

文章编号:1672-3031(2018)05-0394-12

河湖健康评估指标、标准与方法研究

彭文启

(中国水利水电科学研究院, 北京 100038)

摘要: 河湖健康评估是河湖生态保护管理的重要基础性技术工作, 是全面推行河(湖)长制建设的重要任务。本文重点介绍全国河湖健康评估工作的技术成果, 主要包括: 构建了包括水文水资源、河湖物理形态、水质、水生生物及河湖社会服务功能五个方面的健康评估指标体系, 提出了5个等级的河湖健康分级标准, 形成了系统的河湖健康调查评价方法, 采用该标准与方法, 在全国36个河湖(库)水体进行了河湖健康评估。实践证明, 全国河湖健康评估提出的河湖健康内涵及评估指标体系能够系统表征我国河湖生态及功能特点, 指标总体科学合理, 整套技术方法具有很好的操作性。

关键词: 河湖健康; 指标体系; 评价标准; 评价方法

中图分类号: X824

文献标识码: A

doi: 10.13244/j.cnki.jiwhr.2018.05.008

1 引言

随着水资源消耗性利用、水污染、水工程不合理调控等影响的加剧, 世界各国的河湖生态系统都受到不同程度的干扰和损害, 普遍出现水污染、水文条件恶化、形态结构破坏、生物多样性损害以及河湖生态功能退化等问题, 严重影响经济社会的可持续发展。维持及恢复河湖健康逐步成为河湖管理的重要任务, 并纳入到河湖保护管理实践, 如美国《清洁水法》规定的维持及恢复水体的完整性^[1], 欧盟《水框架指令》提出的生态良好状况目标^[2]。

我国自1990年代以来在河湖管理中开始重视生态保护和修复, 河湖健康逐渐成为河湖管理的重要目标。进入21世纪, 水利部及其流域机构应成为河流代言人的共识逐步形成^[3], 并先后提出了“维持黄河健康生命”^[4], “维护健康长江, 促进人水和谐”^[5], “维护河流健康, 建设绿色珠江”^[6], “湿润海河、清洁海河”^[7]等管理目标。自2010年以来, 国家更加重视河湖生态保护, 有关河湖生态保护与修复的重要政策、制度及意见^[8-10]明确要求定期开展河湖健康评估工作。

根据《中共中央 国务院关于加快水利改革发展的决定》规定的到2020年“基本建成水资源保护和河湖健康保障体系”的目标任务, 水利部自2010年起组织开展全国重要河湖健康评估试点工作, 中国水利水电科学研究院水环境研究所作为全国河湖健康评估技术工作组, 研究制定了指导试点用的《全国河流健康评估指标、标准与方法》及《全国湖泊健康评估指标、标准与方法》, 与7个流域机构, 于2010年至2013年完成了13个河(湖、库)的健康评估试点, 对河湖健康评估指标、标准与方法进行了全面检验。在系统总结试点工作基础上, 于2014—2016年又完成了23个河(湖、库)的健康评估。

在全国河湖健康评估试点技术标准基础上, 结合大范围多类型水体健康评估检验与应用, 形成了一套科学的河湖健康评估指标与标准、实用可行的技术方法。本文即是对上述成果的系统介绍。

收稿日期: 2018-06-20

基金项目: 中国水科院领军人才专项(WE0145B532017)

作者简介: 彭文启(1967-), 男, 湖南双峰人, 博士, 教授级高级工程师, 主要从事流域水环境与生态过程研究。

E-mail: pwq@iwhr.com

2 河湖健康评估概述

2.1 河湖健康内涵 河湖健康作为人类健康的类比概念发展形成, 尽管部分生态学家对表征河湖生态系统状况使用健康一词是否科学与确切仍存质疑, 但是由于“河湖健康”可以提供一种类比人类健康、洞察复杂河湖生态系统破坏状况的工具, 在公众层面相对较易理解与接受, 在引起公众对河湖问题的关注、唤起河湖保护意识方面有明显效用^[11], 因此, 包括美国^[12-13]、澳大利亚^[14]、南非^[15]等国家多将河湖生态调查评价冠以“健康”的名义, 并定期开展河湖健康评价。

对于河湖健康内涵, 不同的研究者存在不同的认识^[16-17]。全国河湖健康评估在系统总结国内外河湖生态研究成果基础上, 通过广泛的专家咨询与讨论, 遵循“人水和谐”理念, 认为河湖健康的内涵既要强调保护河湖生态系统健康, 也应反映保障河湖社会服务功能健康的要求。在此基础上, 明确提出河湖健康的内涵: 河湖健康是指河湖自然生态状况良好, 同时具有可持续的社会服务功能。自然生态状况包括河湖水体的物理、化学和生物3个方面, 用完整性来表述其良好状况; 可持续的社会服务功能是指河湖不仅具有良好的生态状况, 而且还具有可以持续为人类社会提供服务的能力。

2.2 河湖健康评估目标 河湖健康评估是对河湖生态系统与社会服务功能以及他们的相互协调性的评价, 其总体目标即是系统评估河湖生态状况, 分析导致河湖健康出现问题的原因, 掌握河湖健康变化规律, 支持河湖健康保障体系的建设。归结起来, 河湖健康评估主要回答以下问题: (1)河湖健康整体状况如何; (2)河湖不健康的主要表征是什么; (3)是什么原因导致其不健康; (4)河湖健康的适应性管理目标与对策是什么。

2.3 河湖健康评估遵循原则 全国河湖健康评估技术体系遵循以下原则。

(1)科学性原则。主要包括: ①评价指标体系能清晰描述河湖健康-环境压力响应关系, 能系统识别河湖健康状况, 并揭示受损成因; ②根据代表性的指标与代表性水域及其断面(点位)进行评价, 能完整描述河湖健康状况; ③采用统一、标准化方法开展取样监测, 准确反映河湖健康状况随时间和空间的变化趋势。

(2)适应性原则。主要包括: ①密切结合河湖长制的任务需求, 可为强化河湖长制管理提供支持; ②体现普适性与区域差异性特点, 可为不同地区和类型的河湖健康评价互相参考比较提供支持; ③形成兼顾专业与公众需求的评价成果表述体系, 可为河湖保护考核问责与社会监督提供支持。

(3)可操作性原则。主要包括: ①充分考虑人力、资金和后勤保障等条件, 充分利用现有资料与成果; ②根据河湖环境条件以及评价指标, 优选效率高、成本适宜的调查与监测方法。

3 河湖健康评估指标体系与分级标准

3.1 河湖健康评估指标体系 在系统总结国内外健康调查评估理论与方法, 并合理吸收美国、澳大利亚、南非及欧盟相关工作经验^[12-15]基础上, 建立了与流域水生态特点相适应、与河湖长制相结合、覆盖多类型水体的评价指标体系, 包括水文水资源、河湖物理形态、水质、水生生物及河湖社会服务功能5个方面^[18-19]。经过试点检验, 评估指标体系能够系统表征我国河湖生态及功能特点, 评价结论符合河湖生态现状, 指标总体科学、合理, 具有较强指导性和针对性。在此基础上, 进一步优化调整, 提出全国河湖健康评估指标体系。

河湖健康评估指标体系包括目标层、准则层以及指标层(见表1)。目标层为河湖健康, 是河湖生态系统状况与社会服务功能状况的综合反映。完整性准则层包括水文水资源完整性(简称“水文水资源”)、物理结构完整性(简称“物理结构”)、化学完整性(简称“水质”)、生物完整性(简称“生物”)和社会服务功能完整性(简称“社会服务功能”)。同时, 结合河湖长制指导意见, 再设置河湖长制任务准则

表1 河湖健康评价指标体系

目标层	完整性 准则层	指标层			河长制任务 准则层	指标 类型
		河流	湖泊	水库		
河湖健康	水文水资源	水资源开发利用率	水资源开发利用率	水资源开发利用率	水资源保护	基本指标
		流量过程变异程度	入湖流量变异程度	入库流量变异程度	水资源保护	备选指标
		生态用水满足程度	最低生态水位满足程度	下泄生态基流满足程度	水资源保护	基本指标
		水土流失治理程度	水土流失治理程度	水土流失治理程度	水生态保护	基本指标
	物理结构	河岸带稳定性指标		库岸带稳定性指标	水域岸线保护	备选指标
		河岸带状况	河岸带植被覆盖度指标	库岸带植被覆盖度指标	水域岸线保护	基本指标
		河岸带人工干扰程度		库岸带人工干扰程度	水域岸线保护	基本指标
		河流纵向连通性指数		湖库连通指数	水域岸线保护	基本指标
	水质	天然湿地保留率	湖泊面积萎缩比例	库容淤积损失率	水生态保护	基本指标
		入河排污口布局合理程度	入湖排污口布局合理程度	入库排污口布局合理程度	水污染防治	基本指标
		水体整洁程度	水体整洁程度	水体整洁程度	水污染防治	基本指标
		水质优劣程度	水质优劣程度	水质优劣程度	水污染防治	基本指标
河湖健康	水质	富营养化状况		富营养化状况	水污染防治	基本指标
		底泥污染状况		底泥污染状况	水污染防治	备选指标
		水功能区达标率		水功能区达标率	水资源保护	基本指标
		浮游植物密度		浮游植物密度	水生态保护	备选指标
	生物	浮游动物生物损失指数			水生态保护	备选指标
		大型水生植物覆盖度			水生态保护	备选指标
		大型无脊椎动物生物完整性指数	大型无脊椎动物生物完整性指数		水生态保护	备选指标
		鱼类保有指数	鱼类保有指数	鱼类保有指数	水生态保护	基本指标
	社会服务功能	公众满意度	公众满意度	公众满意度	社会服务	基本指标
		防洪指标	防洪指标	防洪指标	社会服务	基本指标
		供水指标	供水指标	供水指标	社会服务	基本指标
		航运指标	航运指标	航运指标	社会服务	备选指标

层，按照河湖长制主要任务内容划分，包括水资源保护、水域岸线保护、水污染防治、水生态保护与社会服务保障。

河湖健康评估指标设置设基本指标与备选指标，其中基本指标为必选指标，备选指标可结合实际选择。

鉴于我国河湖生态系统多样，区域差异明显，全国河湖健康评估在全国规定统一评价指标基础上，可增设自选指标。全国河湖健康评估试点期间，流域机构在全国重要河湖健康评估技术标准基础上，针对试点河湖特点，研究提出了流域自选指标。为了规范自选指标选择，提出遴选4原则：(1)科学认知原则。基于现有的科学认知，可以明确判断影响评价指标的驱动要素；(2)数据获得原则。指标所需要的评估数据可在现有监测统计成果基础上进行收集整理，或采用合理(时间和经费)的补充监测手段可获取；(3)评估标准原则。基于现有成熟或易于接受的方法，可制定相对严谨的评估标准；(4)相对独立原则：与其它评估指标内涵不存在明显重复。

3.2 河湖健康分级标准 河湖健康分为5级：非常健康、健康、亚健康、不健康和病态。河湖健康等级根据评价指标综合赋分确定，采用百分制，河湖健康等级、颜色分级和说明见表2。河湖健康评估评估成果采用雷达图形式展示(如图1所示)。

表2 河湖健康评价分级

等级	颜色		赋分范围
非常健康	蓝		$80 \leq HI \leq 100$
健康	绿		$60 \leq HI < 80$
亚健康	黄		$40 \leq HI < 60$
不健康	橙		$20 \leq HI < 40$
病态	红		$0 \leq HI < 20$

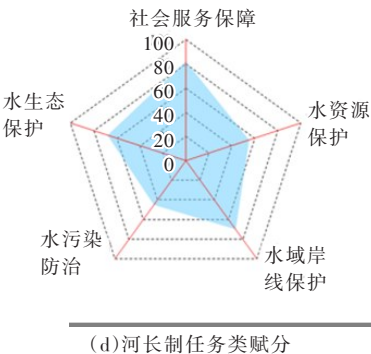
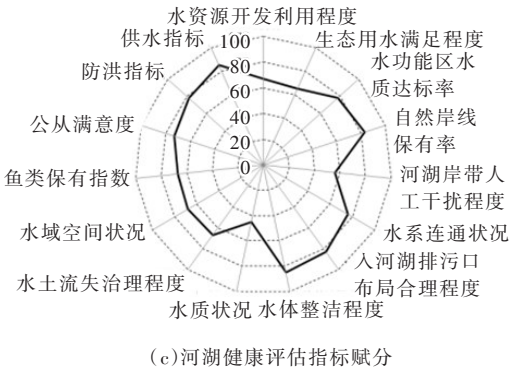
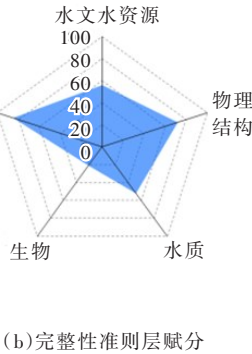
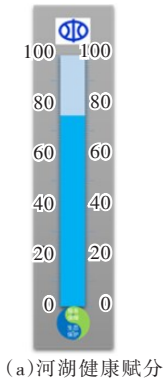


图1 河湖评估成果图样式

3.3 关键指标内涵

3.3.1 水文水资源准则层

(1)水资源开发利用率。水资源开发利用率是指评估河湖流域内地表水供水量占流域地表水资源量的百分比。水资源及其开发利用量调查统计遵循水资源调查评估的相关技术标准。考虑到南北方水资源状况及开发利用特点，分别制定南北方评价标准。

(2)流量过程变异程度。河流采用流量过程变异程度，湖库采用入湖(库)流量过程变异程度。河流流量过程变异程度指现状开发状态下，实测月径流过程与天然月径流过程的差异，主要反映流域水资源开发利用对评估河段水文情势的影响程度。入湖(库)流量过程变异程度指环湖河流入湖(库)实测月径流量与天然月径流过程的差异，着重反映流域水资源开发利用对湖泊(水库)水文情势的影响。

(3)生态用水满足程度。河流生态用水满足程度评估河流流量过程的生态适宜程度，分别计算4—9月及10—3月最小日均流量占多年平均流量的百分比，根据Tenant推荐的阈值分别计算赋分值，取二者的最低赋分为河流生态用水满足程度赋分。湖泊生态用水满足程度根据湖泊最低水位及其持续时间进行评价。水库生态用水满足程度评价水库下泄生态基流满足程度，计算水库下泄生态基流满足天数占评价年总天数的百分比。

3.3.2 物理结构准则层

(1)河(湖、库)岸带稳定性指标。根据河(湖、库)岸坡侵蚀现状(包括已经发生的或潜在发生的河岸侵蚀)进行评价，评价要素包括：岸坡倾角、河岸高度、基质特征、岸坡植被覆度、坡脚冲刷强

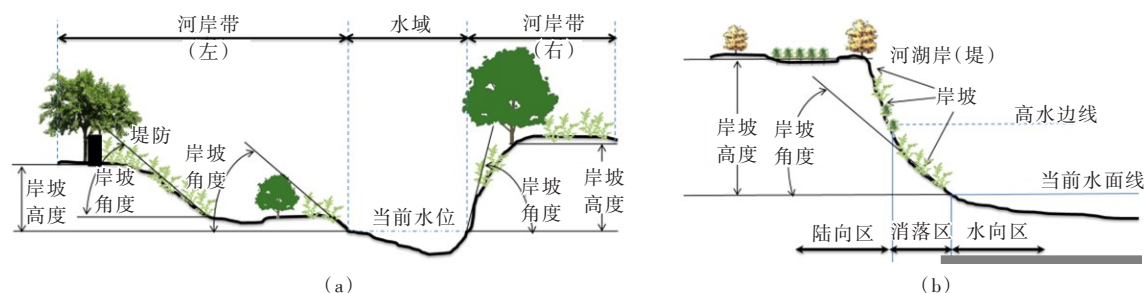


图2 河(湖、库)岸带稳定性指标评价要素

盖度等(如图2所示)。

(2)河(湖、库)岸带植被覆盖度。评价河(湖、库)岸带植被(包括自然和人工)垂直投影面积占岸带面积比例。植被覆盖度计算植被(包括叶、茎、枝)在单位面积内植被的垂直投影面积所占百分比。

(3)河(湖、库)岸带人工干扰程度。根据《中华人民共和国河道管理条例》第二十四条的规定,将河(湖、库)岸带人工干扰归纳为15类:河岸硬质性质砌护、采砂、沿岸建筑物(房屋)、公路(铁路)、垃圾填埋场或垃圾堆放、管道、农业耕种、畜牧养殖、打井、挖窖、葬坟、晒粮、存放物料、开采地下资源、考古发掘及集市贸易。在河(湖、库)岸带调查样方范围内及邻近区域,观察到上述人类活动迹象,即为有人类扰动。记录人类扰动类型及其与河滨带的空间关系。空间关系分为3类:水边线以内、河湖岸带、河岸带邻近陆域(小河10 m以内,大河30 m以内)以及湖库岸带邻近陆域(50 m以内)。

(4)河湖连通状况。包括河流纵向连通性指数和湖库连通指数。①河流纵向连通主要调查鱼类等生物物种迁徙及水流与营养物质传递阻断状况。重点调查评价河段内影响河流连通性的建筑物或设施数量,并根据单位河长个数进行评价。②湖库连通状况重点评价主要环湖(库)河流与湖库水域之间的水流畅通程度,评估对象包括主要入湖(库)河流和出湖(库)河流,其中主要出入湖库河流径流量占出入湖库总径流量的比例不低于90%。湖库连通状况评价包括环湖(库)河流闸坝建设及调控状况(按断流阻隔月数计)、主要环湖(库)河流年入湖(库)水量与入湖(库)河流多年平均实测径流量的比例2类参数,并由其中的最差状况确定。

(5)水域空间状况。河流评价天然湿地保留率,湖泊评价湖泊面积萎缩比例,水库评价库容淤积损失率。天然湿地保留率指湿地面积与历史(如1980年代)状况湿地面积的比例,评估的天然湿地重点指国家、地方湿地名录及保护区名录内与评估河流有直接水力连通关系的湿地,其水力联系包括地表水和地下水的联系,既包括现状有水力联系,也包括历史(如1980年代以前)有水力联系的湿地。湖泊面积萎缩比例计算年湖泊水面萎缩面积与历史参考年湖泊水面面积的比例。考虑到我国对湖泊的大规模围垦主要发生在1950年代到1980年代,因此,湖泊水面面积历史参考点宜选择在1950年代以前。水库库容淤积损失率,计算截止评价基准年总计淤积损失库容占建库总库容的百分比。

3.3.3 水质准则层

(1)入河湖排污口布局合理程度。评价入河湖排污口合规性及其混合区规模。水体整洁程度根据河湖水域感官状况评价,重点评价嗅和味、漂浮废弃物状况。

(2)水质优劣程度。按照全指标评价河湖水质类别比例,湖库营养状况评价采用营养指数赋分法评价,水功能区水质达标率采用全因子对水功能区进行水质达标评价。具体评价要求遵循《地表水环境质量评价技术规程》(SL395-2007)的规定。

3.3.4 生物准则层

(1)湖库浮游植物数量采用藻类密度指标评价,藻类密度指单位体积湖库水体中的藻类个数。

(2)浮游动物生物损失指数。采用生物完整性评估的生物物种损失方法确定,按照下式计算:

$$ZOE = ZO / ZE \quad (1)$$

式中:ZOE为浮游动物生物损失指数;ZO为调查获得的浮游动物种类数量(剔除外来物种);ZE为1980年代以前浮游动物种类数量。

(3)大型水生植物覆盖度。评价湖(库)岸带湖(库)向水域内的浮水植物、挺水植物和沉水植物三

表3 河湖健康评价指标标准建立方法说明

目标层	准则层	指标层			标准		
		河流	湖泊	水库	标准建立方法	标准制定依据	适用范围
河湖健康	水文水资源	水资源开发利用率	水资源开发利用率	水资源开发利用率	管理预期/ 专家判断	水文水资源调查评价相关技术标准	全国 (南北分区)
		流量过程变异程度	入湖流量变异程度	入库流量变异程度	模型推算法	全国约600个径流控制站50年(1950—2000)数据系列(包括还原径流数据)——全国水资源综合规划调查数据 ^[20] 。	全国
		生态用水满足程度	最低生态水位满足程度	下泄生态基流满足程度	管理预期/ 专家判断	水文学、水力学等方法 ^[21]	全国
		水土流失治理程度	水土流失治理程度	水土流失治理程度	管理预期/ 专家判断	水生态文明城市等相关标准 ^[22]	全国
	物理结构	河岸带稳定性指标	湖岸带稳定性指标	库岸带稳定性指标	参考系/专家判断	美国、澳大利亚河湖健康评价标准 ^[23-24]	区域/全国
		河岸带植被覆盖度指标	湖岸带植被覆盖度指标	库岸带植被覆盖度指标			
		河岸带人工干扰程度	湖岸带带人工干扰程度	库岸带人工干扰程度	专家判断	现有法规 ^[25]	全国
		河流纵向连通性指数	湖库连通指数	湖库连通指数	专家判断	澳大利亚河流健康评价相关技术标准 ^[24] ，水资源保护规划技术大纲等 ^[26]	全国
		天然湿地保留率	湖泊面积萎缩比例	库容淤积损失率	历史状态法	河湖：水资源综合规划全国调查评价数据/1980年代以前的调查统计数据 ^[20] ；水库：田海涛等，中国内地水库淤积的差异性分析 ^[27] 。	全国
	水质	入河湖排污口布局合理程度	入河湖排污口布局合理程度	入河湖排污口布局合理程度	管理预期/ 专家判断	相关法律法规	全国
		水体整洁程度	水体整洁程度	水体整洁程度	管理预期/ 专家判断	现有标准及规定	全国
		水质优劣程度	水质优劣程度	水质优劣程度	管理预期/ 专家判断	现有标准及规定	全国
			富营养化状况	富营养化状况	管理预期/ 专家判断	现有标准 ^[28]	全国
		底泥污染状况	底泥污染状况	底泥污染状况	管理预期/ 专家判断	现有标准 ^[29]	全国
		水功能区达标率	水功能区达标率	水功能区达标率	管理预期/ 专家判断	现有标准 ^[28]	全国
	生物		浮游植物密度	浮游植物密度	历史状态法/ 专家判断	参考美国等河流及湖泊调查评价标准 ^[10]	区域/全国
			浮游动物生物损失指数		历史状态法	参考美国等河流及湖泊调查评价标准 ^[28]	区域/全国
			大型水生植物覆盖度		历史状态法/ 专家判断	参考美国等河流及湖泊调查评价标准 ^[28]	区域/全国
		大型无脊椎动物生物完整性指数	大型无脊椎动物生物完整性指数	大型无脊椎动物生物完整性指数	参考系	Karr ^[29] ，王备新等 ^[30] ，张远 ^[31] ，等	区域
		鱼类保有指数	鱼类保有指数	鱼类保有指数	历史状态法	参考美国河流及湖泊调查评价标准 ^[9]	区域/全国
	社会服务	公众满意度	公众满意度	公众满意度	管理预期/ 专家判断		全国
		防洪指标	防洪指标	防洪指标	管理预期/ 专家判断	现有标准	全国
		供水指标	供水指标	供水指标	管理预期/ 专家判断	现有标准	全国
		航运指标	航运指标	航运指标	管理预期/ 专家判断	现有标准	全国

类植物(不包括外来物种)的总覆盖度。

(4)大型无脊椎动物生物完整性指数。通过对比参照点和受损点大型无脊椎动物状况进行评价。基于候选指标库选取核心评价指标,对评价河湖底栖生物调查数据按照评价参数分值计算方法,计算BIBI指数监测值,根据河湖所在水生生态分区BIBI最佳期望值,按照下式计算BIBI指标赋分:

$$BIBI_r = BIBI_0 / BIBI_E \times 100 \quad (2)$$

式中: $BIBI_r$ 为底栖动物完整性指标赋分; $BIBI_0$ 为底栖动物完整性指标监测值; $BIBI_E$ 为河湖所在水生生态分区底栖动物完整性指标最佳期望值

(5)鱼类保有指数。评估河湖内鱼类种数现状与历史参考系鱼类种数的差异状况,采用生物完整性评估的生物物种损失方法确定。该指标反映河湖生态系统中顶级物种受损失状况。鱼类生物损失指标标准建立采用历史背景调查方法确定,选用1980年代作为历史基点。调查评估河湖鱼类历史调查数据或文献。其中比较典型的历史调查成果如《中国内陆水域渔业资源调查与区划》(1980-1988年)。

3.3.5 社会服务准则层

(1)公众满意度。公众满意度反映公众对评估河湖环境、水质水量、涉水景观、舒适性、美学价值等的满意程度。采用公众参与调查方法进行评价,重点调查对象为沿河(湖库)的居民,同时包括当地政府、环保及水利等相关部门的河湖管理者。统计分析公众参与调查表的调查结果,确定公众对河湖的综合满意度。

公众调查表包括:调查公众基本信息,公众与评估河流的关系,公众对河流水量、水质、河滩地状况、鱼类状况的评估,公众对河流适宜性的评估,以及公众根据上述方面认识及其对河湖的预期所给出的河湖健康状况总体评估。

(2)河湖社会服务功能。河湖社会服务功能包括防洪指标、供水指标和航运指标等。

①防洪指标。评估河流、湖泊及水库的安全蓄洪与泄洪能力。河流及湖泊评价河湖堤防及沿河(环湖)口门建筑物防洪达标情况:河流计算已达到防洪标准的堤防长度占堤防总长度的比例,湖泊同时还需要评价环湖口门建筑物满足设计标准的比例。水库选用大坝安全、防洪运行调度、监控设施作为防洪评价指标,采用专家评估方法对上述3方面的达标状况进行评价赋分。

②供水指标。采用综合供水保证率评价,计算河湖所有供水工程的供水保证率。

③航运指标。评价河湖维持正常通航的保障程度,采用通航水深保证率进行评价,计算河流一年中航道实际水深达到航道要求水深的天数与统计的通航天数之比。

3.4 河湖健康评估指标评价标准建立 河湖健康评价指标评价标准建立方法如表3所示,经过试点评估检验表明,总体科学合理,基本符合全国河湖生态状况及河湖管理预期目标要求。

4 河湖健康指标调查监测方法

河流按照纵向分段、湖库按照水域分区进行调查监测,依据调查监测获取的数据,对河湖健康指标进行赋分评估。

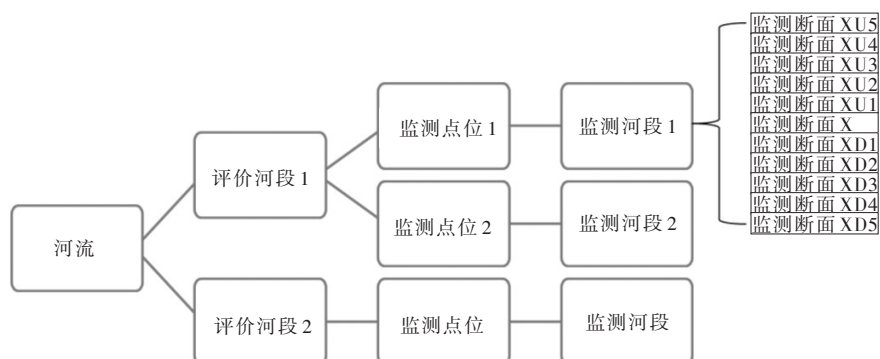


图3 河流评价河段-监测点位-监测河段-监测断面逻辑关系

4.1 河流分段与监测点位 依据代表性监测点位及监测河段调查监测获取的数据对评估河流或者河段的指标赋分评估，采用评价河段-监测点位-监测河段-监测断面的技术路线(图3)设计调查监测与评价方案。其中，评价河段可根据本河段特点设置若干检测点位。河流纵向分段(评价河段)、监测点位与监测断面设置见图4。不同评价指标调查监测位置及范围如表4所示。

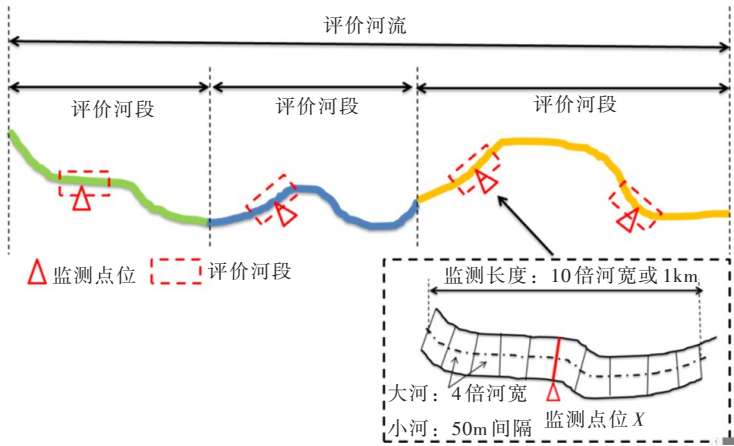


图4 河流健康评价分段

表4 河流健康评价指标调查监测范围与位置说明

空间位置	指标
监测断面(样方区或生物取样区)	河岸带稳定性指标、河岸带植被覆盖度指标、河岸带人工干扰程度、大型无脊椎动物生物完整性指数、鱼类保有指数
监测点位	流量过程变异程度、生态用水满足程度、水体整洁程度、水质优劣程度、底泥污染状况
评价河段	河流纵向连通性指数、入河湖排污口布局合理程度
河流	水功能区达标率、公众满意度指标、防洪指标、供水指标、航运指标
流域	水资源开发利用度、水土流失治理程度、天然湿地保留率

4.2 湖库分区与监测点位 湖库采用湖区中心水域设置代表点位及湖库岸带随机取样的技术路线进行调查监测(如表5及图5)。

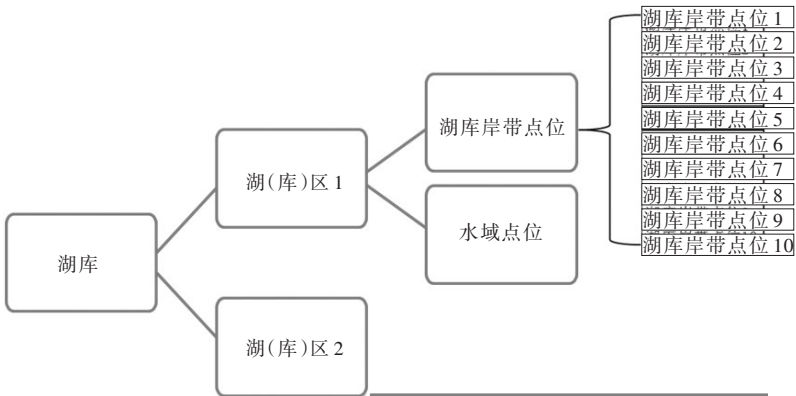


图5 湖库监测点位逻辑关系

4.3 评价及监测时期 针对评价指标特点规定了监测时期及评价时期要求。与生物或植被相关的指标监测时期为基准年3月—10月。

5 全国河湖健康评估成果简介

全国河湖健康评估在2010—2013年实施试点评估，完成13个河湖水体的健康评估。在试点技术

表 5 湖库健康评价指标调查监测范围与位置说明

空间范围及位置	湖泊	水库
湖库岸带监测点位	湖岸带稳定性指标、湖岸带植被覆盖度指标、湖岸带带人工干扰程度、大型水生植物覆盖度、大型无脊椎动物生物完整性指数。	库岸带稳定性指标、库岸带植被覆盖度指标、库岸带人工干扰程度、大型无脊椎动物生物完整性指数。
湖区水域监测点位	水质优劣程度、富营养化状况、底泥污染状况、水功能区达标率、浮游植物密度、浮游动物生物损失指数。	
特定位置	入湖(库)河流河口附近断面	湖库连通指数
	水库：坝址断面。	湖库连通指数 下泄生态基流满足程度。
湖库(区)	最低生态水位满足程度、湖泊面积萎缩比例、入河湖排污口布局合理程度、水体整洁程度、鱼类保有指数、公众满意度、防洪指标、供水指标、航运指标。	库容淤积损失率、入河湖排污口布局合理程度、水体整洁程度、鱼类保有指数、公众满意度、防洪指标、供水指标、航运指标。
湖库所在流域	水资源开发利用、水土流失治理程度。	水资源开发利用、水土流失治理程度。

总结基础上，于2014年进入第2阶段。在2010—2016年，全国河湖健康评估技术工作组(中国水科院水环境研究所)及7个流域机构，在全国对36个河湖水体开展了河湖健康评估，评价结果如图6所示，图7则展示了典型河湖的健康评价成果图。从全国河湖水体的健康评价结果看，广西桂江健康状况赋分最高，达到健康等级，海河的卫河、桑干河等赋分最低，评价为不健康；湖泊中抚仙湖健康状况最好，白洋淀最差；水库中新安江水库最好，健康等级达到非常健康状况，于桥水库最差，评价为亚健康。

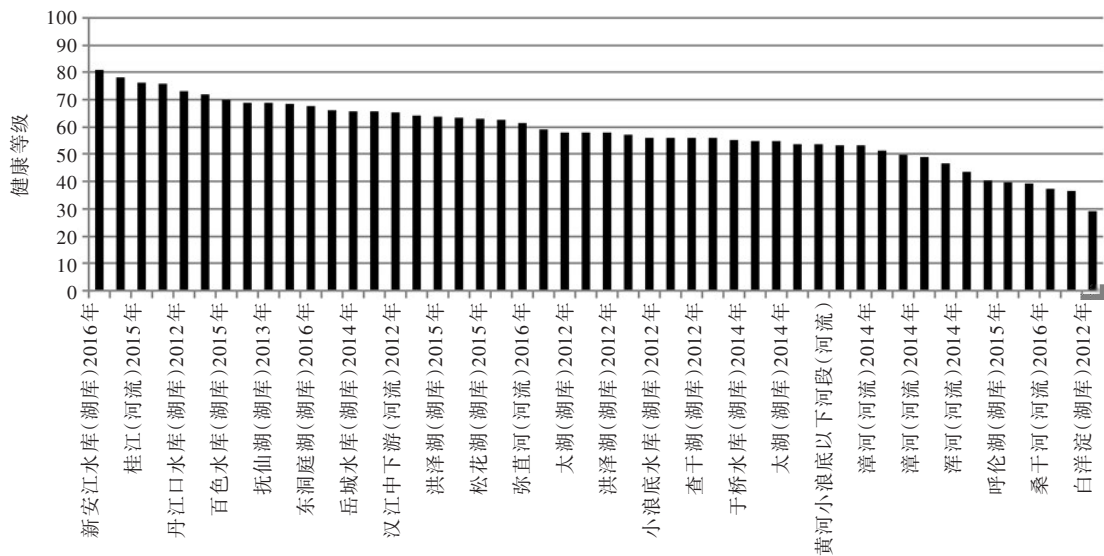


图 6 全国河湖健康评价结果

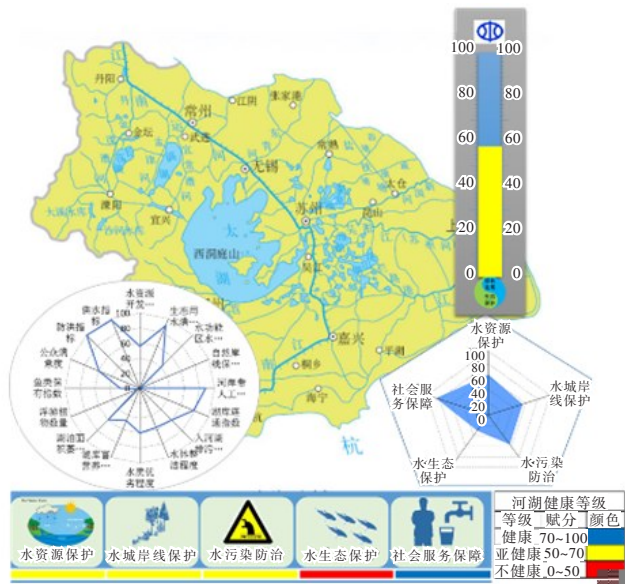
在36个河湖水体组织开展的多类型水体河湖健康评估实践证明，河湖健康评估是发现河湖生态问题和检验河湖管护成效的科学工具，全国河湖健康评估提出的河湖健康内涵及评估指标体系基本能够系统表征我国河湖生态及功能特点，评价结论基本符合河湖生态现状，指标总体科学、合理，具有较强指导性、针对性，整体技术方法相对简易，易于普遍接受与推广。

6 结语

河湖健康定期评估是科学辨识河湖生态问题及变化趋势的基本途径，是推进河(湖)长制的重要任务，建立科学合理的河湖健康评估技术体系具有十分重要的意义。本文系统提出的河湖健康评估



(a)



(b)

图7 典型河湖健康评价

指标体系、评价方法、评价标准、调查评价方法，在全国7个流域36个河湖(库)水体进行了验证应用。实践证明，本文提出的河湖健康内涵及评估指标体系能够系统表征我国河湖生态及功能特点，指标总体科学合理，整套技术方法具有很好的操作性，可以为全国河湖健康定期评估提供技术指导。

河湖生态系统的复杂性以及随着河湖生态系统认知的日益累积，河湖健康评估技术体系需要通过持续的研究与评价工作予以改进。以美国为参照，美国环境保护署(EPA)在1989年提出水快速生物监测协议(RBPs)，经过近10年的发展完善，于1999年推出新版RBPs，随后，2006年提出了不可徒涉河溪的生物评价概念及方法，以及大型河流生态系统的环境监测与评价计划，2007年发布了美国湖泊调查的现场操作手册，在2008—2009年完成美国河流和溪流健康状况的第一次调查评价工作，2013—2014年实施第二次国家河流和溪流健康调查评价(NRSA)，同时，在2007年完成了第一次全国湖库健康调查评估，第二次全国湖库健康调查评估工作也在2012年实施。在维持基本架构不变的基础上，每次全国河湖健康调查评价均对其评价指标、调查监测技术方法、质量控制要求等进行修订完善。

相对欧美发达国家，我国河湖水生生态系统基础数据整体基本空白、已有数据零散，在河湖水生

态指标监测评价技术方法研究等方面技术成果积累总体不足,已经开展的河湖健康评估实践涉及的水体数量及区域范围仍然偏少,因此,更加需要结合河(湖)长制开展河湖健康评估工作,不断修订和完善河湖健康评估技术体系。

参 考 文 献:

- [1] Federal Water Pollution Control Act(Clean Water Act)[Z]. 1972 .
- [2] 马丁·格里菲斯. 欧盟水框架指令手册[M]. 水利部国际经济技术合作交流中心译. 北京: 中国水利水电出版社, 2008 .
- [3] 汪恕诚. 流域机构要义不容辞地担负起河流生态代言人的重任[Z]. 全国水利厅局长会议上的讲话, 2004 .
- [4] 李国英. 维持黄河健康生命[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2005 .
- [5] 蔡其华. 健康长江[M]. 武汉: 长江出版社, 2006 .
- [6] 岳中明. 建设绿色珠江的内涵与实践[J]. 水利发展研究, 2014(1): 38-41 .
- [7] 任宪韶. 明确思路 扎实工作 努力打造“湿润海河、清洁海河”[J]. 中国水利, 2006(24): 74-76 .
- [8] 中共中央 国务院关于加快水利改革发展的决定(中发[2011]1号)[EB/OL]. http://www.gov.cn/jrzq/2011-01/29/content_1795245.htm .
- [9] 国务院关于实行最严格水资源管理制度的意见(国发[2012]3号)[EB/OL]. http://www.gov.cn/zhuanti/2015-06/13/content_2878992.htm .
- [10] 关于全面推行河长制的意见[EB/OL]. http://www.gov.cn/zhengce/2016-12/11/content_5146628.htm .
- [11] KARR J R . Defining and measuring river health [J] . Freshwater Biology, 1999, 41: 221-234 .
- [12] National Rivers and Streams Assessment[EB/OL]. <https://www.epa.gov/national-aquatic-resource-surveys/nrsa> .
- [13] National Lakes Assessment[EB/OL]. <https://www.epa.gov/national-aquatic-resource-surveys/nla> .
- [14] National River Health Program[EB/OL]. http://www.precisioninfo.com/rivers_org/au/library/nrhp/ .
- [15] Achievements of the River Health Programme 1994 – 2004: A national perspective on the ecological health of selected South African rivers[Z]. Water Affairs and Forestry Environmental Affairs and Tourism, 2006 .
- [16] 吴阿娜. 河流健康评价: 理论、方法与实践[D]. 上海: 华东师范大学, 2008 .
- [17] 文伏波, 韩其为, 许炯心, 等. 河流健康的定义与内涵[J]. 水科学进展, 2007, 18(1): 140-150 .
- [18] 全国河流健康评估指标、标准与方法(办资源[2010]484号)[Z]. 北京: 水利部办公厅, 2010 .
- [19] 全国湖泊健康评估指标、标准与方法(办资源[2011]223号)[Z]. 北京: 水利部办公厅, 2011 .
- [20] 水利部水利水电规划设计总院. 中国水资源及其开发利用调查评价[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2014 .
- [21] TENNANT D L . Instream flow regimes for fish, wildlife, recreation and related environmental resources[J] . Fisheries, 1976, 1(4): 6-10 .
- [22] 全国水生态文明城市评价标准(试行): SL/Z 738-2016[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2016 .
- [23] BARBOUR M T, GERRITSEN J, SNYDER B D, et al . Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: Periphyton, benthic invertebrates and fish[M] . US Environmental Protection Agency, 1999: 1-10 .
- [24] LADSON A R, WHITE L J . An index of stream condition: Reference manual[M] . 2nd Edition . Melbourne: Department of Natural Resources and Environment, 1999 .
- [25] 中华人民共和国河道管理条例[M/OL]. http://www.gov.cn/gongbao/content/2017/content_5219167.htm
- [26] 水利部水利水电规划设计总院. 全国水资源保护规划技术大纲[R]. 北京: 水利部水利水电规划设计总院, 2012 .
- [27] 田海涛, 张振克, 李彦明, 等. 中国内地水库淤积的差异性分析[J]. 水利水电科技进展, 2006, 26(6): 28-33 .
- [26] 地表水资源质量评价技术规程: SL219-2007[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2007 .
- [27] 土壤环境质量标准: GB15618-1995[S]. 北京: 环境保护部, 1995 .
- [28] 王备新. 大型底栖无脊椎动物水质生物评价研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2003 .
- [29] 张远, 徐成斌, 马溪平, 等. 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, 2007(6): 919-927 .

(下转第 416 页)

- [124] 赵波, 李敬玮, 鲁一晖, 等. 评价材料低温抗裂性能方法接设备、试件及其制备方法: ZL 201410047187.0 [P]. 2017-04-12.
- [125] 黄昊. 水工建筑物环氧砂浆防护结构抗裂机理及评估方法研究[D]. 北京: 中国水利水电科学研究院, 2017.
- [126] 赵波. 水工混凝土环氧防护涂层材料及其抗裂性能研究[D]. 北京: 中国水利水电科学研究院, 2012.

Retrospect and prospect of structural materials research in hydropower projects

HAO Jutao, JI Guojin, SUN Zhiheng, LI Shuguang, YUE Yuezhen, ZHAO Bo

(China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing IWHR-KHL Co., Ltd., Beijing 100038, China)

Abstract: Sixty years have passed since the establishment of Department of Structures and Materials (DSM) of China Institute of Water Resources and Hydropower Research (IWHR). Furthermore, all the material sections of DSM have transformed into an enterprise in 2002, named Beijing IWHR-KHL Co., Ltd, and a new era of development in marketization has started. In this paper, the main research achievements of the structural materials sections of DSM have been retrospectively and reviewed, including concrete dam materials, structural model test, concrete fracture mechanics, durability and evaluation of concrete, joint water stop for CFRD, asphalt concrete facing of reservoirs, structural inspection and evaluation, new repairing materials, etc., to celebrate the sixty anniversary of IWHR, which is very beneficial to the condensation of innovatory culture, the revelation and stimulation of the future research.

Keywords: hydraulic concrete; structural model test; concrete fracture mechanics; concrete durability; joint waterstop; hydraulic asphalt concrete; nondestructive inspection; polyurea; epoxy

(责任编辑: 王冰伟)

(上接第 404 页)

Research on river and lake health assessment indicators, standards and methods

PENG Wenqi

(China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China)

Abstract: River and lake health assessment is an important basic technical work for the ecological protection management of rivers and lakes, and it is an important task for the comprehensive implementation of river chief. Since 2010, during the river and lake health assessment work across the country, which has been carried out by the Ministry of Water Resources, the river and lake health assessment technical system has been systematically researched and verified. The river and lake health assessment index system was constructed, including hydrological process and water resources, physical forms, water quality, aquatic organisms and social service functions, five levels of river and lake health grading standards were proposed, and a systematic river and lake health survey and evaluation method was formed. The standard and method were adopted in 36 rivers and lakes (reservoirs) in China. It has been proved that the river and lake health connotation and index system can systematically characterize the ecological features of rivers and lakes in China. The indicators are scientific and reasonable in overall, and the whole set of technical methods has good operability.

Keywords: river and lake health; index system; assessment standards; assessment method

(责任编辑: 王成丽)