

河流水质监测和评价的生物学方法^{*}

张 丹 丁爱中[†] 林学钰 孙寓姣 郑 蕾 陈 程

(北京师范大学水科学研究院, 北京师范大学水沙科学教育部重点实验室, 100875, 北京)

摘要 结合理化分析,从生物学的角度对河流水质进行监测和评价,可以综合反映出河流的水环境质量.综述了利用水生生物进行河流水质监测和评价的原理、特点、分类及一些主要研究方法的发展趋势,旨在为快速、准确地评价河流健康和流域管理提供参考.

关键词 水生生物; 监测; 评价; 河流水质

近年来,随着人类活动对河流影响的加剧,河流生态环境退化问题日趋严重,河流污染及生态健康问题受到广泛关注.对河流水质进行监测和评价是河流污染防治的必要前提.传统河流水质监测和评价方法是以水质的理化监测值(如 COD, BOD, TOD 及浊度等指标)为主,这种分析方法测值准确,但只能反映瞬时的污染物浓度.实际上河流系统存在多种化合物同时参与的各种复杂作用(如协同、拮抗作用等),使生态毒性效应产生许多出乎常规的反应,给河流水质理化监测带来巨大困难.生物监测对解决这方面问题具有一定优势,其原理基于河流生态系统中水生生物特征与整个河流水环境变化的相互响应,其中既包括了理化参数,也包括了那些未测定的因子以及未知因子共同作用的后果,而且还反映了污染物和环境因子的连续影响和积累作用,对河流水质监测具有重要作用,正在得到越来越广泛的应用^[1-3].

本文综合分析了目前利用水生生物进行河流水质监测和评价的原理、特点、分类及一些主要研究方法的发展趋势.

1 河流水质生物监测

1.1 河流水质生物监测原理及优势 在一定条件下,水生生物群落和河流水环境之间互相联系、互相制约,保持着自然、暂时的相对平衡关系,形成一个精巧而又非常复杂的河流生态系统.一旦河流水环境发生污染和破坏,必然作用于生物个体、种群和群落,影响河流生态系统中固有生物种群的数量;影响物种组成及其多样性、稳定性、生产力以及生理状况;影响河流生态系统的正常循环.使得有些水生生物逐渐消亡,而另一些水生生物个体和种群的数量逐渐增加,这些变化与

水环境受污染的种类和程度的变化是相辅相成的^[4-7].因此,可根据生物的外在表现及体内某些物质含量的变化,显示水体中污染物的种类、污染物对水体的综合危害及污染程度.

与传统的理化检测方法相比较,河流水质生物监测的优势表现为:1) 能较好地反映出环境污染对生物产生的综合效应;2) 灵敏性高,一些低浓度甚至是痕量的污染物进入环境后,在能直接检测或人类直接感受到以前,生物即可迅速做出反应,显示出可见症状,可在早期发现污染,及时预报;3) 能够检测到理化方法难以检测到的剂量小、长期作用产生的慢性毒性效应;4) 可克服理化监测的局限性和连续取样的繁琐^[8-12].

1.2 河流水质生物监测方法分类

1.2.1 河流水质生物监测常规方法

1.2.1.1 生物群落法 生物群落法是利用河流水生生物群落结构的变化来监测水质的方法.河流水生生物群落中生活着浮游植物、着生生物、细菌、大型底栖动物和鱼类等,由于它们的群落结构、种类和数量的变化能反映水质污染状况,称之为指示生物^[13].按照规定的采样、检验、计数方法获得各生物群落的种类和数量的数据后,可用生物指数法^[14]来进一步评价河流水质.例如,微型生物群落聚氨酯泡沫塑料块(polyurethane foam unit, PFU)法^[15-16]适用于原生动物、藻类对河流水质的监测.

1.2.1.2 生物毒性试验法 生物毒性试验是指采用水生生物受到污染物质毒害引起的生理机能等变化测试河流污染状况的方法.其主要用于污染源监测,采用此法可以反映很多重要信息,如有害物质进入河流水体时其致毒性如何或能否发生改变,接受系统受影响

^{*} 国家“十一五”科技支撑计划重点资助项目(2006BAJ08B04)

[†] 通信作者

收稿日期:2008-10-29

的程度如何,何种有害物质的致毒性最大以及在什么条件下毒性最强,对河流水生生物的生活史能产生什么影响等。除此之外,在寻找污染源、评价环境污染程度、确定污染物排放标准等方面均有实用价值。常用的测试生物有藻类中的斜生栅藻(*Scenedesmus obliquus*)、羊角月牙藻(*Selenastrum capricornutum* Prinz)、普通小球藻(*Chlorella vulgaris*)等,原生动物中的四膜虫(*Tetrahymena pyriformis*)等^[17]。

1.2.1.3 生物残毒试验法 生物残毒试验法是指采用生物体含污量进行河流水质监测的一种方法。当河流水体污染物含量较低,常规理化法分析困难时,利用水生生物往往对污染物有较强的富集能力,根据污染物在生物体内的残留量可以推断出河流水体的污染程度。常用于生物残毒测试法的水生生物为河流底栖动物中的软体类^[17-19]。

1.2.2 河流水质生物监测新方法

1.2.2.1 分子生态毒理学方法 分子生态毒理学采用现代分子生物学方法与技术,研究污染物及代谢产物与细胞内大分子,包括蛋白质、核酸、酶等的相互作用,找出作用的靶位或靶分子,从而对在个体、种群、群落或生态系统水平上的影响作出预报,达到微观水平与宏观水平的完美结合,具有很大的预测价值。目前最常用的是把腺苷三磷酸酶(ATPase)作为生物学标志,方法是测定水生生物体内ATPase的活性,并以其活性强弱作为多种污染物胁迫的指标^[3]。此外,Petrović等^[20]测定贻贝(*Mytilus galloprovincialis* Lam.)消化腺上皮细胞中的溶酶体(lysosome)膜的稳定性和金属硫蛋白(metallothionein, MT)的含量来监测水体中有毒物质,经过证实,这2个指标可以作为水体环境有毒物质变化的早期警报。Dellali等^[21]用蛤(*Ruditapes decussatus*)和贻贝监测泻湖水体污染的结果表明,蛤和贻贝体内乙酰胆碱酯酶的活性能很好地反映当地水体的污染状况。

1.2.2.2 四膜虫刺泡发射法 四膜虫是一种淡水单细胞生物,生长速度快、繁殖量大,实验室内易无菌培养和控制,适用于河流水质监测^[22]。以前应用四膜虫监测水质都是通过测试四膜虫的生长曲线和繁殖曲线等生物学特征来反映水质变化情况。然而由于四膜虫个体差异小,对化学毒物敏感,在诱变实验中无须添加活化酶,自发突变率低等,是一种理想的致突变试验材料。四膜虫的刺泡是附着在细胞质表面、由基粒分化而来,垂直胞质排列,当外界环境因子触发可诱导刺泡发射,形成显微镜下可见的分泌泡。吴伟等^[23]用阳性致突变物诱发四膜虫刺泡发射,试验结果表明,四膜虫对致突变阳性物质相当敏感,且有剂量效应关系。因此,

利用四膜虫刺泡发射是评价河流水体中化学物质致突变的一种快速、简便、良好的方法。

1.2.2.3 发光细菌毒性检测法 发光细菌测试^[24]使用了具有发光特性的天然微生物,而毒性物质将抑制发光,且毒性越强,光抑制越明显。此方法经研究被证实在水质监测中具有快速、简便等特点,同时有很好的灵敏度和可靠性^[25]。另外,发光细菌本身没有危害性。

1.3 河流水质生物监测的发展趋势 目前,由于受到试验条件、技术分析方法等制约,河流水质的生物监测无法做到准确定量,不能对水生动物各种生理、生化变化的原因进行定量分析。因此,河流水质生物监测方法的发展方向应该与理化监测方法相结合,这样不仅能够对河流系统污染物的性质和浓度进行监测,而且能够对污染物引起的生物学综合效应做出恰当的评价,从而为河流污染治理提供理论依据。

2 河流水质生物评价

2.1 河流水质生物评价方法 河流水质生物评价中用得较多的指示生物有藻类、鱼类和大型底栖无脊椎动物等^[26]。

2.1.1 藻类水质评价 藻类处于河流生态系统食物链的始端,作为初级生产者的藻类生活周期短,对污染物反应灵敏,在不同的水体中具有特定种类组成,其群落的性质和数量会随着水化学成分而改变,因此,常被用作水质监测和评价的重要参数^[27-30]。不同藻类对生态因子的耐受性不同,刘伟^[31]比较了富营养化水体与贫营养水体中的主要藻类,如鱼腥藻属(*Anabaena*)、束丝藻属(*Aphanizomenon*)、微囊藻属(*Microcystis*)、直链藻属(*Melosira*)、脆杆藻属(*Fragilaria*)、星杆藻属(*Asterionella*)等主要存在于富营养化的水体;而角星鼓藻属(*Staurostrum*)、平板藻属(*Tabellaria*)、小环藻属(*Cyclotella*)、锥囊藻属(*Dinobryon*)等则主要存在于贫营养的水体。藻类水质评价的缺点是不能反映河流综合的生态条件。

2.1.2 鱼类水质评价 鱼类处于河流生态系统食物链的末端,能较好地反映河流综合生态条件^[32],斑马鱼(*Danio rerio*)^[33]、剑尾鱼(*Xiphophorus helleri*)^[34]和鲫鱼(*Carassius auratus*)^[35]等是应用最为广泛的河流鱼类。鱼类评价的缺点是对环境条件变化的反映不够快速灵敏,采样成本太高。

2.1.3 大型底栖无脊椎动物水质评价 大型底栖无脊椎动物是指肉眼可见、体长超过0.595 mm、栖息在河流水层底部或附着在基质上的无脊椎动物群,包括水生昆虫、大型甲壳类、软体动物、环节动物、圆形动物、扁形动物等许多动物门类。其活动能力较弱,比较

容易受到污染物的影响;具有长而稳定的生活周期,能综合反应较长时间段内的河流水质状况;种类多样性同样也高,耐污值多样性高;处于河流生态系统食物链的中间,在水生系统能量循环中具有不可替代、兼具藻类和鱼类的优点;采样容易,成本低。因此,大型底栖无脊椎动物以其独有的优势已越来越广泛地用于河流水质的生物评价中^[36-42]。

2.2 河流水质生物评价指数 常用于河流水质评价的生物学指数有 3 种:多样性指数 (diversity index)、相似性指数 (similarity index) 和生物指数 (biotic index)。其中,前 2 种指数是利用群落的结构和功能参数为基础建立的;生物指数是利用筛选的指示生物或

生物类群与水体质量的相关性,特别是考虑它们与污染物之间的关系,从而划分不同污染程度的水体。

2.2.1 多样性指数 多样性指数是根据一般生物群落结构组成中种的数目,或各个种的个体数目的分配上有一定特点而设计出的一种数值指标。它试图将一个群落中种类的丰度信息缩并为一个单独的数值,种数越多或各个种的个体数分配越均匀,多样性就越大。从理论上说,当河流生态系统群落受到环境胁迫时,种类数和个体数都会减少,导致多样性指数的降低。常用的河流水质多样性指数有 Shannon-Weaver 种类多样性指数 H' , Margalef 种类丰富度指数 d 以及 Simpson 多样性指数 D (表 1)。

表 1 生物多样性评价指数与河流水质对应关系*

指数名称	表达式	评价标准 ^[5,43]
Shannon-Weaver 种类多样性指数 H' ^[44]	$H' = -\sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N}$	$0 < H' \leq 1$: 严重污染 $1 < H' \leq 2$: 重度污染 $2 < H' \leq 3$: 中度污染 $3 < H' \leq 4$: 轻度污染 $H' > 4.5$: 清洁
Margalef 种类丰富度指数 d ^[40,45-46]	$d = \frac{S-1}{\ln N}$	$0 < d \leq 1$: 严重污染 $1 < d \leq 2$: 重度污染 $2 < d \leq 3$: 中度污染 $3 < d \leq 4$: 轻度污染 $d > 4$: 清洁
Simpson 多样性指数 D ^[47-49]	$D = \frac{1}{\sum_{i=1}^s \frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)}}$	$0 < D \leq 1$: 严重污染 $1 < D \leq 2$: 重度污染 $2 < D \leq 3$: 中度污染 $3 < D \leq 6$: 轻度污染 $D > 6$: 清洁

* S 为样本的生物种类数; n_i 为样本中第 i 种生物的个体数; N 为样本中生物个体总数。

2.2.2 相似性指数 相似性指数是测定 2 个群落组成相似性的指数。一般认为在环境条件相近的情况下,群落种类的组成也趋于一致。通过比较一些特殊种的丰度或所有种类的丰度,可得出污染区域的污染程度及其对生物的影响程度。传统的相似性指数多应用于陆地生态系统,尤其是植物群落的相似性分析,后来推广应用在河流生态系统中。因为对水体中的生物群落采样时,经常出现在各个采样点种类数目不一致的情况,出现的种类类别更不尽相同,某一类所占该采样点群落总个体数的比例也有千差万别,所以分析不同采样点之间群落相似性,可利于不同类型群落的比较,进而反映出它们的环境差别。在河流生态系统中常用的相似性指数有百分比相似性指数、Jaccard 指数、Bray-Curtis 相异指数^[50]等。与多样性指数和生物指数相比,相似性指数的最大不足在于它要有一个清洁样点作对照,因此,此法适用于点污染源的上下游的河流水体的比较中。

2.2.3 生物指数 环境污染后,原有生物与环境多种物质关系发生变化,出现新的生物与环境的物质循环关系。生物指数法通过对群落中的敏感种和耐污种进行量化分析,对生境状况做出评价。在河流水质评价中常用的生物指数有 Chandler 计分制^[51]、Beak 指

数^[52]、Chutter 指数^[53]以及硅藻生物指数^[14]等。

2.3 河流水质生物评价的发展趋势 用生物学方法评价河流水质状况时,由于污染与非污染因子综合影响生物群落的结构、功能,特别是对所调查的各河流非污染因子(如水深、水流速度、底质组成等)的相似性在实际工作中不能得到完全保证,所以单一的生物学方法很难准确地反映某一区域河流的水质状况,必须试用多种生物评价指数之后,选择适合于该河流的生物指数,并结合种群、个体生态学、理化监测资料等进行环境生物学的综合分析,才能得到满意的评价结果。

3 结语

河流水质监测和评价的生物学方法具有明显的优势,如何更好地进行监测和评价,体现其综合、灵敏的特点,还需从技术、方法、管理等方面进行深入的研究:

1) 生物监测和评价必须与理化监测相结合,得到时空范围内连续、系统的监测结果,才能获得可靠、全面的河流水环境质量状况。

2) 用一种类型的生物学指数进行水质评价还不全面,需要采用多种类型的生物学指数对河流水环境质量进行综合评价,有关指数的筛选和评价量纲的统一是今后研究的热点。

3) 随着计算机和信息技术的迅速发展,将多参数、多信息引入生物学指标的推导,建立恰当的数学模型以评价、预报河流水质的污染,将是今后研究的又一个热点。

总之,利用生物学方法进行河流水质的监测和评价方兴未艾,它与理化监测相互补充、修正,特别是与数学分析的完美协作,必将使河流水质监测和评价的生物学方法更加深入地开展下去。选择生物群落结构和功能适宜的参数建立数学模型以监测预报河流水质污染,并通过河流健康评价为流域管理提供决策依据,为人与河流和谐相处提供支持。

4 参考文献

- [1] 牛红义,吴群河. 水污染监测技术发展动向初探[J]. 环境科学动态, 2005(2): 60
- [2] 王玉华,赵学民,周怀东. 水质自动监测技术及其应用分析[J]. 水文, 2004, 24(3): 54
- [3] 谢建春. 水体污染与水生动物[J]. 生物学通报, 2001, 36(6): 10
- [4] 凯思斯. 水污染的生物监测[M]. 曹凤中, 译. 北京: 中国环境科学出版社, 1989
- [5] 张士乔,吴小刚,应向华. 水质生物监测体系建设的若干问题探讨[J]. 水资源保护, 2004(1): 25
- [6] Gurbuz H, Kivrak E. Use of epilithic diatoms to evaluate water quality in the Karasu river of Turkey[J]. Journal of Environmental Biology, 2002, 23(3): 239
- [7] Li W K. Macroecological patterns of phytoplankton in the northwestern North Atlantic Ocean[J]. Nature, 2002, 419: 154
- [8] Ramanathan K, Danielsson B. Principles and applications of thermal biosensors[J]. Biosensors & Bioelectronics, 2001, 16(6): 417
- [9] Gerard M, Chaubey A, Malhotra B D. Application of conducting polymers to biosensors[J]. Biosensors & Bioelectronics, 2002, 17(5): 345
- [10] 赵怡冰,许武德,郭宇欣. 生物的指示作用与水环境[J]. 水资源保护, 2002(2): 11
- [11] 郑怀礼,龚迎昆. 用于环境监测的生物传感技术[J]. 光谱学与光谱分析, 2003, 23(2): 411
- [12] 张增光. 水生生物在水质监测中的应用[J]. 科技情报开发与经济, 2004, 14(7): 150
- [13] 黄铭洪. 环境污染与生态修复[M]. 北京: 科学出版社, 2003
- [14] 王焕校. 污染生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000
- [15] Cairns Jr J, Dahlberg M L, Dickson K L, et al. The relationship of fresh-water protozoan communities to the MacArthur-Wilson equilibrium model[J]. The American Naturalist, 1969, 103(933): 439
- [16] 许木启,曹宏. PFU 原生动植物群落生物监测的生态学原理与应用[J]. 生态学报, 2004, 24(7): 1540
- [17] 程英,吕琳,雒彦军. 应用水生生物监测水污染[J]. 黑龙江环境通报, 2001, 25(1): 79
- [18] Nohara S, Iwakuma T. Residual pesticides and their toxicity to freshwater shrimp in the littoral and pelagic zones of Lake Kasumigaura, Japan[J]. Chemosphere, 1996, 33(7): 1417
- [19] 赵利华,姚根娣,郭履骥,等. 上海市第二水源长江取水口环境生物调查和质量评价: 底栖生物、鱼类和生物残毒[J]. 环境科学, 1992, 13(2): 84
- [20] Petrovic S, Ozretic B, Krajnovic-Ozretic M, et al. Lysosomal membrane stability and metallothioneins in digestive gland of mussels (*Mytilus galloprovincialis* Lam.) as biomarkers in a field study[J]. Marine Pollution Bulletin, 2001, 42(12): 1373
- [21] Dellali M, Barelli M G, Romeo M, et al. The use of acetylcholinesterase activity in *Ruditapes decussatus* and *Mytilus galloprovincialis* in the biomonitoring of Bizerta lagoon[J]. Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology, 2001, 130(2): 227
- [22] Mountassif D, Kabine M, Manar R, et al. Physiological, morphological and metabolic changes in *Tetrahymena pyriformis* for the in vivo cytotoxicity assessment of metallic pollution: Impact on D- β -hydroxybutyrate dehydrogenase[J]. Ecological Indicators, 2007, 7(4): 882
- [23] 吴伟,胡庚东,火村英,等. 应用四膜虫刺泡发射评价加氯水体中有机浓集物的致突变性[J]. 中国环境科学, 1999, 19(5): 413
- [24] Thomulka K W, McGee D J, Lange J H. Use of the bioluminescent bacterium *Photobacterium phosphoreum* to detect potentially biohazardous materials in water[J]. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 1993, 51(4): 538
- [25] 杜晓丽,徐祖信,王晟,等. 发光细菌法应用于环境样品毒性测试的研究进展[J]. 工业用水与废水, 2008, 39(2): 13
- [26] 唐涛,蔡庆华,刘建康. 河流生态系统健康及其评价[J]. 应用生态学报, 2002, 13(9): 1191
- [27] Sládeček V. Diatoms as indicators of organic pollution[J]. Acta Hydrochimica et Hydrobiologica, 1986, 14(5): 555
- [28] Leland H V, Brown L R, Mueller D K. Distribution of algae in the San Joaquin River, California, in relation to nutrient supply, salinity and other environmental factors[J]. Freshwater Biology, 2001, 46(9): 1139
- [29] Brettum P, Halvorsen G. The phytoplankton of Lake Atnsjøen, Norway—a long-term investigation[J]. Hydrobiologia, 2004, 521(1/3): 141

- [30] Rott E, Cantonati M, F üreder L, et al. Benthic algae in high altitude streams of the Alps: a neglected component of the aquatic biota [J]. *Hydrobiologia*, 2006, 562 (1):195
- [31] 刘伟,刘学良,何国富,等. 藻类在城市污水监测中的应用[J]. *科技创业月刊*, 2008, (4):142
- [32] Karr J R. Assessments of biotic integrity using fish communities[J]. *Fisheries*, 1981, 6:21
- [33] 朱琳,史淑洁,佟玉洁. 应用斑马鱼胚胎致畸效应检测环境污染物质毒性[J]. *环境与健康杂志*, 2003, 20(2):122
- [34] 王春风,方展强. 汞和硒对剑尾鱼的急性毒性及其安全浓度评价[J]. *环境科学与技术*, 2005, 28(2):32
- [35] 覃东立,战培荣,孙平,等. 利用鲫鱼监测水环境中汞污染的研究[J]. *渔业现代化*, 2008, 35(4):16
- [36] Resh V H, Jackson J K. Rapid assessment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates [M]. Rosenberg D M, Resh V H. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. New York: Chapman & Hall, 1993
- [37] Karr J R. Defining and measuring river health [J]. *Freshwater Biology*, 1999, 41(2):221
- [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
- [39] Warwick R M, Dashfield S L, Somerfield P J. The integral structure of a benthic infaunal assemblage[J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2006, 330(1):12
- [40] 龚志军,谢平,唐汇娟,等. 水体富营养化对大型底栖动物群落结构及多样性的影响[J]. *水生生物学报*, 2001, 25(3):210
- [41] 王备新,杨莲芳. 用河流生物指数评价秦淮河上游水质的研究[J]. *生态学报*, 2003, 23(10):2082
- [42] 王兆印,程东升,段学花,等. 东江河流生态评价及其修复方略[J]. *水利学报*, 2007, 38(10):1228
- [43] 张远,郑丙辉,刘鸿亮,等. 深圳典型河流生态系统健康指标及评价[J]. *水资源保护*, 2006, 22(5):13
- [44] Shannon C E, Weaver W J. The mathematical theory of communication[M]. Urbana IL: University of Illinois, 1949, 296
- [45] Margalef R. Information theory in ecology[J]. *General Systems*, 1958, 3:36
- [46] Platt H M, Shaw K M, Lambhead P J D. Nematode species abundance patterns and their use in the detection of environmental perturbations [J]. *Hydrobiologia*, 1984, 118(1):59
- [47] Simpson E H. Measurement of diversity[J]. *Nature*, 1949, 163:688
- [48] Death R G, Winterbourn M J. Diversity patterns in stream benthic invertebrate communities: the influence of habitat stability[J]. *Ecology*, 1995, 76(5):1446
- [49] 刘书宇,马放,张建祺. 景观水体富营养化模拟过程中藻类演替及多样性指数研究[J]. *环境科学学报*, 2007, 27(2):337
- [50] Pontasch K W, Brusven M A. Diversity and community comparison indices: assessing macroinvertebrates recovery following a gasoline spill[J]. *Water Research*, 1988, 22(5):619
- [51] Chandler J R. A biological approach to water quality management [J]. *Water Pollution Control Federation*, 1970, 69:415
- [52] Washington H G. Diversity, biotic and similarity indices: a review with special relevance to aquatic ecosystems[J]. *Water Research*, 1984, 18(6):653
- [53] Chutter F M. An empirical biotic index of the quality of water in South African streams and rivers [J]. *Water Research*, 1972, 6(1):19

MONITORING AND ASSESSMENT OF WATER QUALITY IN RIVERS WITH BIOLOGICAL METHODS

ZHANG Dan DING Aizhong LIN Xueyu SUN Yujiao ZHENG Lei CHEN Cheng

(College of Water Sciences; Key Laboratory of Water and Sediment Sciences of Ministry of Education;

Beijing Normal University, 100875, Beijing, China)

Abstract Monitoring and assessment of water quality in rivers using biological approaches combined with physical and chemical analysis can reflect water environment quality comprehensively. Mechanisms, characteristics, classifications, and methods were summarized, to provide reference for quick and correct river health evaluation and watershed management.

Key words aquatic organism; monitoring; assessment; water quality rivers