,山地城市河流健康应尤其强调空间特征,重视河流与城市在空间格局上的安全性及空间过程的连续性。再次,应注意区分山地城市河流生态经济服务的差异性。一个完善的水生态系统可提供 4 种类型的生态系统服务:生命支持功能、资源功能、生物通道和废物容纳与降解等环境功能、舒适性服务等<sup>[14]</sup>,而山地城市河流的舒适性服务功能相对较为突出。再次,鉴于休闲娱乐和景观功能的重要性,山地城市河流健康必须考虑城市人群的主观感受。因此,山地城市河流健康具有以下 4 个方面主要内涵:

1) 河流内部的生态完整性、弹性和恢复力。这一内涵属于河流健康的传统范畴,主要包括河流水量、水质、水生态系统等方面的物理、化学和生化特征;底质特征;河道形态等结构性特征等。一个健康的山地城市河流系统首先应当是生态完整的,且具有一定的弹性和恢复力,才能充分发挥其生态环境功能。

2) 河流与城市在空间景观格局上的安全性。山地城市河流的一个显著特征是其与城市在空间上具有密切的联系,其景观安全格局也因此显得尤为重要。这一内涵主要包括河岸植被带的生物多样性;汇流面积、特征和机制;道路和市政排水系统的影响;以及景观生态学意义上的景观格局等<sup>[3]</sup>。

3) 河流与城市人群关系的和谐性。一方面,河流应当对城市人群具有一定的开放性或可接近性(accessibility),从而能产生舒适性服务;另一方面,人类在河流使用上应当具有正确的观念以及科学合理的规划、管理甚至修复措施。

4) 上述各方面在时间上的可持续性。一条河流总是处于动态变化之中,一条健康的河流也因此必然要求在上时间上保持上述健康状态。例如,应当保

持河流与其支流、湖塘系统之间的连通性,并具有一定的补给人工措施,才能保证河流在极端干旱、水量不足时能够持续地发挥景观娱乐功能。

## 2 山地城市河流健康评价及其应用的探讨

河流健康评价是河流健康研究的主要领域,美国、澳大利亚、英国等国家和地区都先后制定了河流健康评价计划<sup>[15-18]</sup>。目前采用的评价方法可分为生物监测和综合评价两大类,前者在国外应用较多,主要有生物完整性指数(Index of Biotic Integrity, IBI)<sup>[19]</sup>、快速生物监测协议(Rapid Bioassessment Protocols, RBPs)、河流无脊椎动物预测和分类计划、藻类丰富度指数(Algal Abundance Index, AAI)、硅藻的污染敏感性指数(Pollution Sensitivity Index, IPS)、底栖生物完整性指数(Benthic Index of Biotic Integrity, B-IBI)等<sup>[20]</sup>,后者则集合了物理、化学、生物、社会经济指标,具有代表性的有溪流状况指数(Index of Stream Condition, ISC)和岸边与河道环境细则(Riparian Vegetation Index, RCI)等<sup>[21, 22]</sup>。我国河流健康评价起步较晚,借鉴了国外的经验,较多地采用了综合评价方法,并相应提出了一些指标体系。总体上看,生物监测方法较为实证但不易操作,而综合评价方法一般不够具体,但在宏观管理中的实用性较好。

目前专门针对山地城市河流健康评价的研究尚为少见,一些已经开展的山地城市滨水景观规划也较少采用河流健康评价作为工具。根据前文所述的山地城市河流健康内涵,结合对目前河流健康指标体系评价方法所存在问题的分析,山地城市河流健康评价及其应用应注意以下问题:

1) 指标体系和综合评价是一个行之有效的方法,但应注意指标体系的遴选,并加强评价标准方面的基础性研究工作。指标体系可以对山地城市河流系统的河流属性、河岸植被系统、河流生态经济价值、城市人群的态度等进行定量的描述,还可以对其动态变化进行定量的描述,并容易形成具有较好可操作性的山地城市河流管理框架,且若与土地适宜性、河流水质耦合模型等结合使用,可以成为一个很好的山地城市河流规划管理工具。但从目前的指标体系来看,虽然指标繁多,但指标遴选尚缺少一定的方法论指导,同时缺少具有实证基础的评价标准,未来应加强这一方面的基础研究。根据对桃花溪流域的调查分析,文中初步构建了评价指标体系,特别增加了景观适宜度、河流文化价值、公众满意指数、河

流管理水平等等指标,这些指标能够反映山地城市河流以景观娱乐为主的生态经济服务功能和影响河流健康动态稳定性的能力。

表1 重庆市桃花溪河流健康指标体系

状态层	具体指标
河流生态系统健康指数	河道弯曲度
	河流连通度
	河岸稳定度
	河道淤积度
	流域植被覆盖率
	流量充足度
	水质综合指数
城市景观与安全指数	水生生物多样性
	景观适宜度
	流域污水处理率
河流与人类和谐指数	城市排水协调程度
	防洪能力指数
	水上活动多样性
	河流文化价值
	公众满意指数
	河流管理水平指数

2)山地城市河流健康评价应特别结合空间分析,充分应用景观生态学方法和GIS工具,以加强对河流与周围空间景观格局关系及过程的认识,并具备与山地城市河流流域规划相结合的潜在可能性。只有将河流健康评价与规划途径相结合,才能确保山地城市空间规划和土地应用等在“健康”的背景下进行,并确保山地城市河流的健康和生态环境建设的可持续性。

3)应加强山地城市河流生态经济服务功能的调查和评价,尤其应重视公众对山地城市河流生态经济服务的支付意愿调查和条件价值评估。

4)山地城市河流健康评价及应用应注意加强基本生态调查和实证研究。评价指标体系虽具有综合评价的优势,但对不同生态要素之间及人类活动与生态要素之间的关系的认识和描述功能却十分有限,因此应加强流域生态调查以及其它基础性研究,如河流工程化对河岸植被系统的影响、城市化对城市水文过程的影响等,它们是指标体系评价方法的有益的补充。

### 3 结 语

我国是一个多山的国家,山地城市的生态规划

和保护必将成为我国未来城市规划领域的一个重要方面。山地城市河流不仅是我国长江等大型河流的重要支流,而且本身就是城市生态环境和景观的重要构成部分。然而,特别是由于十分紧张的用地条件的限制,山地城市河流面临着消失、渠化、封闭化及山地城市水文特征改变等更为严峻的问题,加强山地城市河流健康评价及其与现有城市规划方法和实践的结合,具有十分重要的意义。

由于山地城市河流与其流域的空间关系十分突出和重要,山地城市河流健康应以整个流域河流生态系统为认识单元,并增加对空间尺度的认识,并充分注意由此而衍生出来的山地河流—人类关系、河流廊道及景观格局,克服当前河流健康研究偏重于生态经济价值作为理论基础的不足。同时,山地城市河流健康研究应充分结合生态工程、市政工程、环境工程和城市规划等进行交叉学科研究,将宏观规划与微观技术相结合,从而建立山地城市河流健康评价及其规划的基本理论和方法,丰富山地城市规划理论和方法,以实现山地城市河流规划与管理的可持续性。

#### 参考文献:

- [1] 宋庆辉, 杨志峰. 对我国城市河流综合管理的思考 [J]. 水科学进展, 2002, 13(3): 377-382.  
SONG QING-HUI, YANG ZHI-FENG. Thinking of integrated management of urban rivers in China [J]. Advance in Water Science, 2002, 13(3): 377-382.
- [2] 陈云霞, 许有鹏, 李嘉峻. 城市河流的生态功能与生态化建设途径分析 [J]. 科技通报, 2006, 22(3): 299-303.  
CHEN YUN-XIA, XU YOU-PENG, LI JIA-JUN. Analysis of ecological function and ecological construction of urban river: a case study of Nanjing City [J]. Building of Science and Technology, 2006, 22(3): 299-303.
- [3] 岳隽, 王仰麟, 彭建. 城市河流的景观生态学研究: 概念框架 [J]. 生态学报, 2005, 25(6): 1422-1429.  
YUE JUN, WANG YANG-LIN, PENG JIAN. A conceptual framework for the study of urban river based on landscape ecology [J]. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(6): 1422-1429.
- [4] SCRIMGEOUR G J, WICKLUM D. Aquatic ecosystem health and integrity: problem and potential solution [J]. Journal of North American Benthological Society, 1996, 15(2): 254-261.
- [5] 赵彦伟, 杨志峰. 城市河流生态系统健康评价初探

- [J]. 水科学进展, 2005, 16(3): 349-355.  
ZHAO YAN-WEI, YANG ZHI-FENG. Preliminary study on assessment of urban river ecosystem health [J]. *Advances in Water Science*, 2005, 16(3): 349-355.
- [6] 阎水玉, 王祥荣. 城市河流在城市生态建设中的意义和应用方法 [J]. *城市环境与城市生态*, 1999, 12(6): 36-38.  
YAN SHUI-YU, WANG XIANG-RONG. Preliminary study on the roles and applied ways of urban river in urban ecological construction [J]. *Urban Environment & Urban Ecology*, 1999, 12(6): 36-38.
- [7] COSTANZA R, DARGE R, DE G R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. *Nature*, 1997, 387: 253-260.
- [8] RICHARDON J S, HEALEY M C. A healthy Fraser River? How will we know when we achieve this state? [J]. *Journal of Aquatic Ecosystem Health*, 1996(5): 107-115.
- [9] SCHOFIELD N J, DAVIES P E. Measuring the health of our rivers [J]. *Water*, 1996(5-6): 39-43.
- [10] MEYER J L. Stream health: incorporating the human dimension to advance stream ecology [J]. *Journal of the North American Benthological Society*, 1997, 16: 439-447.
- [11] REYNOLDS C S. Planktic community assembly in flowing water and the ecosystem health of rivers [J]. *Ecological Modeling*, 2003, 160(3): 191-203.
- [12] 边博, 程小娟. 城市河流生态系统健康及其评价 [J]. *环境保护*, 2006(2B): 67-69.  
BIAN BO, CHENG XIAO-JUAN. Urban river ecosystem health and its evaluation [J]. *Environmental Assessment*, 2006(2B): 67-69.
- [13] 王沛芳, 王超, 李智勇. 山区城市河流生态环境需水量计算模式及其应用 [J]. *河海大学学报*, 2004, 32(5): 500-503.  
WANG PEI-FANG, WANG CHAO, LI ZHI-YONG. Calculation mode for ecological water demand of mountain-city-rivers and its application [J]. *Journal of Hohai University: Natural Sciences*, 2004, 32(5): 500-503.
- [14] 龙腾锐, 姜文超, 何强. 水资源承载力内涵的新认识 [J]. *水利学报*, 2004(1): 38-45.  
LONG TENG-RUI, JIANG WEN-CHAO, HE QIANG. Water resources carrying capacity: new perspectives based on eco-economic analysis and sustainable development [J]. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2004(1): 38-45.
- [15] HUGHES R M, PAULSEN S G, STODDARD J L. EMAP-Surface waters: a multi-assembly, probability survey of ecological integrity in the U. S. A. [J]. *Hydrobiologia*, 2000, 422-423: 429-443.
- [16] 赵彦伟, 杨志峰. 河流健康: 概念、评价与方向 [J]. *地理科学*, 2005, 25(1): 119-124.  
ZHAO YAN-WEI, YANG ZHI-FENG. River health: concept, assessment method and direction [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2005, 25(1): 119-124.
- [17] Healthy Rivers Commission of NSW. *Securing Healthy Coastal Rivers: A Strategic Perspective* [M]. SYDNEY: Healthy Rivers Commission of NSW, 2000.
- [18] 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, 422-423: 359-367.
- [19] KARR J R, CHU E W. Sustaining living rivers [J]. *Hydrobiologia*, 2000, 422-423: 1-14.
- [20] 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): 607-611.  
YANG WEN-HUI, YAN ZHONG-MIN, WU JIAN-HUA. Advances in river health assessment [J]. *Journal of Hohai University: Natural Sciences*, 2005, 33(6): 607-611.
- [21] 董哲仁. 国外河流健康评估技术 [J]. *水利水电技术*, 2005(11): 15-19.  
DONG ZHE-REN. Overseas assessing technology for river health [J]. *Water Resources and Hydropower Engineering*, 2005(11): 15-19.
- [22] ROBERT C, PETERSEN J R. The RCE: a riparian, channel, and environmental inventory for small streams in the agricultural landscape [J]. *Freshwater Biology*, 1992, 27(2): 295-306.

(编辑 陈 蓉)