

## 4 种国外河溪健康评价方法述评

刘 瑛, 高甲荣, 崔 强, 冯泽深

(北京林业大学 教育部水土保持与荒漠化防治重点实验室, 北京 100083)

**摘 要:** 河流健康评价是河流生态修复和科学管理的前提。介绍了美国的快速生物监测协议 RBP, 澳大利亚的溪流状况指数 (ISC) 和 GRS, 瑞典的农业景观区域河岸带与河道环境评估方法 (RCE) 4 种河溪健康评价方法和操作程序。比较了这 4 种方法在应用对象、指标选择、标准设定、结果表达等方面的异同。探讨了各评价指标的优缺点, 并在 7 个方面对各种评价方法进行了总结评估, 以期为我国不同地区的河流健康评价提供参考。

**关键词:** 河溪健康; 评价方法; 生态修复

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2009)03—0040—05

中图分类号: X143

### Review of the Four Assessment Methods of Stream Health Status

LIU Ying, GAO Jia-rong, CUI Qiang, FENG Ze-shen

(Key Laboratory of Soil and Water Conservation & Desertification Combating of the Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** The assessment of river health status is the base of stream restoration and management. Four assessment methods of stream health status and application procedures of the RBP from American, the ISC and GRS from Australia, and the RCE from Sweden were introduced. Objects, index selection, standard enactment, and result presentation of the four assessment methods were compared. The advantage and disadvantage of different assessment indexes were discussed. The methods were assessed from seven aspects. Results from the study may offer a reference for the assessment system of stream health status in different areas of our country.

**Keywords:** river health status; assessment method; restoration

河流生态系统具有调节气候,改善生态环境以及维护生物多样性等众多功能,河流生态修复已成为目前国内外研究的热点。需要采用一定的指标和方法来监测河流环境条件的各个方面。即从多角度来评估河流的健康状况,从而提供对整治以及管理有用的信息。河流管理的目标就是提高受损河流的健康状况,保护健康河流,从而满足当代以及下一代人的环境、社会和经济需要。建立指标体系进行河流健康状况评价有助于提高河流管理质量,不仅可揭示河流生态系统的现状,还提供了将不同河流进行比较的基准,同时还可评估受损河流生态恢复的成效,从而提高管理决策能力<sup>[1]</sup>。不同的国家地区具有自己独特的自然地貌水文特征,通过大量数据的积累,国外许多国家和地区发展出了适合于自己的河流近自然(健康)评价体系,对我国的河溪评价具有重要的借鉴意

义<sup>[2]</sup>。该研究结果有助于确定河流恢复的目标,评价河流恢复的有效性,从而引导可持续发展的河流管理。

西方国家河流健康评价起步较早,针对各国的实际情况形成了多种经过实践检验的评价方法,如美国、澳大利亚、瑞典等国家相继开展了河流健康评价的研究与实践,形成了 RBP(美国)、ISC(澳大利亚)、GRS(澳大利亚)、RCE(瑞典)等多种评价方法。国内近年来也出现了黄河健康评价体系、珠江评价体系、城市河流健康评价和河溪自然性评价指标体系等评估方法<sup>[3-7]</sup>。河流健康涉及范围较为广泛,区域环境及河流问题不尽相同,因此各评价方法的应用条件和评价标准也应有所差异。为此,本文探讨了几种常用评价方法的异同,以便为我国的河流健康评价提供参考。

收稿日期:2008-06-26

修回日期:2008-11-22

基金项目:国家自然科学基金项目(40771128)资助;国际科技合作项目(2009DFA 32490)

作者简介:刘瑛(1983—),女(汉族),山西省长治市人,在读博士研究生。主要从事河流生态修复方面的研究。E-mail:lycg06@163.com。

通信作者:高甲荣(1963—),男(汉族),副教授,陕西省韩城市人,主要研究方向为流域管理及生态环境建设。E-mail:jiaronggao@sohu.com。

# 1 美国快速生物监测协议

美国环境保护署 (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协议 (RBPs), 经过近 10 a 的发展和完善, EPA 于 1999 年推出新版的 RBPs (表 1), 给出新的快速生物监测协议, 该协议提供了河流着生藻类、大型无脊椎动物以及鱼类的监测及评价方法标准<sup>[8]</sup>。该协议利用鱼类、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评价方法<sup>[9]</sup>。这种方法较好地反映了被评价河溪的生物状况。RBP 评价法由 10 个栖息地指标组成, 每个指标按照很好 (16~20 分)、好 (11~15 分)、一般 (6~10 分) 和差 (0~5 分) 打分。除了这 10 个指标, 其它的 8 项辅助指标, 每个指标又划分为不同的指标, 被考虑在内来确定参考河流的健康状况, 但一般用来辅助说明被评价河流的健康状况, 而不作为指示指标来使用。该方法可以进行快速观测, 现场的每一个点平均只需 15 min<sup>[10]</sup>。

表 1 美国 RBP 的工作程序及评价指标

工作程序	一级指标	二级指标	辅助指标	
(1) 选择无人干扰或人为干扰极小的河流为参照 (2) 调查被评估河流的 10 个生境指标, 根据评估系统得出的综合得分, 确定被评价河流生境质量 (3) 调查被评价河流的生物状况, 根据反映生物群落的结构、功能及过程指标, 得出综合指标 (4) 将被评估河流的生境质量与参照点对比, 如果匹配, 则可用生物的多指标综合得分评价生物状况, 生物状况评价结果可以直接反映河流损害程度, 确定河流健康状况 (5) 如果参考河流生境质量劣于参照点, 则需要先研究不同生境对生物的支撑能力, 而再判断河流的健康状况	生境指标	河流表层生境	流域特征	
		河床泥沙组成	河岸带植被组成	
		流速及水深参数	河道内特征	
		泥沙沉积	粗木质残体	
		河道干枯状况	水生植物	
		河流形态变化	水质	
		河岸浅滩特征	无机底质	
		河岸冲淤	有机底质	
		生物指标	河岸植被	
			河岸带植被宽度	

此方法是在假定选择的参考河流为最理想的状态。最后根据评估系统得出的综合得分和参考点相比较<sup>[11]</sup>, 得出河溪的健康状况 (见图 1)。由于该方法利用打分的方法来评估栖息地的状况, 所以后来也被称为 HABSCORE 法。如比较百分比值在图 1 中右上角部分则表示评价河流的栖息地质量和生物条件良好, 河溪处于参考河溪状态或十分接近于参考河溪状态; 如比较百分比值位于曲线的中间部分则表示栖息环境质量下降, 而生物种群也随着栖息环境的下降而下降; 如比较百分比值位于左下角的部分则表示栖息环境质量很差, 不适合于生物的生存<sup>[12]</sup>。

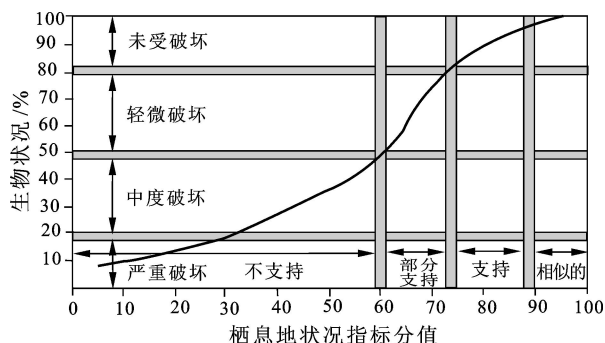


图 1 栖息环境和生物状况之间的联系 (1991, 参考河流为 100)

# 2 澳大利亚河流状况指数法

澳大利亚河流状况指数方法 (ISC) 是澳大利亚的维多利亚州制定的分类系统, 其基础是通过现状与原始状况比较进行健康评估。该方法强调对于影响河流健康的主要环境特征进行长期评估, 以河流每 10~30 为河段单位, 每 5 a 向政府和公众提交一次报告, 评估内容包括 5 个方面, 即水文、河流物理形态、岸边带、水质和水域生物 (见表 2)。每一方面又划分若干参数。比如, 水文类中, 除了传统的水文状况对比外, 还包括流域内特有的因素, 比如水电站泄流影响, 城市化对于径流过程影响等。每一方面的最高分为 10 分, 代表理想状态, 总积分为 50 分。

澳大利亚河流状况指数法将河流健康状况划分为 5 个等级, 按照总积分判定河流健康等级, 也说明河流被干扰的程度 (见表 3)。需要指出的是方法中设定的参照系统是真实的原始自然状态河道这种方法只有像澳大利亚这样开发较晚的国家或地区才有可能采用<sup>[10, 13]</sup>。

ISC 方法主要评价对象为 10~30 km 长度的河溪。在 1:250 000 的地形图或遥感图上描绘出各个河段, 根据代表性和在河段上选择要评价的地点进行

监测评价。对 5 个指标里的指示因子依次进行调查,根据每个指示因子的权重得出各指标的分值,最后得

出 ISC 的总分值。河溪健康状况的分类情况如表 3 所示。

表 2 澳大利亚 ISC 的工作程序及评价指标

工作程序	指标	调查因子
(1) 选择无人干扰或人为干扰极小的河流为参照	水文	了解工程前后水文月变化可能改变的幅度,流域内的城市化程度及水力发电设施
(2) 对 5 个指标里的指示因子依次进行调查,根据每个指示因子的权重得出各指标的分值	河流形态	边坡稳定,河床底质冲淤,人工拦水建筑物对鱼类洄游的影响,河道内生物栖息地
(3) 由 5 个指标分值得出 ISC 的总分值	岸边带	植被宽度,植被连续性,结构完整性,本土植生覆盖率,本土植生覆盖率,湿地与溪流周围池沼之现况(只适用于平原溪流)
	水质	全磷浓度,浊度,导电度,pH 值
	水生生物	使用大型无脊椎生物之 SIGNAL 指标、AUSRIVAS 指标或 IBI 指标

表 3 河流状况分类(ISC)

状况分类	指数等级	河流状况分类	总积分
非常接近参照自然状况	4	良好	45 ~ 50
对于河流稍有干扰	3	好	35 ~ 44
中等干扰	2	边缘	25 ~ 34
重大干扰	1	差	15 ~ 24
彻底干扰	0	极差	< 15

### 3 河流形态结构框架法

生物群落用于评价河流状态最主要的优势就是生物群落受到众多物理和化学因素的影响,对生物的影响是河流环境退化和污染的终点。然而生物健康与河流的物理生境存在必然的内在联系:河流地貌过程决定河流形态,进而决定河流生物的生态环境结构,而河流的生态环境结构是生物健康的基础。基于这一思想,近年来河流形态已开始被用于河流健康状况的评价。

澳大利亚河流形态结构框架(geomorphic river styles),旨在强调河流健康的物理结构和功能因子,并提供流域不同河段河流特征的基础调查以及河流形态结构控制的评价程序<sup>[14]</sup>。

河流健康通常是从生物学的角度来讲的<sup>[15]</sup>,但是生物群落的健康和物理栖息地有一定的联系。因此,当分析河流建筑物和功能对河流健康的影响时从生物学的角度就不太有效。GRS 河流健康评价法目的在于突出物理建筑物在河流健康中的功能<sup>[16]</sup>。

GRS 法评价河流健康状况有两种方法:第一种方法为现阶段的河流特征和预期的未受干扰的河流状况作对比得出河流健康状况等级。这种方

法需要在上中下游河溪平面和纵断面上的河溪状况和预期的未受干扰的河流状况作对比分析;第二种方法为以现阶段河流的特征、蓄沙能力、或理论上的河流特征来预测未来整治后河流特征<sup>[16]</sup>,从而可以帮助和指导我们建立河溪生态修复的目标(表 4)。

### 4 瑞典岸边与河道环境细则

瑞典岸边与河道环境细则(RCE)主要用于湿地和农村地区小溪流(河宽 < 3 m)物理、生物状况的评价,它具有浓厚的农村区域特色,尤其适用于欧洲农村地区的溪流健康评价。瑞典岸边与河道环境细则是为评估农业景观下小型河流物理和生物状况的方法。

这种模型假定:对于自然河道和岸边结构的干扰是河流生物结构和功能退化的主要原因。它包含 16 项特征,定义为:岸边带的结构,河流地貌特征以及二者的栖息地状况,测量范围从景观到大型底栖动物。记分分为 5 类,范围从优秀到差。这种方法的优点是采用目测,可以进行快速观测,现场的每一个点只需要 11 ~ 20 min<sup>[10,17]</sup>。

RCE 根据二级指标的表征价值和应用难易程度分别赋予其 15 ~ 30 分的权重,如表征河岸带结构的河岸带外土地利用、河岸带宽度与河岸带完整性是决定河流特征最重要的 3 项指标,且评估时较易判断,因此给予 30 分的最高权重<sup>[17]</sup>。

RCE 对二级指标共设定 4 级评分制度,用各指标的评分累加后的最终得分来判定河溪的健康状况及为政府对河流的治理和管理工作提供建议(详见表 5—6)。

表 4 GRS 的工作程序及评价指标

工作程序	指标	调查因子
(1) 收集人为干扰前后的河溪数据,干扰前的数据由地图、GIS 等收集	流域特征	地形改造措施:流域地形改造措施,流域地形改造比例,河流纵剖面,沟谷坡长和坡度 地区特征:流域面积,排水模式,延长率,排水装置密度 线性措施:河流等级、河流长度 其它措施:地质、平均年月降水量、土地利用方式、植物分布及类型、流量
(2) 数据分析,解释河流特征和表现		河段特征
(3) 河流未来健康状况预测	地貌特征	特征判断:河道内单元地貌特征、河道边缘地貌特征及河岸特征、泛洪平原地貌特征 地貌单元的形态及尺度:形状和大小、河道几何形态、河床高程、河流宽深比 水力参数:水流特征、粗糙率、弗汝德数 植被特征:植物覆盖度、植物组成 河道地貌单元之间的联系:地貌单元的空间特征、河道与泛洪平原之间的关系 河流的横向稳定性:河道阻塞程度、河流功率、漫滩流量 泥沙特征:沙粒大小和级配、泥沙排列、圆度、层积构造、泥沙组成和紧实度、粒度 沉积物关系:蓄沙量、产沙量、泥沙输移比
(4) 优化流域管理措施		
(5) 筛选适宜的河流整治建筑物流域特征		

表 5 RCE 的工作程序及评价指标

工作程序	指标
收集 1:10 000 地形图	滨河带外的土地利用模式,河岸带宽度,河岸带的完整性
选择 100 m 的河段作为监测评价对象	河道内 10 m 范围内的河岸带植被状况,截流特征
对被选择河段 16 项特征进行评价打分	河道建筑物,河道沉积物特征,河岸建筑物,河岸下切
由 16 个指标分值得出 RCE 的总分值	河床卵石底质,河床泥沙底质,浅滩、深潭、河溪蜿蜒情况
根据河溪所处健康状况推荐未来的治理措施	水深植物,鱼类,砾石,大型底栖动物

表 6 河溪状况分类

级别	分值	河流状况分类	推荐治理措施
	293 ~ 360	优秀	对河溪进行生物监测并维持现有状况
	224 ~ 292	很好	轻微治理并对治理后河溪的变化情况进行监测
	154 ~ 223	好	小量的河溪整治
	86 ~ 153	一般	大量的河溪整治
	16 ~ 85	差	对河溪进行完全的治理

## 5 4 种评价方法比较

这 4 种不同的方法是根据当地不同自然地貌水文特征,通过大量数据积累发展出来的,有各自的优点和不足。ISC 评价方法将河流状态的主要表征因子融合在一起,能够对河流进行长期的评价。但缺乏对单个指标相应变化的反映,参考河段的选择较为主观。了解它们的优缺点并结合我国的实际情况,有利于发展出我国的河流健康评价体系。

RBPs 将反映河流状态的栖息环境因子和生物因子很好的融合在一起,生物状况随栖息地环境的变化而变化,辅助调查指标可以使评价更好地反映当地的生物状况,但评价指标的打分主观性较强。GRS 方法可在不同的尺度对生物栖息环境和人工建筑物进行度量,可以预测河溪治理后未来的变化情况,但是对评估专家的要求较高,且不能直接反映河流的生态性。RCE 能够在短时间内快速评价河流的健康状况,但该方法主要适用于农业地区(表 7)。

表 7 4 种河流健康评价方法评估

河流健康评价方法	RBP	ISC	GRS	RCE
以参考河流来评价河流健康状况	Y	Y	I	I
把底栖生物作为评价指标	Y	Y	P	Y
是否突出河流物理特征对栖息地的影响	N	N	Y	Y
快速调查和评价	Y	N	N	Y
是否能被非专家人员使用	Y	Y	N	Y
易于被管理者理解接受	Y	Y	P	Y
是否能表现河溪的物理特征	N	N	Y	P

注:Y表示是,N表示否,P表示潜在的,I表示间接的。

## 6 讨论

河流健康评价指标是河流治理的目标,对河流治理起着导向作用,确定科学的评价指标十分重要。综合评价指标法是目前采用较多的一种方法(其中ISC评价法应用最为普遍)。我国学者指出河流生态评价设计生态保护目标和准则的问题,不同国家、地区,处于不同的社会经济发展阶段,保护目标将有所不同,决策过程也不同。特别需要因地制宜,结合对象河流的独特自然条件和物种群落特征进行判断分析<sup>[18]</sup>。

如表 7 分析不同的评价方法都有各自不同的优点和缺点,是根据他们国家或地区的特征,和评价目的的不同而发展起来的。目前国内学者倾向于采用综合评价指标法来进行河流健康评价<sup>[19]</sup>。此方法比较全面地反映了河流的各个方面,而且易于把社会服务功能纳入进来,是河流健康评价指标的发展方向。但同时也有它的弊端,有些指标监测成本过高,不适合于河溪健康的快速调查和评价,不能很好的表现河溪的物理特征等。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,其评价的目的也不同。笔者认为河流健康评价没有统一的标准,只有适合与不适合的标准。我国的河流健康评价方法应满足不同地区、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目标,并应满足不同的应用人群需求来制定。指标应当具备易于理解,便于定性或定量描述,便于监测,便于作为管理目标和拟定相应对策等特点。

### [ 参 考 文 献 ]

[1] 魏梓兴,蔡恭杰,吴阿娜,等. 河流管理中引入河流状况评价的意义与思考[J]. 江河治理,2004(17): 18-19.  
 [2] 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.  
 [3] 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): 131-134.

[4] 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.  
 [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.  
 [6] 高甲荣,王芳,朱继鹏,等. 河溪生态系统自然性评价指标体系[J]. 中国水土保持科学,2006,4(5): 66-70.  
 [7] 高阳,高甲荣,阿子珊,等. 河溪近自然治理评价指标体系探讨以及应用[J]. 水土保持研究,2007,14(6): 404-411.  
 [8] 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.  
 [9] Barbour MT, Gerritsen J. Rapid bioassessment protocols for use in streams and Wadeable Rivers. <http://www.epa.gov/OWOW/monitoring/techmon.html>. 1999.  
 [10] 董哲仁. 国外河流健康评估技术[J]. 水利水电技术. 2005,36(11): 15-19.  
 [11] Plafkin J L, Barbour M T Porter K D, et al. Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: benthic macroinvertebrates and fish [R]. EPA/444/4-89-001. U. S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington. 1989.  
 [12] Barbour M T. Stream surveys-the importance of the relation between habitat quality and biological condition [D]. Sediment and Stream Water Quality in a Changing Environment: Trends and Explanation. Proceedings of the Vienna Symposium, IAHS Publication No. 203. 1991.  
 [13] 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: 453-468.  
 [14] Brierley GJ, Cohen T, Fryirs K, et al. Post-European changes to the fluvial geomorphology of Bega catchment, Australia: implications for river ecology [J]. Freshwater Biology. 1999,41: 839-848.  
 [15] Norris R H, Thoms M C. What is river health? [J]. Freshwater Biology. 1999,41: 197-209.  
 [16] Brierley G, Fryirs K, Cohen T. Development of a generic geomorphic framework to assess catchment character [R]. Part 1: A geomorphic approach to catchment characterisation. Working Paper 9603, Macquarie University, Graduate School of the Environment. 1996.  
 [17] Peterson R C. The riparian, channel and environmental inventory for small streams in the agriculture landscape [J]. Fresh Water Biology. 1992,27: 295-306.  
 [18] 彭静,董哲仁,李羽中. 河流生态功能综合评价的层次决策分析方法[J]. 水资源保护,2008,24(1): 45-48.  
 [19] 蔡守华,胡欣. 河流健康的概念及指标体系和评价方法[J]. 水利水电科技进展,2008,28(1): 23-27.