基于鱼类生物完整性指数的水源地评价

朱 迪[1],陈 锋[1],杨 志[1],俞建军[2],陈 晖[2]

(1. 水利部中国科学院水工程生态研究所,水利部水工程生态效应与生态修复重点实验室,武汉 430079;
2. 浙江省水资源管理中心,杭州 310009)

摘要:通过历史资料和现场调查(2009年9月和2010年8月),对大中型水库水源地鱼类生物完整性(F-IBI)评价指标体系进行研究。根据研究区域的鱼类区系和水库生态系统特点,经过备选参数的筛选,构建了12个参数的F-IBI指标体系,并利用该评价体系对5座水库(编号A~E)的水生态健康程度进行了评价。结果表明,B、C和E 3个水库F-IBI得分为42、48和46,生物完整性评估等级均为"好";D水库F-IBI得分为32,评价为"一般";A水库F-IBI得分26,评价为"差"。评价结果与5座水库的I、II类水质达标率的分级结果大致相同,表明该F-IBI评价体系应用于浙江省水源地评价具有较好的可靠性。

关键词:鱼类生物完整性(F-IBI);浙江省;饮用水源地;水质评估

中图分类号:X171 **文献标志码**:A **文章编号**:1674-3075(2012)02-0001-05

饮用水安全问题是关系到千百万人民身体健康的大事,满足人民群众对饮用水水质的要求,保证水源地的安全和健康需求,需要对水源地整体环境进行正确的评估,而选择合适的评价因子和方法是正确评估的关键。

目前,我国用于饮用水源水质评价的标准有2部,分别是"地表水环境质量标准(GB 3838-2002)"和"地下水质量标准(GB/T 14848-93)",但是这2项标准采用单因子评价方法进行评价,无法给出水环境质量综合状况,存在诸多不足,例如对某些有害物质不能有效评价和预防。人们对水源地的安全评价逐渐从单纯的水质和污染物监测分析拓展到环境和生态范畴,国际上比较典型的综合水源地管理和评价是美国饮用水源评价计划(Source Water Assessment Program,简称SWAP)(1996)和欧盟水框架指令(2000),国内也有部分学者开始将水安全综合评价理论引入到水源地安全评价(王丽婧等,2010;闻常玲等,2008)。虽然已从水质、生态、社会等多种角度开展了水源地评价,但还没有突出生态系统健康在水源地健康评价中的地位。

大量研究表明,生物完整性的概念较为适用于对淡水生态系统健康的评价(Karr et al, 2008; Magurran, 1999)。目前,利用不同类型的生物参数构建的生物完整性评价体系,在全球不同地区和不同类型的水体研究上均是成功的(Simon & Lyons 1995; Lyons et al, 2000; Seegert 2000; Gassner et al, 2003)。这些均为开展以生物完整性为核心的生态系统健康评价奠定了较强的科学基础,国内现在已有应用鱼类生物完整性指数(F-IBI)开展水生态系统健康的评价研究(朱迪和常剑波,2004;Zhu & Chang, 2008;刘明典等,2010)。因而,开展以生态系统健康为核心的水源地评价存在一定的工作基础,是能够顺利开展的。

本研究以浙江省5座供水水库鱼类群聚为研究对象,以生物完整性指数(Index of biological integrity, IBI)为核心,构建水库鱼类生物完整性(F-IBI)评价方法,对水库库区和集雨区开展评价,突出生态系统健康对水源地饮用原水质量的重要性。

1 研究区域和研究方法

1.1 研究区域

本研究选择浙江省丘陵河谷型水库(A)、丘陵峡谷型水库(B和C)、丘陵河道型水库(D)和平原河道型水库(E)作为研究对象。这5座水库皆为浙江省大中型水库,水库距供水城市距离不超过100 km,坝址以上集水面积200~3 000 km^2。水库总库容1.4×10^7~3×10^8 m^3,水库功能皆以防洪、供水为主。

收稿日期:2012-03-05

基金项目:浙江省科技厅项目(2010C33080);浙江省水利厅科技计划重点项目(RB1005);水利部公益性行业科研专项(200901055-03);水利部公益性行业科研专项(200901013)。

作者简介:朱迪,1978年生,女,副研究员,博士,从事鱼类生态学、生态系统健康评价等。E-mail:zhudi@mail.ihe.ac.cn

1.2 采样方法

选用 C 水库和 E 水库 2008 年水生生物调查资料(水利部中国科学院水工程生态研究所,2009;2010),其余水库采用 2009 年 9 月和 2010 年 7 月的现场调查数据。现场调查主要是通过自主捕捞获得渔获物数据,根据不同水深设置网具,小于 5 m 设置地笼(30 cm×30 cm×5 m,网目 <0.5 cm),深水区(>5 m)设置三层流刺网(50 m×3 m,网目分别为 10、5 和 2 cm),地笼以捕捞小型鱼类和底栖鱼类为主,刺网捕捞大中型鱼类和中上层鱼类为主,以保证无偏差采样。采样时间为8:00-20:00,将渔获物收集后进行分类统计。

1.3 IBI 方法和期望值选择

参考 Karr 等(1986)推荐的 12 个参数的指标体系来构建 IBI,将调查数据和期望值进行对比,根据其和期望值的偏差进行赋值,然后相加得出综合评分。由于本研究中水库形成前均是河流形态,因此收集水库形成前流域的历史数据,再结合水库现场调查资料拟定期望值。

水库的水生物群落在库尾具有河流特征,在坝前具有湖泊特征,特定的水文气象条件,集雨区、养鱼水面和人的渔业生产活动形成了独特的水库生态系统(苏永涛,2006)。A 水库和 D 水库的地理分布均属于瓯灵分区,隶属于华南区浙闽亚区,该区共计有鱼类 107 种;而 B 水库和 E 水库的地理分区属于钱甬分区,该区共有淡水鱼 122 种(郑米良和郏国生,1988)。2 次调查在 E 水库采集到鱼类 36 种,在 C 水库采集到鱼类 38 种(水利部中国科学院水工生态研究所,2009;2010),该调查是在成库后较短的时间内进行的,可作为拟定期望值的依据,水库鱼类种类数期望值为 40 种。

2 结果

2.1 种类组成

根据相关资料和调查结果,A 水库鱼类 6 科,14 属,15 种;B 水库鱼类 3 科,9 属,14 种;C 水库鱼类 9 科,30 属,38 种;D 水库鱼类 1 科,8 属,8 种;E 水库鱼类 11 科,28 属,36 种。

2.2 水库 F-IBI 评价指标体系构建

据朱迪和常剑波(2004;2008)对长江中上游 F-IBI 指标体系的研究,本研究中选取 12 项评价指标构建适合于研究区水库生态评价的 F-IBI 指标体系(见表 1)。

表 1 浙江水库 F-IBI 评价的指标体系

Tab. 1 The F-IBI evaluation index system adapted to reservoirs in Zhejiang province

指 标	评分标准		
	5	3	1
1. 总种类数占期望值百分比	>60	30~60	<30
2. 渔获物鱼类总属数	>10	6~10	<6
3. 渔获物中鲤科鱼类数百分比	<45	45~60	>60
4. 渔获物中鳅/鲿科鱼类数百分比	>14	10~14	<10
5. 放养鱼类个体数百分比	<10	10~20	>20
6. 杂食性鱼类种类数百分比	<10	10~40	>40
7. 底栖动物食性鱼类种类数百分比	>40	20~40	<20
8. 食鱼性鱼类种类数百分比	>10	5~10	<5
9. 鲫、鲤个体数百分比	<5	5~15	>15
10. 感染疾病和畸形个体数所占百分比	<1	1~3	>3
11. 外来种所占百分比	<1	1~2	>2
12. 单位渔产量/kg·hm^{-2}	>200	100~200	<100

我国天然水域的鱼类组成最显著的特点是鲤科鱼类占优势,大部分水库在建库前后的鱼类组成都表现出这个特点。本研究以渔获物鱼类总属数,及鲤科、鳅科在商业捕捞中的组成状况作为反映鱼类群聚种类组成特征的主要指标。本研究选取杂食性、鱼食性和底栖动物食性的鱼类所占比例来反映不同层次营养结构的鱼类受到的生态系统压力。外来种的入侵可以使土著物种衰落或者绝灭,本研究选用此指标可以反映水库受到人为胁迫的压力。鱼类个体健康状况如畸形、疾病可以反映亚致死的环境胁迫、间歇的胁迫、行为的胁迫或者化学污染的底质。单位努力捕捞量则反映水库鱼类种群的相对大小。

2.3 评价结果

根据《浙江动物志:淡水鱼类》、《瓯江、灵江水产资源初步调查报告》等文献资料,并结合该地区同类型且生态状况良好水库的鱼类情况确定期望值和 IBI 指标,结果见表 2。

该研究中 5 个水库的生物完整性等级分别为:B、C 和 E 水库生物完整性评估等级均为“好”,其中 C 水库的分值最高,D 水库评价为“一般”,A 水库评价为“差”。

3 讨论

由于水库不仅水体水质相对较好,而且可调蓄,供水保证率高,很多水库被用作水源地。水库由河流或山溪截留而成,大坝的阻隔、人类活动的加剧都对水库生态系统造成了一定程度的危害,已经不具有自然生态系统的特点,其生物完整性的维持机制已发生改变,而从生物完整性的角度评价浙江省水

表 2　5 座水库的鱼类 F-IBI 得分

Tab. 2　F-IBI scores for five reservoirs in Zhejiang Province

指　标	A	B	C	D	E
1. 总种类数占期望值百分比	1	3	5	3	5
2. 渔获物鱼类总属数	3	1	5	3	5
3. 渔获物中鲤科鱼类数百分比	1	3	1	3	1
4. 渔获物中鳅/鲿科鱼类数百分比	1	5	5	5	3
5. 放养鱼类个体数百分比	1	3	5	3	5
6. 杂食性鱼类种类数百分比	1	3	3	1	1
7. 底栖动物食性鱼类种类数百分比	1	5	3	3	3
8. 食鱼性鱼类种类数百分比	5	5	5	3	5
9. 鲫、鲤个体数百分比	1	3	1	1	3
10. 感染疾病和畸形个体数所占百分比	5	5	5	3	5
11. 外来种所占百分比	5	3	5	3	5
12. 单位渔产量/kg · hm^{-2}	1	3	5	1	5
总计	26	42	48	32	46
评级	差	好	好	一般	好

源地水库现状,可以评估人类活动对水库生态系统的干扰,以及这些水体抗干扰能力的综合表现。

3.1　水库鱼类群聚特征

水库是一个兼具河流和湖泊生态系统特征的半人工生态系统,其水体生物群落和鱼类组成相对简单,并且受特定的流域自然条件、养鱼水面和渔业生产活动的影响。水库形成后,水库的饵料生物发生了改变,与河流和湖泊也有很大差异,决定了其鱼类群落也随之发生改变。在实行人工放养以后,水库中的鱼类区系取决于人工放养的鱼类的种类和数量,以及人工放养前的天然鱼类区系。当人工投放的鱼类达到一定的数量和质量时,有可能形成以人工投放的鱼类为主体的鱼类区系。相反地,放养不足或水库中原有的天然鱼类中大型凶猛鱼类形成优势种群时,则水体中鱼类区系仍以天然鱼类区系为主。因此,建库前河流中原有的鱼类组成及建库后随水文条件的改变而演替的状况,与渔业的发展关系很大(苏永涛,2006)。

3.2　期望值拟定

采用河流生物完整性来评价水库,必须根据浙江省水库的特征和现状进行修正。运用 IBI 对某一水域进行评价时,首先期望值或者参照系是非常关键的。一般来说,可以选择健康状况较好、受到人类活动影响较小的水体作为参照水体(Barbour 等,1999;朱迪和常剑波,2004),也可以利用采样点之间的差异梯度进行赋值(刘明典等,2010),或者参照研究区域的历史资料拟出期望值(Zhu & Chang,2008)。但对于水库等水体来说,由于水库在成库前后水文情势和理化指标都发生了巨大变化,成库前的历史资料与现在的鱼类组成也没有可比性,因此在本研究中结合水库所属河流的鱼类区系和实际调查数据对水库鱼类的期望值进行了拟定。

3.3　指标体系选择

在不同的研究中所选用的指标体系并不相同(Simon & Lyons,1995;Seegert,2000)。因此,本研究在指标的选取上主要依据对长江中上游干流和湖泊 F-IBI 指标体系研究的成果并结合浙江省六大水系和鱼类区系的特点进行的,而且在相同区域内使用相同的调查方法和评价规范,使得 5 个水库的评价结果具有空间上的可比性,如果采用多年调查数据更能反映人类活动影响的长期生态学效应。

3.4　F-IBI 评价与其他评价方法的对比

本研究中 B、C 和 E 水库的生物完整性评估等级均为“好”,D 水库和 A 水库分别评价为“一般”和“差”,与各水库的水质调查结果(周芬等,2009;何锡君等,2011)及 I、II 类水质达标率的分级结果大致相似:水质等级以 B 水库和 E 水库较好,其余水库的水质较差。C 水库成库时间较晚,较好的保存了河流鱼类群聚特征,因此,其生物完整性保持较好。此外,在研究中发现采用 F-IBI 评价与水质、藻类和大型底栖动物 IBI(B-IBI)评价具有良好的一致性。但由于本研究调查的局限性,建议下一步工作对水源地开展长期生物监测,并对监测方法和技术规范进行研究。

参考文献

何锡君,刘定国,吕振平. 2011. 浙江省重点大中型供水水库水质现状评价[J]. 水利发展研究,(3):40 – 42.

李强,杨莲芳,王备新. 2007. 底栖动物完整性指数评价西苕溪溪流健康[J]. 环境科学,28(9):2141 – 2147.

刘明典,陈大庆,段辛斌,等. 2010. 应用鱼类生物完整性指数评价长江中上游健康状况[J]. 长江科学院院报,27(2):1 – 6.

毛节荣,徐寿山. 1991. 浙江动物志淡水鱼类[M]. 杭州:浙江科学技术出版社:1 – 12.

水利部中国科学院水工程生态研究所. 2009. 汤浦水库水生态现状及保护对策研究[R].

水利部中国科学院水工程生态研究所. 2010. 滩坑水电站重要水生生物保护措施论证报告[R].

水利部中国科学院水工程生态研究所. 2011. 浙江水源地绿色安全评估报告[R].

苏永涛. 1996. 东周水库渔业资源调查和开发利用的研究[D]. 泰安:山东农业大学:86 – 87.

王丽婧,郑丙辉,周晓铁,等. 2010. 水库生态安全评估方法(Ⅰ):IROW 框架[J]. 湖泊科学,22(2):169 – 175.

闻常玲,王莉红,贺徐蜜,等.2008.水库型饮用水水源地生态安全评价及应用[J].水资源保护,24(3):91-94.

张远,徐成斌,马溪平,等.2007.辽河流域河流底栖动物完整性评价指标与标准[J].环境科学学报,27(6):919-927.

浙江水资源中心.2009.瓯江、灵江水产资源初步调查报告[R].

郑米良,郑国生.1988.浙江省淡水鱼类区系组成及其区划地位的研究[J].浙江水产学院学报,7(1):27-38.

朱迪,常剑波.2004.长江中游浅水湖泊生物完整性时空变化[J].生态学报,24(12):2761-2767.

Barbour M T, Gerritsen J, Snyder B D, et al. 1999. Rapid bioassessment protocols for use in wadeable streams and rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates, and fish [R]. 2rd ed. Washington D C: US Environmental Protection Agency.

Gassner H, Tischler G, Wanzenböck J. 2003. Ecological Integrity Assessment of Lakes Using Fish Communities-Suggestions of New Metrics Developed in Two Austrian Prealpine Lakes[J]. International Review of Hydrobiology, 88 (6): 635-652.

Kane D D, Gordon S I, Munawar M, et al. 2009. The Planktonic Index of Biotic Integrity (P-IBI): An approach for assessing lake ecosystem health [J]. Ecological Indicators, 9 (6): 1234-1247.

Karr J R, Sven Erik J, Brian F. 2008. Ecological Health Indicators. In: Encyclopedia of Ecology [M]. Oxford: Academic Press: 1037-1041.

Lyons J, Gutiérrez-Hernández A, Díaz-Pardo E, et al. 2000. Development of a preliminary index of biotic integrity (IBI) based on fish assemblages to assess ecosystem condition in the lakes of central Mexico[J]. Hydrobiologia, 418 (1): 57-72.

Magurran A E. 1999. Rivers of life: Restoring Life in Running Waters: Better Biological Monitoring[J] by J. R. Karr and E. W. Chu. Trends in Ecology & Evolution, 14 (6): 247-248.

Seegert G. 2000. The development, use, and misuse of biocriteria with an emphasis on the index of biotic integrity[J]. Environmental Science & Policy, 3 (S1), 51-58.

Simon T P, Lyons J. 1995. Application of the index of biotic integrity to evaluate water resource integrity in freshwater ecosystems [M]. Biological Assessment and Criteria: Tools for Water Resource Planning and Decision Making CRC-Press.

Zhu D, Chang J B. 2008. Annual variations of biotic integrity in the upper Yangtze River using an adapted index of biotic integrity (IBI) [J]. Ecological Indicators, 8 (5): 564-572.

(责任编辑 杨春艳)

Assessment of Drinking Water Source with Fish Index of Biotic Integrity (F-IBI)

ZHU Di[1], CHEN Feng[1], YANG Zhi[1], YU Jianjun[2], CHEN Hui[2]

(1. Key Laboratory of Ecological Impacts of Hydraulic-Projects and Restoration of Aquatic Ecosystem of Ministry of Water Resources, Institute of Hydroecology, Ministry of Water Resources and Chinese Academy of Sciences. Wuhan 430079, P. R. China;
2. Water Resources Management Center of Zhejiang Province, Hangzhou 310009, P. R. China)

Abstract: Based on field investigation and historical data on fish assemblages of five reservoirs in Zhejiang Province, Fish Index of Biotic Integrity (F-IBI) was developed for drinking water resource. An evaluation of F-IBI composed of 12 metrics was established according to fish fauna in Zhengjiang and characteristics of reservoir ecosystem. Furthermore, ecological health statuses of five drinking water resources were also evaluated. Results showed that F-IBI scores of B, C, and E reservoir were 42, 48 and 46 respectively, which could be ranked as good class; While F-IBI scores of D reservoir was 32, ranked as fair class, F-IBI scores of A reservoir was 26, ranked as poor class correspondingly. Three results indicated that high reliability was found for this F-IBI evaluation system by compared analysis with water quality data in Zhejiang Province.

Key words: Fish-Index of Biotic Integrity(F-IBI); Zhejiang Province; drinking water source; water quality assessment