

海河流域 河湖健康评估研究与实践

主 编 郭书英 李云成
副主编 刘明喆 崔文彦 王乙震



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

海河流域 河湖健康评估研究与实践

主 编 郭书英 李云成
副主编 刘明喆 崔文彦 王乙震



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

内 容 提 要

本书旨在总结近年来海河流域河湖健康评估及河湖生态保护等方面的工作经验，为制定全国河湖有效保护和合理开发决策提供技术支撑，并为推进水生态文明建设提供一些参考与借鉴。

本书主要包括河湖健康评估的研究背景与意义，河湖健康内涵，河湖健康国内外相关研究工作进展及存在的主要问题；河湖健康评估体系理论研究，并根据理论研究构建海河流域河湖健康评估体系，确定海河流域河湖健康评估指标权重、指标获取方法和赋分标准等；分别选择海河流域重要湖泊白洋淀和重要河流滦河、永定河系作为研究对象，开展海河流域重要河湖健康评估实践，并对流域河湖健康评估方向提出了展望。

本书可供水利、环境、生态、水文水资源等相关专业的管理人员、科研人员以及高等院校相关专业的师生使用和参考，也可供关心流域水资源保护事业的广大公众阅读。

图书在版编目（C I P）数据

海河流域河湖健康评估研究与实践 / 郭书英, 李云
成主编. -- 北京 : 中国水利水电出版社, 2018.9
ISBN 978-7-5170-6242-4

I. ①海… II. ①郭… ②李… III. ①海河—流域—
水环境质量评价—研究 IV. ①X824

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第231184号

审图号: GS (2018) 2062 号

书 名	海河流域河湖健康评估研究与实践 HAIHE LIUYU HEHU JIANKANG PINGGU YANJIU YU SHIJIAN
作 者	主 编 郭书英 李云成 副主编 刘明喆 崔文彦 王乙震
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
刷 印	天津嘉恒印务有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 14.5印张 370千字 18插页
版 次	2018年9月第1版 2018年9月第1次印刷
印 数	0001—1000册
定 价	88.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

本书编委会

主 编 郭书英 李云成

副主编 刘明喆 崔文彦 王乙震

参 编 周绪申 孔凡青 张 浩 张 俊 许 维

高晓月 王振国 徐铭霞 梁舒汀

前言

随着人类活动对自然界河流、湖泊影响的加剧，河湖经受了不同程度的干扰和损害，造成了其物理结构的改变、水文特征的变异、水体水质的恶化和水生态环境的退化等系列问题，特别是受气候特征和区域社会经济发展的影响，这些问题在海河流域显得尤为突出。随着人们对这些问题的越来越重视，人类对自然界河湖的关注逐步从防洪、水资源开发利用、水质恶化防治逐步向系统的河湖生态系统修复转移，河湖健康评估的概念被提出，开始研究河湖健康评估方法并构建了多个河湖健康评估体系。

河湖健康评估是对河湖的生态状况进行系统全面的分析评估。作为一种新的评估工具和技术手段，河湖健康评估在越来越多的国家和相关部门得到应用。加拿大、美国、澳大利亚、英国、欧盟各国和南非等是开展此项工作比较早的国家，我国河湖健康评估起步于2000年左右，首先在黄河、长江、海河、珠江、太湖等河湖开展了研究性评估工作。

按照新时期水利工作要求，围绕落实最严格水资源管理制度中河湖健康保护目标，履行好水利机构“成为河流代言人”的职责，为2011年中央一号文件提出的“基本建成河湖健康保障体系”和党的十八大报告中提出的“生态文明建设”目标提供强有力支持，根据水利部《关于做好全国重要河湖健康评估有关准备工作的通知》（资源保函〔2010〕7号）和《关于做好全国重要河湖健康评估（试点）工作的函》（资源保函〔2011〕1号）的要求，2010年，水利部在全国选取一批重要河流、湖泊推进河湖健康评估试点工作，陈雷部长对《关于开展全国重要河湖健康评估工作的请示》进行了重要批示：“可先行试点，之后再定是否全国范围内开展”。开展河湖健康评估工作，对试点河湖状况进行“体检”，评估河湖治理与保护的效果，为制定全国河湖有效保护和合理开发决策提供技术支撑。

2011—2016年期间，按照水利部统一部署，海河流域水资源保护局选取滦河、漳河、永定河、白洋淀、于桥水库和岳城水库6个重要河湖（库）开展了河湖健康评估工作。通过这几年河湖健康评估工作实践，在水利部水资源司《河流健康评估指标、标准与方法（试点工作用）》《湖泊健康评估指标、

标准与方法（试点工作用）》基础上，学习国内外河湖健康评估已有的评估体系，结合海河流域河湖自身特点和实践工作经验，构建了适合海河流域的河湖健康评估体系和评估方法，选择白洋淀、滦河和永定河系为研究对象，开展了基于该健康评估体系的健康评估实践，并开发了河湖健康评估系统。

本书共7章，第1章为绪论，主要介绍了河湖健康评估的研究背景与意义，河湖健康内涵，河湖健康国内外相关研究工作进展及主要存在问题等。第2章和第3章主要开展河湖健康评估体系理论研究，并根据理论研究构建海河流域河湖健康评估体系，确定海河流域河湖健康评估指标权重、指标获取方法和赋分标准等。第4章至第6章分别选择海河流域重要湖泊白洋淀和重要河流滦河、永定河系作为研究对象，开展海河流域重要河湖健康评估实践。第7章总结了本书的主要研究结论，并提出展望。

限于编者水平和编写时间，在书中难免会出现一些疏漏与不当之处，敬请批评指正。

编者

2017年12月

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 河湖健康评估意义	2
1.2 河湖健康内涵	2
1.3 国外河湖健康评估进展	4
1.3.1 国外研究现状	4
1.3.2 国外工作实践	5
1.4 国内河流健康评估进展	6
1.4.1 国内研究现状	6
1.4.2 国内工作实践	7
1.5 存在问题与不足	8
1.6 研究内容、技术路线和创新点	9
1.6.1 研究内容	9
1.6.2 技术路线	9
1.6.3 主要创新点	9
参考文献	10
第2章 河湖健康评估体系理论研究	13
2.1 河湖健康评估指标体系的构建	13
2.1.1 评估指标体系构建的基础	13
2.1.2 评估指标体系构建原则确定	13
2.2 河湖健康评估指标筛选原则	13
2.3 河湖健康评估常用指标	14
2.3.1 水文特征指标	14
2.3.2 形态特征指标	15
2.3.3 水化学特征指标	17
2.3.4 生态功能指标	17
2.3.5 社会服务功能指标	18
2.4 河湖健康评估尺度与标准的确定	18
2.4.1 时空尺度的划分	18

2.4.2 评估标准确定	19
2.5 河湖健康评估指标权重的确定	20
2.5.1 基于投影寻踪的评估指标权重	20
2.5.2 采用遗传算法优化投影方向	22
参考文献	24
第3章 海河流域河湖健康评估体系	25
3.1 海河流域概况	25
3.1.1 自然地理	25
3.1.2 经济社会	25
3.1.3 河湖水系	26
3.1.4 河湖生态特征分析	30
3.2 海河流域河湖健康评估指标体系的构建	32
3.2.1 海河流域河湖健康评估构建基础	32
3.2.2 海河流域河湖健康评估指标	33
3.2.3 对海河流域河湖健康评估指标的描述	34
3.3 海河流域河湖健康评估指标权重确定	38
3.4 海河流域河湖健康评估尺度	39
3.4.1 不同空间尺度数据的获取	39
3.4.2 评估数据获取基准	39
3.5 海河流域河湖健康评估指标获取方法及赋分标准	41
3.5.1 水文水资源	41
3.5.2 物理结构	42
3.5.3 水质	45
3.5.4 生物	47
3.5.5 社会服务功能	49
3.6 河湖健康等级划分	52
参考文献	52
第4章 白洋淀健康评估	54
4.1 白洋淀特征分析	54
4.1.1 水文水资源	54
4.1.2 物理结构	54
4.1.3 水质	55
4.1.4 生物	55
4.1.5 社会服务功能	57
4.1.6 白洋淀主要生态环境问题	57
4.2 白洋淀健康评估指标选取	60
4.2.1 监测断面的布设	60

4.2.2	评估指标选取与权重确定	60
4.3	白洋淀健康评估	61
4.3.1	水文水资源	61
4.3.2	物理结构	66
4.3.3	水质	68
4.3.4	生物	73
4.3.5	社会服务功能	78
4.3.6	白洋淀健康总体评估	80
4.4	白洋淀健康评估结果分析	82
4.4.1	白洋淀健康整体特征	82
4.4.2	白洋淀不健康的主要表征	83
4.4.3	白洋淀不健康的主要压力	83
4.4.4	白洋淀健康保护及修复目标	84
4.4.5	白洋淀健康管理对策	85
	参考文献	86
第5章	滦河健康评估	88
5.1	滦河特征分析	88
5.1.1	水文水资源	88
5.1.2	物理结构	89
5.1.3	水质	89
5.1.4	生物	90
5.1.5	社会服务功能	90
5.1.6	滦河主要生态环境问题	90
5.2	滦河健康评估指标与权重确定	91
5.2.1	监测断面的布设	91
5.2.2	评估指标选取与权重确定	92
5.3	滦河健康评估	93
5.3.1	水文水资源	93
5.3.2	物理结构	98
5.3.3	水质	99
5.3.4	生物	104
5.3.5	社会服务功能	114
5.3.6	滦河健康总体评估	116
5.4	滦河健康评估结果分析	117
5.4.1	滦河健康整体特征	117
5.4.2	滦河不健康的主要表征	118
5.4.3	滦河不健康的主要压力	118

5.4.4 滦河健康保护及修复目标	119
5.4.5 滦河健康管理对策	119
参考文献	120
第6章 永定河系健康评估	121
6.1 永定河系特征分析	121
6.1.1 水文水资源	122
6.1.2 物理结构	123
6.1.3 水质	125
6.1.4 生物	129
6.1.5 社会服务功能	130
6.1.6 永定河系主要生态问题	133
6.2 永定河系健康评估指标与权重确定	134
6.2.1 监测断面的布设	134
6.2.2 评估指标选取与权重确定	134
6.3 永定河系健康评估	136
6.3.1 桑干河健康评估	136
6.3.2 洋河健康评估	164
6.3.3 永定河健康评估	188
6.3.4 永定河系健康总体评估	212
参考文献	218
第7章 结论与展望	220
7.1 结论	220
7.2 展望	221
附录1	222
附录1.1 白洋淀现场断面图	222
附录1.2 白洋淀野外采样、调查工作照片	224
附录1.3 白洋淀主要生物图片	226
附录2	234
附录2.1 滦河现场样点图	234
附录2.2 滦河野外采样、调查工作照片	236
附录2.3 滦河主要生物图片	239
附录3	244
附录3.1 永定河系现场监测断面图	244
附录3.2 永定河系野外采样、调查工作照片	248
附录3.3 永定河系主要生物图片	250

第 1 章 绪 论

1.1 研究背景及意义

1.1.1 研究背景

河湖生态系统是生物圈物质循环的重要通道,具有调节气候、改善生态环境以及维持生物多样性等众多功能(蔡庆华等,2003),而人类社会的发展以及人类社会文明的形成都同大的河湖系统具有密切关系(钱正英等,2006)。随着工业化及城市化发展进程的不断发 展,世界各国的河湖都经受了不同程度的干扰和损害,各地河湖普遍出现水质恶化、形态结构破坏、水文条件变化以及生境退化等种种问题。全球河湖生态系统的退化已成为 21 世纪人类生存和发展面临的重大危机,并逐渐受到国际社会的广泛关注和重视。

随着河湖生态系统不断受到人类活动的干扰和损害,科学有效地评价、恢复和维持一个健康的河湖生态系统已经成为近年来流域河湖管理的重要目标。河湖健康评估作为崭新的河湖系统评估工具和技术手段,在河湖管理中已经得到越来越多的认可和重视,成为河湖生态学领域的研究热点之一。河湖健康评估从河湖生态系统整体出发,对河流和湖泊水文、物理结构、水质、生物等状况进行充分理解和综合评估,识别人类活动对河湖系统功能的影响,同时能确定河湖区段内的环境管理和生态修复的目标和治理方向。开展河湖健康评估是掌握水资源动态变化、开展河湖系统保护与生态修复的基础,是河湖生态文明建设的重要组成部分。通过开展河湖健康评估,维护其特有的生态、环境和社会服务功能并促进三者之间协调有序,达到更好为人类社会发 展服务的最终目的。

海河流域是水资源短缺且水污染严重的典型区域,流域河湖水生态环境不断恶化,河湖干涸、河道断流、湿地减少、生物多样性减少是流域河湖面对的主要问题。根据水利部海河水利委员会发布的《2014 年海河流域水资源公报》:2014 年海河流域水资源总量为 216.23 亿 m^3 ,比多年平均值偏少 41.6%;流域 14468.2km 河流中 I~III 类水占 35.4%;IV~劣 V 类水占 64.6%。从行政区看,北京的水质较好,I~III 类水占其评价河长 80%左右;内蒙古自治区次之,I~III 类水占其评价河长 70%左右;天津市、河南省劣 V 类河长超过 70%。据调查,海河流域平原区 20 条主要河流 3336km 河段中,完全干涸的长度达到 2026km,高达 60%以上,全年干涸天数近 200d。平原区 12 个主要湿地的面积不足 20 世纪 60 年代的 17%,造成大量生物灭绝(户作亮,2004)。

面对海河流域河湖生态恶化的严峻形势,围绕落实最严格水资源管理制度中河湖健康保护目标,为实现水利机构“成为河流代言人”的职责提供技术支撑,并为 2011 年中央一号文件提出的“基本建成河湖健康保障体系”和党的十八大报告中提出的“生态文明建设

设”目标提供强有力支持。根据水利部《关于做好全国重要河湖健康评估有关准备工作的通知》(资源保函〔2010〕7号)和《关于做好全国重要河湖健康评估(试点)工作的函》(资源保函〔2011〕1号)的要求,自2010年6月起,水利部在全国范围内全面开展河湖健康评估工作,对试点河湖状况进行“体检”,评估河湖治理与保护的效果,为制定全国河湖有效保护和合理开发决策提供技术支撑,促进河湖的可持续发展。

1.1.2 河湖健康评估意义

通过开展河湖健康评估工作,对全面掌握河湖健康状况、提升河湖管理与保护水平和促进水生态文明建设有重要意义。

1. 有利于全面掌握河湖健康状况

目前河湖管理主要从水量和水质两方面考虑。河湖健康评估从水文水资源、物理结构、水质、生物和社会服务功能等多个层面对河湖进行评估,及时全面掌握河湖生态完整性状况和社会服务功能状况,找出存在的问题和改进的方法,为河湖管理提供基础信息。

2. 有利于提升河湖管理与保护水平

河湖管理的根本目标旨在恢复河湖健康状况,发挥河湖生态系统服务功能,河湖健康是河湖管理的目的和目标。河湖健康评估作为一种评估工具和技术手段,能够识别人类活动对资源、环境 and 经济等因素的影响,进而分析对河湖系统功能的影响,同时能确定河湖区段内的环境管理和生态修复的目标,从而制定或采取相应的河湖管理措施。另外,河湖健康评估对河湖生态系统已经发生或可能发生的危机进行预测,分析河湖健康状况的发展趋势,这样决策者就可以提前了解河湖生态系统演变过程,便于尽早对河湖开发和水资源利用做出安排。

3. 有利于促进水生态文明建设

随着经济社会快速发展和全球气候变化影响加剧,我国河湖管理和保护仍然面临诸多严峻挑战,不少河湖开发已经接近或超出水资源和水环境承载能力,水体污染、河道断流、湖泊萎缩、生态退化等问题日益凸显,已成为制约经济社会可持续发展的突出瓶颈。党的十八届三中全会把水资源管理、水环境保护、水生态修复等纳入生态文明制度建设重要内容,水生态文明是生态文明的核心组成部分,加强河湖管理,开展河湖健康评估,对促进水生态文明建设具有重要意义。

1.2 河湖健康内涵

由于河流在不同区域的基本特征(如规模、类型、时空差异等)、地理条件、基本国情、人类活动以及对人们河湖的价值判断等存在差异,目前对河湖健康内涵的理解不完全一致,仍未达成统一的认识。一方面观点强调河湖生态系统自然属性内容的健康,认为河湖仅具有自然属性,河湖健康基本等同于生态系统自然属性的健康;另一方面观点除了关注河湖的自然属性外,还关注河湖的社会服务价值,认为河湖是一个自然-社会经济复合系统,河湖健康问题是源于人类活动的影响,人类对河湖健康问题的研究是为了维护河湖

的可持续性,以满足人类社会发展的合理需求(孙雪岚等,2007)。

在国外,许多学者对河湖健康概念给出了不同的定义与解释。该概念始于1972年的美国“清洁水法令”,该法令对河流健康的定义是物理、化学和生物的完整性,其中完整性指维持生态系统自然结构和功能的状态(Karr,1999)。Schofield(1996)提出河流健康是与同一类型河流未受破坏的相似程度,尤其是在生物多样性和生态功能方面;Karr(1996)在河流健康评估中引入生态学的基本概念,提出只要河流生态系统当前的使用价值不退化且不影响其他系统,其完整性即使有所破坏,但仍然可认为是健康的。上述研究强调的是河湖生态系统自然属性内容的健康,认为河湖仅具有自然属性,因此河湖健康基本等同于生态系统自然属性的健康。但是河湖往往不是孤立存在的,它与人类社会紧密联系,形成一个自然-社会经济复合系统(孙雪岚,2007),河湖的健康问题往往是源于人类活动的影响,人类对河湖健康问题的研究是为了维护河湖的可持续性,以满足人类社会发展的合理需求。因此Meyer(1997)和Vugteveen(2006)随后将河流对人类社会的服务价值纳入河流健康内涵之中,认为健康的河流除了能够维持其生态系统结构和功能正常的同时,还需要满足人类与社会的需要和期望。Fairweather(1999)和Boulton(1999)也认为探讨河流健康内涵时应考虑河流健康的社会、经济和政治等方面,在此基础上提出河流健康的判断应包括生态标准和人类由该系统获得的价值、用途和适宜性。澳大利亚的河流健康委员会认为健康的河流是与其环境、社会和经济特征相适应,能够支撑满足社会需求的生态系统、经济行为和社会功能的河流(刘恒等,2005)。河湖健康概念应涵盖生态完整性与社会价值,这种观点得到了水利界较多专家和支持,同时在国内各大流域结构也得到了广泛的认可。

在国内,关于河湖健康的内涵,有学者认为河流健康应该有两重含义,既有自然意义上的河流健康,即河流自身的健康;也有社会经济意义上的河流健康,即人-水关系的健康(文伏波等,2007)。这两种意义上的河流健康是互相联系、互相制约、互相影响的,把它们分开只是为了研究的方便。可以将河流系统的健康定义如下:河流系统的健康是一种特定的系统状态,在该状态下,河流系统在变化着的自然与人文环境中,能够保持结构的稳定和系统各组分间的相对平衡,实现正常的、有活力的系统功能,并具有可持续发展和通过自我调整而趋于完善的能力。董哲仁(2005a)认为,“河流健康”不是严格意义上的科学概念,而是一种河流管理的评估工具,并借鉴国外经验,结合我国国情,提出“可持续利用的生态健康河流”概念,可以作为我国河流管理工作的有用工具。“可持续利用的生态健康河流”作为一种河流管理的目标和评估工具,其概念包含双重含意:一方面要求人们对于河流的开发利用保持在一个合理的程度上,保障河流的可持续利用;另一方面要求人们保护和修复河流生态系统,保障其状况处于一种合适的健康水平上。湖泊健康的定义伴随着河流健康的定义而产生,两者的关系是一脉相承。

因此,站在不同的角度,对河湖健康的理解是不一样的。鉴于对河湖健康内涵理解存在差异性以及本研究进行河湖健康评估的出发点是为了人类能够更好地认识、保护和利用河湖,因而在此确定河湖健康的定义是在保障河湖自然功能和生态系统完整性的基础上,合理开发利用其社会服务功能,满足人类社会需要,实现人水和谐和可持续发展。



1.3 国外河湖健康评估进展

1.3.1 国外研究现状

根据世界各地不同河湖面临的具体问题，人们对河湖健康内涵的认识及评估方法处于不断探索和发展之中，发展过程主要经历三个阶段，包括最初的理化参数评价，到指示物种的监测与评价以及最终的综合指标法评价。

1. 理化参数评价

早在 19 世纪末，欧洲国家对泰晤士河和莱茵河的健康状况评价主要通过几项水质指标反映，主要有大肠杆菌、pH 值和溶解氧等。随着河流污染不断加重以及人们认识问题能力不断提高，水质监测项目也出现大幅增加（Rapport et al.，1999）。美国 GWQI 指标（Gregon Water Quality Index）给出了温度、溶解氧、生化需氧量、总磷、总氮、悬浮物、大肠杆菌和 pH 值等一系列综合指标，旨在通过监测指标的动态变化趋势，找出对河流水质有重要影响的因素（Ma et al.，2009）。

2. 指示物种的监测与评价

指示物种法是目前河流生态系统健康评估中比较常用的方法，避免了理化参数监测的局限性和连续取样的烦琐，可以直接监测出河流生态系统发生变化或已经产生影响但尚未显示不良效应的信息。但该法也存在许多缺点和不足，选择不同的研究对象和监测指标会造成不同的评估结果，确定不同生物类群进行评估时的尺度和频率难以确定，在综合评估河流生态系统健康时不全面（Townsend，1999）。表 1.1 是美国环保署（USEPA）于 1999 年推出新版的快速生物评估协议（Rapid Bioassessment Protocols，RBPs）（Hughes，2000；杜芙蓉，2009）给出的河流着生藻类、大型无脊椎动物、鱼类的监测和评价方法与标准。

表 1.1 河湖健康评估指示物种法

物种	特点	评价指标
着生藻类	处于河流生态系统食物链始端，对污染物反应敏感，生活周期短	藻类丰富度指数（AAI）、硅藻污染敏感性指数（IPS）、营养硅藻指数（TDI）、类属硅藻指数（GDI）等
无脊椎动物	生长周期较长，在不同的生境中都有分布，形体易于辨别	底栖生物完整性指数、生物指数、计分制生物指数、连续比较指数、河流无脊椎动物预测和分类系统、河流评价计划、南非计分系统、营养完全指数等
鱼类	个体大，生活周期常，特定区域的种类组成和鱼寄生虫有无均可反映外界干扰情况	生物完整性指数（IBI）、鱼类集体完整性指数（FAII）等

3. 综合指标法

综合指标法综合考虑了物理、化学、生物、社会经济等诸多方面的指标，能够反映河湖不同层面和尺度健康程度。该方法既可以反映河湖生态系统的健康程度，又能反映河湖

的社会功能水平，还能反映出河湖生态系统健康变化的趋势。综合指标法评估河湖健康程度的方法比较多，其中比较著名的是南非的生境综合评价系统（Integrated Habitat Assessment System, IHAS）。该系统涵盖了大型无脊椎动物、底泥、植被以及流量、流速、水温等河流物理条件（Parsons, 2002）。澳大利亚自然资源和环境部于 1999 年提出了包括河流水文学、河流形态、河岸带特征、水质和水生生物等几个方面诸多指标的评价方法，对澳大利亚 80 多条河流生态系统健康状况进行综合评估。随后世界上许多国家也先后进行了此类研究，评估指标也不断增加，主要几种评估方法见表 1.2。

表 1.2 河湖健康评估综合指标法

方法	主要设计者	主要评估指标类别	主要特点
RCE	Petersen (1992)	评估指标包括河道的宽/深结构、河床条件、河岸结构、河岸带完整性、水生植被、鱼类等	可在短时期内快速评估河流健康状态，适用于农业地区的河流健康评估
RHS	Raven (1997)	评估指标包括河道参数、河岸侵蚀、河岸带特征、植被类型及流域土地利用情况	将河流形态、生境和生物形态串联起来评估河流健康状况。缺点是一些数据很难定量化，而且不同类别指标之间的关系有的很模糊
USHA	Suren (1998)	指标包括流域地貌、河流等级、降水、河岸稳定性、河道流量、植被覆盖率、植被类型、优势种、河道底质稳定性、水生生物等	优点是从宏观、中观、微观三方面综合对河流健康状况进行评估，比较全面。缺点是，该法的指标主要针对新西兰的河流而设置，其他区域的河流评估需要因地制宜地改变
ISC	Ladson (1999)	指标包括河流水文、河道形态、河岸带状况、水质和水生生物，各项评估指标有对比的参照点	优点是能够对河流进行长期评估。缺点是不同河流的单项指标参照点差异较大，不易确定
其他	Meyer (1997), Fairweather (1999), Boulton (1999), Vugteveen (2006)	指标除了河流的自然属性上的指标外，还考虑了河流对人类社会的社会服务价值，包括河流健康的社会、经济和政治等方面	将河流对人类社会的服务价值纳入河流健康内涵之中，考虑河流健康的社会、经济和政治等方面，在此基础上提出河流健康的判断应包括生态标准和人类由该系统获得的价值、用途和适宜性

1.3.2 国外工作实践

随着国际上各国家对河湖健康状况日趋重视，旨在关注河湖健康状况的监测及评估工作也随之不断深入。近十多年来，河湖健康评估已在很多国家先后开展，目前美国、英国、澳大利亚以及南非等国家都已设计了符合其区域特色的河流健康状况评估方法及评估体系，并开展了相应的评估实践，取得了一定进展。

1.3.2.1 美国

USEPA 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，经过几十年的发展和完善，又出台了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（Barbour et al., 1999）。此外，美国的环境监测和评价项目（Environmental Monitoring and Assessment Programme, EMAP）

通过监测反应指标、暴露指标以及压力指标诊断全国河流每年水质状况以及变化趋势，并试图找出对水质状况有重要影响的环境因素。

1.3.2.2 英国

英国评估河流健康状况一个重要举措是河流生境调查 (River Habitat Survey, RHS)，即通过调查背景信息、河道数据、沉积物、植被类型、河岸侵蚀、河岸带以及土地利用等指标来评估河流生境的自然特征和质量，并判断河流生境现状与纯自然状态之间的差距 (Raven et al., 1998)。另一个评估实践是 1998 年提出的英国河流保护评价系统 (System for Evaluating Rivers for Conversation, SERCON)，同样值得关注。该评价系统通过调查评价由 35 个属性数据构成的 6 个层面来确定英国河流的保护价值，包括自然多样性、天然性、代表性、稀有性、物种丰富度以及特殊特征 (Parsons et al., 2004)。此外，英国还建立了以河流无脊椎动物预测和分类系统 (River Invertebrate Prediction and Classification System, RIVPACS) 为基础的河流生物监测系统 (Wright, 2000)。

1.3.2.3 澳大利亚

澳大利亚开展了国家河流健康计划 (National River Health Program, NRHP)，用于监测和评估河流生态状况，评估现行水管理政策及实践的有效性，并为管理决策提供更全面的生态学及水文学数据 (唐涛等, 2002)。其中用于评估河流健康状况的主要工具就是澳大利亚河流评估系统 (Australian River Assessment System, AUSRIVAS)。除此之外，还有溪流状态指数 (ISC) 评估方法，利用河流水文学、形态特征、河岸带状况、水质及水生生物 5 方面指标评估河流健康状况，其结果有助于确定河流恢复的目标，评估河流恢复的有效性，引导可持续发展的河流管理 (Bain et al., 2000; Parsons et al., 2002)。

1.3.2.4 南非

南非的水事务及森林部 (DWAF) 发起了“河流健康计划” (RHP)，选用河流无脊椎动物、鱼类、河岸植被，生境完整性、水质、水文、形态等河流生境状况作为河流健康的评估指标，提供了可广泛用于河流生物监测的框架，同年还针对河口地区提出了南非的 EHI 指数 (Estuarine Health Index)，即用生物健康指数、水质指数以及美学健康指数来综合评估河口健康状况。此外，南非的快速生物监测计划也发展了生境综合评估系统 (Integrated Habitat Assessment System, IHAS)，系统中涵盖了与生境相关的大型无脊椎动物、底泥、植被以及河流物理条件 (Parsons et al., 2002)。

1.4 国内河流健康评估进展

1.4.1 国内研究现状

国内关于河湖健康评估研究起步较晚，近十几年来才逐渐从河湖健康视角关注河湖生态系统，逐步在河湖健康评估指标体系、河湖健康状况评估方法学、河流和湖泊的可持续管理等方面开展了一定的工作。

自唐涛等 (2002) 在《应用生态学报》上发表了《河流生态系统健康及其评价》起，

发表在各类学术期刊上的论文已达 300 余篇,在河湖健康概念辨析、河湖健康评估方法及其应用等理论探讨方面开展了较多工作,研究了不同类型、流域的河湖健康评估指标体系,并对国内较多河湖开展健康评估(唐涛,2002;李国英,2005;董哲仁,2005a、2005b;刘恒,2005;耿雷华等,2006;文伏波等,2007;蔡守华等,2008;张楠等,2009;张晶等,2010;张方方等,2011;冯彦等,2012;周莹等,2013;于志慧等,2014;王勤花等,2015;殷守敬等,2016;王蔚等,2016)。

国内河湖健康的理论探讨和方法构建研究进展可以分为三个阶段(王乙震等,2017)。初期阶段,更多关注点放在了河湖健康内涵与评估方法上,如唐涛等(2002)概括了河流生态系统健康概念的含义,详细介绍了以着生藻类、无脊椎动物、鱼类为主要指示生物的河流生态系统健康的评估方法,并提出了河流健康评估方法的发展方向;董哲仁(2005b)初步探讨了河流健康的内涵、评估方法和原则,并比较了国外河流健康评估技术;耿雷华(2006)也从河流的健康内涵出发,立足于河流特性,考虑到河流的服务功能、环境功能、防洪功能、开发利用功能和生态功能,探求了健康河流的评估指标和评估标准。第二阶段,国内学者在河湖健康内涵的基础上进一步发展了河湖健康评估指标体系及评估方法,如张楠等(2009)建立辽河流域河流生态系统健康的多指标评价方法;张晶等(2010)提出基于主导生态功能分区的河流健康评价全指标体系;张方方等(2011)建立基于底栖生物完整性指数的赣江流域河流健康评价方法并应用。到第三阶段,即近几年来,河湖健康评估研究发展到研究不同类型河湖健康评估方法的实际应用、不同类型区域河湖健康评估方法研究等方面,如王勤花等(2015)提出干旱半干旱地区河流健康评价指标方法;王蔚等(2016)基于投影寻踪-可拓集合理论的河流健康评价方法。为进一步促进水功能区管理和河湖健康评估两种管理制度,王乙震等(2016)探讨了基于水功能区划的河湖健康内涵,提出了基于水功能区划的河湖健康评估指标体系的健康河湖特征,阐述了基于水功能区划的河湖健康评估原则。与此同时,湖泊健康评估的理论、评价方法也随河流健康评估在不同阶段的研究应运而生。

1.4.2 国内工作实践

近年来,面对河湖健康问题,随着河湖健康评估方法的不断更新发展,这些方法不断的应用于实际河湖健康评估实践中。南京大学于志慧等(2014)基于熵权物元模型,对太湖流域若干城市化地区河流进行健康评估;华南师范大学盛萧等(2016)基于东江流域底栖无脊椎动物监测数据,使用生物完整性方法(B-IBI)用于东江河流健康评估。环境保护部卫星环境应用中心殷守敬等(2016)结合高分辨率遥感影像在岸边带范围提取、生态系统高精度分类、生态结构特征提取方面的优势,将景观结构指数纳入岸边带生态健康评估指标体系,从生态功能、生态结构和生态胁迫 3 个方面对淮河干流岸边带生态健康状况进行全面调查评估。

我国政府部门也开展了大量实践工作,主要体现在流域管理机构层面。自 2005 年起至 2009 年,水利部各大流域机构逐步开展了河湖健康评估相关研究工作。水利部长江水利委员会提出维护健康长江,促进人水和谐实施意见,从生态环境功能和服务功能两个角度对长江健康评估指标体系进行研究;水利部黄河水利委员会从理论体系、生产体系、伦