

ICS 13.020
CCS Z 06



团 体 标 准

T/CSES 171—2024

河湖水生生物完整性评价技术指南

Technical guidelines for assessment of aquatic biological integrity
of rivers and lakes

2024-12-05 发布

2024-12-05 实施

中国环境科学学会 发 布
中国标准出版社 出 版

目 次

前言Ⅲ

1 范围1

2 规范性引用文件1

3 术语和定义1

4 总体要求1

5 评价对象与生物类群确定2

6 参数筛选3

7 参数赋值4

8 指数计算与评价4

附录A(资料性) 生物完整性指数候选参数.....6

附录B(规范性) 临界值与期望值确定方法16

参考文献17

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国科学院南京地理与湖泊研究所提出。

本文件由中国环境科学学会归口。

本文件起草单位：中国科学院南京地理与湖泊研究所、江西师范大学、南京碧道水务科技有限公司、广东工业大学、北京师范大学、江苏省水资源服务中心、江苏省水文水资源勘测局、合肥市巢湖风景名胜区管理委员会、江苏省秦淮河水利工程管理处、常州市河道湖泊管理处。

本文件主要起草人：高俊峰、蔡永久、黄琪、黄佳聪、闫人华、张远、易雨君、蒋咏、朱广平、徐惠亮、洪昕、费国松、徐勇、胡尊乐、王晓杰、潘杰、刘建龙、冯俊、闵克祥。

河湖水生生物完整性评价技术指南

1 范围

本文件规定了河湖水生生物完整性评价的总体要求、评价对象与生物类群确定、参数筛选、参数赋值、指数计算与评价。

本文件适用于河流、湖泊和水库水生生物完整性评价。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 43476 水生态健康评价技术指南

HJ 1295 水生态监测技术指南 河流水生生物监测与评价(试行)

HJ 1296 水生态监测技术指南 湖泊和水库水生生物监测与评价(试行)

SL/T 793 河湖健康评估技术导则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

水生生物完整性 aquatic biological integrity

水生生物群落具有的与其生境相适应的组成、结构、功能特征和维持多样性、稳定性、弹性的能力。

3.2

水生生物完整性指数 index of aquatic biological integrity

由核心参数(3.3)赋值计算形成的表征水生生物完整性(3.1)状况的数值。

3.3

核心参数 core metrics

反映水生生物群落组成、结构、功能等不同类型的特征,且相对独立表征信息的一组参数。

4 总体要求

4.1 一般规定

4.1.1 开展评价前,应编制评价工作方案。方案宜包括评价对象基本信息、工作内容、工作方法、进度计划、组织方式等。

4.1.2 评价所需资料应具有全面性、代表性、一致性、真实性。

4.1.3 评价过程应客观、公正、规范,评价结果应能够准确反映水生生物完整性的时间和空间变化。

4.2 评价要求

4.2.1 系统性

根据评价对象的自然地理特征,宜选择多个生物类群和参数,全面反映水生生物的完整性和水生生态系统的整体性。

4.2.2 科学性

应保证数据来源真实可靠,生物类群选择符合评价对象特征,核心参数客观全面反映水生生物完整性,计算过程规范准确。

4.2.3 操作性

评价参数的选择应考虑现行监测体系内的指标或采用合理的技术手段易获取的指标,计算方法简单易行。

4.3 评价流程

评价流程包括评价对象与生物类群确定、参数筛选、参数赋值、指数计算与评价等步骤,见图 1。

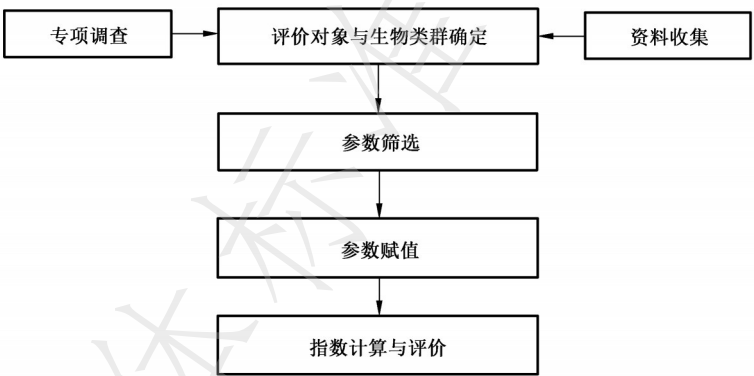


图 1 河湖水生生物完整性评价流程

5 评价对象与生物类群确定

5.1 资料收集与专项调查

5.1.1 评价所需收集的资料应包括评价对象的气象水文、水生境、水环境、水生生物等的现状与历史数据及研究成果,以及相关的规划与统计、治理与修复等方面资料。

5.1.2 依据所收集的资料,分析并明确评价对象的自然地理、功能定位、管理需求、评价目标等特征。

5.1.3 河湖水生生物完整性评价应依据所确定的生物类群设置参照点和受损点。参照点和受损点的确定按照 SL/T 793 的规定。

5.1.4 水生生物专项调查按照 HJ 1295、HJ 1296 的规定。

5.2 评价对象确定

评价对象为河流、湖泊、水库。根据其特征,可将评价对象作为一个整体进行评价,也可将评价对象划分为多个评价单元分别进行评价,再通过长度或面积加权得到整个评价对象的评价结果。

5.3 评价生物类群确定

- 5.3.1 宜选择对主要环境胁迫因子响应敏感、指示性强的生物类群。
- 5.3.2 河流的评价生物类群至少应包括着生藻类、大型底栖无脊椎动物、鱼类；湖泊的评价生物类群至少应包括浮游植物、浮游动物、鱼类（浅水湖泊还应包括大型水生植物、大型底栖无脊椎动物）；水库的评价生物类群至少应包括浮游植物、浮游动物。
- 5.3.3 评价对象设有自然保护区时，应将相关保护对象所属生物类群纳入评价。
- 5.3.4 评价生物类群选择宜符合表 1 的规定。

表 1 不同评价对象的推荐评价生物类群选择表

生物类群	评价对象		
	河流	湖泊	水库
着生藻类	●	○	○
浮游植物	○	●	●
大型水生植物	○	+	○
浮游动物	○	●	●
大型底栖无脊椎动物	●	+	○
鱼类	●	●	○
注：“●”为必选；“○”为可选；“+”为浅水湖泊必选，其他湖泊为可选。			

6 参数筛选

6.1 候选参数清单构建

- 6.1.1 应根据资料收集与专项调查数据，分析和明确评价生物类群的群落结构特征。
- 6.1.2 不同生物类群完整性指数候选参数清单构建，按照 GB/T 43476 的规定和附录 A 中表 A.1、表 A.2、表 A.3、表 A.4、表 A.5 和表 A.6。

6.2 核心参数筛选

- 6.2.1 应以候选参数清单为基础，分别通过分布范围检验、判别能力分析和冗余度分析等过程筛选确定核心参数。
- 6.2.2 分布范围检验应符合以下规定：
- a) 宜通过计算候选参数的众数和变异系数，筛选处于合理离散范围的参数；
 - b) 分别计算参数值的众数和变异系数，剔除众数出现频率大于 25% 和变异系数在 0.2~2.0 范围以外的参数；
 - c) 剩余参数可进入下一步筛选。
- 6.2.3 判别能力分析应符合以下规定：
- a) 宜通过绘制参照点和受损点候选参数的箱线图，量化候选参数对参照点与受损点的区分能力；
 - b) 分别计算参照点和受损点中位数、25% 分位数和 75% 分位数并绘制参照点和受损点箱线图，剔除二者中位数落在对方 25% 分位数~75% 分位数形成的范围内的参数；
 - c) 剩余参数可进入下一步筛选。

6.2.4 冗余度分析应符合以下规定：

- a) 宜通过计算参数之间的 Pearson 相关系数或 Spearman 秩相关系数,筛选表征信息重叠度低的参数;
- b) 对相关系数绝对值小于或等于 0.75 的参数,入选为核心参数。对相关系数绝对值大于 0.75 的参数,如候选参数类型没有已入选参数,则选取其一成为核心参数;如候选参数类型已有入选参数,则优先保留与已入选参数属于不同类型的参数,或保留相关系数最小的参数。

7 参数赋值

采用比值法将不同量纲的核心参数进行标准化赋值。与环境压力正相关的核心参数(正向参数)赋值方法按照公式(1)计算。

$$M = \frac{TH-TV}{TH-EV} \times 100 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

M ——参数标准化值;

TH ——临界值,确定方法见附录 B 中 B.1;

TV ——参数实际值;

EV ——期望值,确定方法见 B.2。

与环境压力负相关的核心参数(负向参数)赋值方法按照公式(2)计算。

$$M = \frac{TV-TH}{EV-TH} \times 100 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

M ——参数标准化值;

TV ——参数实际值;

TH ——临界值,确定方法见附录 B 中 B.1;

EV ——期望值,确定方法见附录 B 中 B.2。

当参数标准化值大于 100 时,取 100;当参数标准化值小于 0 时,取 0。

8 指数计算与评价

8.1 水生生物完整性指数计算

8.1.1 单个类群水生生物完整性指数

将单个生物类群的核心参数标准化值平均,得到单个类群水生生物完整性指数,计算方法见公式(3)。

$$IBI = \frac{\sum_{i=1}^n M_i}{n} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

IBI ——单个类群水生生物完整性指数;

n ——核心参数的个数;

M_i ——第 i 个核心参数标准化值。

8.1.2 多个类群水生生物完整性指数

多个类群水生生物完整性指数计算可采用等权重,也可根据评价对象各生物类群的相对重要性设置

不同权重,加权计算得到多个类群水生生物完整性指数,计算方法见公式(4)。

$$MIBI = \sum_{j=1}^m IBI_j \times w_j \dots\dots\dots (4)$$

式中：
MIBI——多个类群水生生物完整性指数；
 m ——评价生物类群的个数；
 IBI_j ——第 j 个生物类群 IBI 指数值；
 w_j ——第 j 个生物类群的权重。

8.2 水生生物完整性评价

水生生物完整性指数分为五个等级,以参照点水生生物完整性指数值的 25% 分位数(无参照点时采用全部点位指数值的 95% 分位数)为“极高”和“高”边界的阈值,低于阈值的数值分布范围进行四等分,代表水生生物完整性的不同等级,确定出极高、高、中、低、极低五个等级的划分标准,各等级的描述见表 2。

表 2 水生生物完整性等级、表达颜色与内涵描述

等级	表达颜色(RGB 色值)	内涵描述
极高	蓝色(0,0,255)	水生态系统处于自然状态或被轻微改变,没有或有轻微人类活动干扰,生物多样性和完整性高,水生态系统组成、结构和功能基本没有发生变化
高	绿色(0,255,0)	水生态系统状态被轻微程度改变,人类活动干扰较小,水生生物群落组成有一定程度变化,水生态系统组成、结构和功能的变化保持在自然可恢复的范围内
中	黄色(255,255,0)	水生态系统状态被中等程度改变,人类活动干扰明显,部分水生生物敏感种缺失,水生态系统组成和结构出现中等变化,水生态系统功能基本得以维持
低	橙色(255,165,0)	水生态系统状态被显著改变,人类活动干扰较强,部分水生生物敏感种被耐污种替代,水生态系统组成和结构出现较大变化,部分水生态系统功能受损
极低	红色(255,0,0)	水生态系统状态被严重改变,人类活动干扰强烈,水生生物敏感种基本消失,水生态系统组成和结构发生重大变化,水生态系统功能严重受损甚至丧失

附 录 A
(资料性)
生物完整性指数候选参数

A.1 着生藻类完整性指数候选参数

着生藻类完整性指数候选参数见表 A.1。

表 A.1 着生藻类完整性指数候选参数表

参数类型	候选参数	参数单位
物种丰富度	总分类单元数	个
	硅藻总分类单元数	个
	蓝藻总分类单元数	个
	绿藻总分类单元数	个
	着生藻类属的总数	个
	硅藻属的总数	个
	蓝藻属的总数	个
	绿藻属的总数	个
群落组成	硅藻密度百分比	%
	蓝藻密度百分比	%
	绿藻密度百分比	%
	Berger-Parker优势度指数	%
	前3位优势种优势度	%
	硅藻优势种优势度	%
	曲壳藻密度百分比	%
	桥弯藻密度百分比	%
	菱形藻密度百分比	%
	舟形藻密度百分比	%
	丝状绿藻密度百分比	%
	颤藻密度百分比	%
物种多样性	Shannon-Wiener多样性指数	无量纲
	Pielou均匀性指数	无量纲
	Margalef丰富度指数	无量纲
	Simpson优势度指数	无量纲
敏感性/耐污性	综合硅藻指数	无量纲
	硅藻属指数	无量纲

表 A.1 着生藻类完整性指数候选参数表（续）

参数类型	候选参数	参数单位
敏感性/耐污性	敏感性硅藻百分比	%
	水体富营养指示种百分比	%
	水体潜在富营养指示种百分比	%
功能群	运动性硅藻密度百分比	%
	具柄硅藻密度百分比	%
	俯伏生长型密度百分比	%
	直立生长型密度百分比	%
现存量	叶绿素 a 含量	μg/cm ²
	单位面积藻类密度	cells/cm ²

A.2 浮游植物完整性指数候选参数

浮游植物完整性指数候选参数见表 A.2。

表 A.2 浮游植物完整性指数候选参数表

参数类型	候选参数	参数单位
物种丰富度	总分类单元数	个
	蓝藻门分类单元数	个
	绿藻门分类单元数	个
	硅藻门分类单元数	个
	浮游植物属的总数	个
	蓝藻属的总数	个
	绿藻属的总数	个
	硅藻属的总数	个
群落组成	蓝藻密度百分比	%
	绿藻密度百分比	%
	硅藻密度百分比	%
	水华蓝藻密度百分比	%
	潜在产毒蓝藻密度百分比	%
	Berger-Parker 优势度指数	%
	前 3 位优势种密度百分比	%
	蓝藻优势种密度百分比	%
	蓝藻生物量百分比	%
	绿藻生物量百分比	%

表 A.2 浮游植物完整性指数候选参数表（续）

参数类型	候选参数	参数单位
群落组成	硅藻生物量百分比	%
	水华蓝藻生物量百分比	%
	潜在产毒蓝藻生物量百分比	%
	第1位优势种生物量百分比	%
	前3位优势种生物量百分比	%
	蓝藻优势种生物量百分比	%
	硅藻商	无量纲
物种多样性	Shannon-Wiener多样性指数	无量纲
	Pielou均匀性指数	无量纲
	Margalef丰富度指数	无量纲
	Simpson优势度指数	无量纲
敏感性/耐污性	综合硅藻指数	无量纲
	非硅藻类有机污染耐污种百分比	%
	富营养化水体蓝藻常见种百分比	%
	富营养化水体硅藻常见种百分比	%
现存量	浮游植物总密度	cells/L
	蓝藻密度	cells/L
	绿藻密度	cells/L
	硅藻密度	cells/L
	水华蓝藻密度	cells/L
	潜在产毒蓝藻密度	cells/L
	浮游植物总生物量	mg/L
	蓝藻生物量	mg/L
	绿藻生物量	mg/L
	硅藻生物量	mg/L
	水华蓝藻生物量	mg/L
	潜在产毒蓝藻生物量	mg/L

A.3 大型水生植物完整性指数候选参数

大型水生植物完整性指数候选参数见表 A.3。

表 A.3 大型水生植物完整性指数候选参数表

参数类型	候选参数	参数单位
物种丰富度	总物种数	个
	挺水植物种数	个
	浮叶植物种数	个
	沉水植物种数	个
	单子叶植物种数	个
	双子叶植物种数	个
	一年生植物种数	个
	多年生植物种数	个
	本土植物种数	个
	入侵植物种数	个
	兼性繁殖种数	个
	特异性植物种数	个
	优势植物种数	个
群落组成	挺水植物种数百分比	%
	浮叶植物种数百分比	%
	沉水植物种数百分比	%
	单子叶植物种数百分比	%
	双子叶植物种数百分比	%
	一年生植物种数百分比	%
	多年生植物种数百分比	%
	本土植物种数百分比	%
	入侵植物种数百分比	%
	兼性繁殖种数百分比	%
	特异性植物种数百分比	%
	优势植物种数百分比	%
物种多样性	Shannon-Wiener 多样性指数	无量纲
	Pielou 均匀性指数	无量纲
	Margalef 丰富度指数	无量纲
	Simpson 优势度指数	无量纲
敏感性/耐污性	敏感性物种种数	个
	耐污性物种种数	个
	敏感性物种数百分比	%
	耐污性物种数百分比	%

表 A.3 大型水生植物完整性指数候选参数表（续）

参数类型	候选参数	参数单位
敏感性/耐污性	敏感性物种数盖度	%
	耐污性物种数盖度	%
植物盖度	挺水植物盖度	%
	浮叶植物盖度	%
	沉水植物盖度	%
	单子叶植物盖度	%
	双子叶植物盖度	%
	一年生植物盖度	%
	多年生植物盖度	%
	本土植物盖度	%
	入侵植物盖度	%
	兼性繁殖种盖度	%
	特异性植物盖度	%
	优势植物盖度	%

A.4 浮游动物完整性指数候选参数

浮游动物完整性指数候选参数见表 A.4。

表 A.4 浮游动物完整性指数候选参数表

参数类型	候选参数	参数单位
物种丰富度	总分类单元数	个
	轮虫分类单元数	个
	枝角类分类单元数	个
	桡足类分类单元数	个
群落组成	Berger-Parker 优势度指数	%
	前 3 位优势种密度百分比	%
	浮游动物结构指数	%
	轮虫密度百分比	%
	枝角类密度百分比	%
	桡足类密度百分比	%
	臂尾轮虫与异尾轮虫密度比值	%
	第 1 位优势种生物量百分比	%
	前 3 位优势种生物量百分比	%

表 A.4 浮游动物完整性指数候选参数表（续）

参数类型	候选参数	参数单位
群落组成	轮虫生物量百分比	%
	枝角类生物量百分比	%
	桡足类生物量百分比	%
物种多样性	Shannon-Wiener 多样性指数	无量纲
	Pielou 均匀性指数	无量纲
	Margalef 丰富度指数	无量纲
	Simpson 优势度指数	无量纲
功能群	滤食轮虫生物量百分比	%
	捕食轮虫生物量百分比	%
	小型滤食动物生物量百分比	%
	中型滤食动物生物量百分比	%
	中型捕食动物生物量百分比	%
	大型滤食动物生物量百分比	%
	大型捕食动物生物量百分比	%
现存量	总密度	ind./L
	第 1 位优势种密度	ind./L
	前 3 位优势种密度	ind./L
	轮虫密度	ind./L
	枝角类密度	ind./L
	桡足类密度	ind./L
	优势种密度	ind./L
	总生物量	mg/L
	第 1 位优势种生物量	mg/L
	前 3 位优势种生物量	mg/L
	轮虫生物量	mg/L
	枝角类生物量	mg/L
	桡足类密度	mg/L
	优势种生物量	mg/L

A.5 大型底栖无脊椎动物完整性指数候选参数

大型底栖无脊椎动物完整性指数候选参数见表 A.5。

表 A.5 大型底栖无脊椎动物完整性指数候选参数表

参数类型	候选参数	参数单位
物种丰富度	总分类单元数	个
	软体动物分类单元数	个
	双壳纲分类单元数	个
	腹足纲分类单元数	个
	蜉蝣目、襀翅目和毛翅目分类单元数	个
	蜉蝣目分类单元数	个
	襀翅目分类单元数	个
	毛翅目分类单元数	个
	蜻蜓目分类单元数	个
群落组成	Berger-Parker优势度指数	%
	前3位优势种密度百分比	%
	软体动物密度百分比	%
	寡毛纲密度百分比	%
	双壳纲密度百分比	%
	腹足纲密度百分比	%
	蜉蝣目、襀翅目和毛翅目密度百分比	%
	蜉蝣目密度百分比	%
	襀翅目密度百分比	%
	毛翅目密度百分比	%
	蜻蜓目密度百分比	%
	摇蚊幼虫密度百分比	%
物种多样性	Shannon-Wiener多样性指数	无量纲
	Pielou均匀性指数	无量纲
	Margalef丰富度指数	无量纲
	Simpson优势度指数	无量纲
敏感性/耐污性	BMWP指数(生物监测工作组计分指数)	无量纲
	HBI指数(Hilsenhoff生物指数)	无量纲
	FBI指数(科级耐污指数)	无量纲
	BPI指数(生物学污染指数)	无量纲
	敏感类群分类单元数	个
	耐污类群分类单元数	个
	敏感类群密度百分比	%
	耐污类群密度百分比	%

表 A.5 大型底栖无脊椎动物完整性指数候选参数表（续）

参数类型	候选参数	参数单位
功能群	集食者密度百分比	%
	滤食者密度百分比	%
	刮食者密度百分比	%
	撕食者密度百分比	%
	捕食者密度百分比	%
	攀附者密度百分比	%
	粘附者密度百分比	%
现存量	大型底栖无脊椎动物总密度	ind./m ²
	软体动物密度	ind./m ²
	寡毛纲密度	ind./m ²
	双壳纲密度	ind./m ²
	腹足纲密度	ind./m ²
	蜉蝣目、毛翅目和襁翅目密度	ind./m ²
	蜉蝣目密度	ind./m ²
	襁翅目密度	ind./m ²
	毛翅目密度	ind./m ²
	蜻蜓目密度	ind./m ²
	摇蚊幼虫密度	ind./m ²

A.6 鱼类完整性指数候选参数

鱼类完整性指数候选参数见表 A.6。

表 A.6 鱼类完整性指数候选参数表

参数类型	候选参数	参数单位
物种丰富度	总物种数	个
	特有鱼类物种数	个
	保护鱼类物种数	个
	鱼类保有指数	%
	鲤科鱼类物种数百分比	%
	鲈科鱼类物种数百分比	%
	鳊科鱼类物种数百分比	%
	优势科鱼类物种数百分比	%
	土著鱼类物种数百分比	%

表 A.6 鱼类完整性指数候选参数表（续）

参数类型	候选参数	参数单位
物种丰富度	外来鱼类物种数百分比	%
群落组成	Berger-Parker 优势度指数	%
	前 3 位优势种个体数百分比	%
	成鱼个体数百分比	%
	鳅科鱼类个体数百分比	%
	鲤科鱼类个体数百分比	%
	土著鱼类个体数百分比	%
	外来鱼类个体数百分比	%
物种多样性	Shannon-Wiener 多样性指数	无量纲
	Pielou 均匀性指数	无量纲
	Margalef 丰富度指数	无量纲
	Simpson 优势度指数	无量纲
敏感性/耐污性	敏感性鱼类个体数百分比	%
	耐污性鱼类个体数百分比	%
功能群	鱼食性鱼类个体数百分比	%
	浮游生物食性鱼类个体数百分比	%
	浮游动物食性个体数百分比	%
	底栖动物食性鱼类个体数百分比	%
	草食性鱼类个体数百分比	%
	杂食性鱼类个体数百分比	%
	洄游性鱼类个体数百分比	%
	产漂流性卵鱼类个体数百分比	%
	产沉性卵鱼类个体数百分比	%
	产粘性卵鱼类个体数百分比	%
	中上层鱼类个体数百分比	%
	中下层鱼类个体数百分比	%
	鱼食性鱼类重量百分比	%
	浮游生物食性鱼类重量百分比	%
	浮游动物食性重量百分比	%
	底栖动物食性鱼类重量百分比	%
	草食性鱼类重量百分比	%
	洄游性鱼类重量百分比	%
	产漂流性卵鱼类重量百分比	%

表 A.6 鱼类完整性指数候选参数表（续）

参数类型	候选参数	参数单位
功能群	产沉性卵鱼类重量百分比	%
	产粘性卵鱼类重量百分比	%
	中上层鱼类重量百分比	%
	中下层鱼类重量百分比	%
资源量	鱼类单位努力渔获量	g/m ² 或 kg/h
	洄游性鱼类单位努力渔获量	g/m ² 或 kg/h
	重点保护鱼类单位努力渔获量	g/m ² 或 kg/h

附 录 B
(规范性)
临界值与期望值确定方法

B.1 临界值确定方法

临界值指参数允许的最差状态,根据评价对象全部调查点位参数值的分位数确定临界值。正向参数的临界值以全部点位参数值的95%分位数确定,负向参数的临界值以全部点位参数值的5%分位数确定。

B.2 期望值确定方法

期望值指参数可达到的最优状态,宜采用以下方法确定。

- a) 参照点法:对于可确定参照点的评价对象,根据参照点参数值的分位数确定期望值。正向参数的期望值以参照点参数值的75%分位数确定,负向参数的期望值以参照点参数值的25%分位数确定。
- b) 历史数据法:对于无法确定参照点但可获取未受人类活动干扰或人类活动干扰极小时期历史数据的评价对象,以历史数据参数值的均值作为期望值。
- c) 数理统计法:对于既无法确定参照点也无历史数据的评价对象,根据全部调查点位参数值的分位数确定期望值。正向参数的期望值以全部点位参数值的5%分位数确定,负向参数的期望值以全部点位参数值的95%分位数确定。

参 考 文 献

- [1] 高俊峰,蔡永久,夏霆,等.巢湖流域水生态健康研究[M].北京:科学出版社,2016.
- [2] 许宜平,王子健.水生态完整性监测评价的基准与参照状态探究[J].中国环境监测,2018,34: 8-16.
- [3] 张远,江源,等.中国重点流域水生态系统健康评价[M].北京:科学出版社,2019.
- [4] 农业农村部关于印发《长江流域水生生物完整性指数评价办法(试行)》的通知(农长渔发〔2021〕3号)
- [5] 中国环境监测总站关于印发《水生态监测技术要求 淡水大型底栖无脊椎动物(试行)》的通知(总站水字〔2021〕629号)
- [6] 中国环境监测总站关于印发《水生态监测技术要求 淡水着生藻类(试行)》的通知(总站水字〔2022〕33号)
- [7] 中国环境监测总站关于印发《水生态监测技术要求 淡水浮游植物(试行)》的通知(总站水字〔2022〕41号)
- [8] 中国环境监测总站关于印发《水生态监测技术要求 淡水浮游动物(试行)》的通知(总站水字〔2022〕47号)
- [9] 中国环境监测总站关于印发《水生态监测技术要求 大型水生植物(试行)》的通知(总站水字〔2022〕330号)
- [10] 中国环境监测总站关于印发《水生态监测技术要求 水生生物监测质量保证和质量控制(试行)》的通知(总站水字〔2022〕386号)
- [11] Hawkins C P, Olson J R, Hill R A. The reference condition: predicting benchmarks for ecological and water - quality assessments[J]. Journal of the North American Benthological Society, 2010, 29: 312-343.
- [12] Hering D, Feld C K, Moog O, et al. Cook book for the development of a Multimetric Index for biological condition of aquatic ecosystems: experiences from the European AQEM and STAR projects and related initiatives[J].Hydrobiologia,2006,566:311-324.
- [13] Poikane S, Birk S, Böhmer J, et al. A hitchhiker's guide to European lake ecological assessment and intercalibration[J].Ecological Indicators,2015,52:533-544.
- [14] Stoddard J L, Larsen D P, Hawkins C P, et al. Setting expectations for the ecological condition of streams: the concept of reference condition[J].Ecological Applications,2006,16:1267-1276.