

团 体 标 准

T/CSES 82—2023

基于环境 DNA 的淡水生物评价技术指南

Technical guidelines for environmental DNA-based freshwater bioassessment

发布稿

2023 - 01 - 04 发布

2023 - 01 - 04 实施

目 次

前言.....	II
引言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 生物评价.....	2
4.1 评价工作流程.....	2
4.2 采样频次与时间.....	2
4.3 采样布点.....	2
4.4 环境 DNA 淡水生物监测.....	3
4.5 生物评价方法.....	3
4.6 生物评价等级判定.....	6
附录 A（资料性） 采样信息记录表.....	7
附录 B（规范性） Faith's 系统发育多样性的计算方法.....	8
附录 C（规范性） 生物完整性指数构建方法.....	9
附录 D（规范性） 单一生物评价指数的等级判定方法.....	11

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。

本文件由南京大学提出。

本文件由中国环境科学学会归口。

本文件起草单位：南京大学、江苏省环境监测中心、中国环境监测总站、河南省生态环境监测和安全中心、昆明学院、南京易基诺环保科技有限公司。

本文件主要起草人：张效伟、张咏、张丽娟、杨江华、金小伟、戎征、杨雅楠、田颖、徐杉、赵峥、贾世琪、吕学研、王志浩、孙晶莹。

引 言

评价我国淡水生态系统的生物多样性和生态健康已经成为我国水生态环境保护工作的一个重要内容。为充分发挥基于环境DNA的高通量生物监测潜力和价值，规范基于环境DNA技术的淡水生物评价指数和分析方法，制定本文件。

全国团体标准信息平台

基于环境 DNA 的淡水生物评价技术指南

1 范围

本文件规定了基于环境DNA监测数据的淡水生物评价方法。
本文件适用于我国淡水生态系统的生物评价。

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。

LY/T 3191 林木DNA条形码构建技术规程

SL/T 793 河湖健康评估技术导则

DB 32/T 3871 太湖流域水生态环境功能区质量评估技术规范

T/CSES 81 淡水生物监测 环境DNA宏条形码法

《河流水生态环境质量监测与评价技术指南》（总站水字〔2021〕223号，中国环境监测总站）

《湖库水生态环境质量监测与评价技术指南》（总站水字〔2021〕223号，中国环境监测总站）

3 术语和定义

T/CSES 81界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

分类单元 taxonomic unit

传统形态学分类工作中的操作单位，有特定的名称和分类特征，包括门（Phylum）、纲（Class）、目（Order）、科（Family）、属（Genus）、种（Species）等。

[来源：DB 32/T 3871—2020，3.3，有修改]

3.2

分子分类单元 molecular taxonomic unit

DNA宏条形码监测分类工作中的操作单位，有特定的名称和序列分类特征，如ASV和OTU。

3.3

生物多样性指数 biodiversity index

表示生物群落内的系统发育多样性、分子分类单元或分类单元多样性的程度的量纲的数值，是用来判断生物群落结构变化或生态系统稳定性的指标。

3.4

生物指数 biological index; BI

基于特定生物类群的丰富度或相对丰度，并与其敏感性或耐受性结合而成的单一指数或记分值。

3.5

定性指数 qualitative index

只考虑分子分类单元或分类单元有无的生物评价指数，如丰富度。

3.6

定量指数 quantitative index

考虑分子分类单元或分类单元有无及其相对丰度的生物评价指数，如香农-威纳指数。

3.7

系统发育多样性 phylogenetic diversity; PD

一种综合了分类单元间系统发育差异的生物多样性度量方式。常用的Faith's系统发育多样性为基于特定群落的分子分类单元的序列构建的系统发育树上所有分枝的总长度。

3.8

生物完整性指数 index of biological integrity; IBI

将一组与周围环境关系密切、受干扰后反应敏感、可代表目标生物群落的各种结构和功能属性的生物参数整合成单一记分值的指数，可以对水体进行生物完整性健康评价。

3.9

优势分子分类单元 dominant molecular taxonomic unit

群落中相对丰度从高到低排前列的一个或数个分子分类单元。如第一优势分子分类单元即相对丰度最高的分子分类单元。

4 生物评价

4.1 评价工作流程

包括采样、环境DNA淡水生物监测、生物评价和评价等级划分等，示意图见图1。

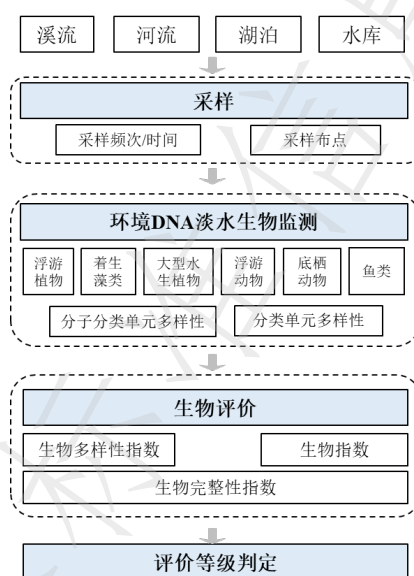


图1 评价工作流程示意图

4.2 采样频次与时间

根据监测目的和条件选择季度或月度监测。针对重点关注区域、突发环境问题或其他条件下，可开展更高频次的监测。采样时间需综合考虑目标生物类群的生态特征和生活史及水体类型（如对鱼类早期资源动态的监测等）。湖库采样需要考虑生物类群的分层现象，河流采样需考虑鱼类洄游等情况。

4.3 采样布点

4.3.1 总体要求

按照《河流水生态环境质量监测与评价技术指南》和《湖库水生态环境质量监测与评价技术指南》设置环境DNA采样点位。遵循连续性、一致性、代表性和可行性原则，结合环境DNA的空间分布特征，综合考虑目标生物类群的生态和生活史、水体类型、水体大小、深度、分层、连通性、基质、温度、水文和水化学等因素的影响。另外，生活污水可能含有残留的生物DNA，采样点位布设宜尽量避免污水排放渠、污水处理厂、养殖和垂钓区域，并详实记录。填写采样信息记录表，见附录A。

4.3.2 河流断面的布设

按照《河流水生态环境质量监测与评价技术指南》的规定设置监测断面，每个监测断面根据河流的宽度和深度设置采样点位，可适当增加采样点位。在缓慢流动的低地溪流和河流中，建议间隔1 km设置采样点。快速流动的高山溪流和河流中，建议采样点位间隔10 km以上。详实记录河流的地形特征（如地形、河岸结构、河床沉积物、人工改造等）、流速、水温、pH值等影响环境DNA扩散的因素。

4.3.3 湖库监测点位的布设

按照《湖库水生态环境质量监测与评价技术指南》，根据监测任务目标、湖库形态、湖库面积大小、湖库水文特征、水环境质量等情况，确定监测点位数量和布设位置，可适当增加采样点位。深水型湖泊建议间隔5 m深度分层采集水样。

4.4 环境 DNA 淡水生物监测

4.4.1 生物类群的选择

4.4.1.1 河流生物评价常用生物类群包括：鱼类、大型底栖无脊椎动物和着生藻类。

4.4.1.2 湖库生物评价常用生物类群包括：鱼类、大型底栖无脊椎动物、浮游植物、水生维管束植物和浮游动物。

4.4.1.3 根据评价目的和水体类型，考虑每个类群的特点、生命周期选择适合的水生生物类群。比如，环境变化的长期效应评价首选鱼类、大型底栖无脊椎动物等生物群落，环境变化的短期效应评价则选用浮游植物、浮游动物和着生藻类等生物群落。

4.4.2 生物监测数据

可按照T/CSES 81的规定获取每个监测点位各分子分类单元和分类单元的相对丰度。

4.5 生物评价方法

4.5.1 总则

生物评价可选用生物多样性指数、生物指数或生物完整性指数，推荐指数见表1。Faith's系统发育多样性、分子分类单元丰富度、分类单元丰富度、BMWP指数和鱼类保有指数为必选指标，有条件的区域可选择使用备选指标。

表1 基于环境 DNA 监测的生物评价指数

生物指数	指数类型	适用生物类群	定性/定量	环境 DNA 适用性	适用水体	指数选择
Faith's 系统发育多样性	生物多样性指数	各类群	定性	高	通用	必选
分子分类单元丰富度					通用	必选
分类单元丰富度					通用	必选
香农-威纳指数		各类群	定量	中	通用	备选
辛普森指数					通用	备选
Pielou 均匀度指数					通用	备选
第一优势度	生物指数	各类群	定量	中	通用	备选
前三优势度					通用	备选
BMWP 指数		大型底栖无脊椎动物	定性	高	通用	必选
BI 指数		大型底栖无脊椎动物	定量	中	通用	备选
综合硅藻指数		着生藻类	定量	中	河流	备选
鱼类保有指数		鱼类	定性	高	通用	必选
生物完整性指数	生物完整性指数	浮游植物、着生藻类、浮游动物、大型底栖无脊椎动物和鱼类	定性/定量	中	通用	备选

4.5.2 生物多样性指数

4.5.2.1 Faith's 系统发育多样性 (Faith's phylogenetic diversity, PD_{Faith})

Faith's 系统发育多样性 (PD_{Faith}) 按照公式 (1) 计算, 具体计算方法见附录B。

$$PD_{Faith} = \sum_{i=1}^n (B_i) \dots\dots\dots (1)$$

式中:

PD_{Faith} —— Faith's 系统发育多样性;

n —— 系统发育树中分枝的数目;

B_i —— 第 i 个分枝的长度。

一般生态状况较好时, 系统发育多样性更高。

4.5.2.2 分子分类单元丰富度 (Molecular taxonomic unit richness, R_m)

指分子分类单元数目, 如ASV或OTU数目。

一般生态状况较好时, 分子分类单元丰富度更高。

4.5.2.3 分类单元丰富度 (Taxonomic unit richness, R)

指分子分类单元注释后获得的分类单元数目, 如种或属的数目。

一般生态状况较好时, 分类单元丰富度更高。

4.5.2.4 香农-威纳指数 (Shannon-Wiener index, H)

香农-威纳指数 (H) 按照公式 (2) 计算:

$$H = \sum_{i=1}^{R_m} P_i \ln P_i \dots\dots\dots (2)$$

式中:

H —— 香农-威纳指数;

R_m —— 总分子分类单元数目;

P_i —— 分子分类单元 i 的相对丰度。

一般生态状况较好时, 香农-威纳指数更高。

4.5.2.5 辛普森指数 (Simpson index, D)

辛普森指数 (D) 按照公式 (3) 计算:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^{R_m} P_i^2 \dots\dots\dots (3)$$

式中:

D —— 辛普森指数;

R_m —— 总分子分类单元数目;

P_i —— 分子分类单元 i 的相对丰度。

一般生态状况较好时, 辛普森指数更高。

4.5.2.6 Pielou 均匀度指数 (Pielou's evenness index, J)

Pielou 均匀度指数 (J) 按照公式 (4) 计算:

$$J = \frac{H}{\ln R_m} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

J —— Pielou 均匀度指数;

H —— 香农-维纳指数;

R_m —— 总分子分类单元数目。

一般生态状况较好时, Pielou 均匀度指数更高。

4.5.3 生物指数

4.5.3.1 第一优势度 (First order dominance, D)

第一优势度为第一优势分子分类单元的相对丰度。

一般生态状况较好时，第一优势度更低。

4.5.3.2 前三优势度 (Top three dominance, D_{3s})

前三优势度 (D_{3s}) 为前三优势分子分类单元的累积相对丰度，按照公式 (5) 计算：

$$D_{3s} = \sum_{i=1}^3 D_i \dots\dots\dots (5)$$

式中：

D_{3s} ——前三优势度；

D_i ——第*i*个优势分类单元的相对丰度。

一般生态状况较好时，前三优势度更低。

4.5.3.3 BMWP 指数 (Biological monitoring working party index)

BMWP指数按照公式 (6) 计算：

$$BMWP = \sum_{i=1}^M F_i \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$BMWP$ ——BMWP指数；

M ——注释到科、属和种的分子分类单元数目；

F_i ——分子分类单元*i*对应科的敏感值，河流推荐值见《河流水生态环境质量监测与评价技术指南》附录I，湖库推荐值见《湖库水生态环境质量监测与评价技术指南》附录A。

一般生态状况较好时，BMWP指数更高。

4.5.3.4 BI 指数 (Biological index)

BI指数按照公式 (7) 计算：

$$BI = \sum_{i=1}^M P_i B_i \dots\dots\dots (7)$$

式中：

BI ——BI指数；

M ——注释到科、属和种的分子分类单元数目；

P_i ——分子分类单元*i*的相对丰度；

B_i ——分子分类单元*i*对应科的耐污值，河流推荐值见《河流水生态环境质量监测与评价技术指南》附录J，湖库推荐值见《湖库水生态环境质量监测与评价技术指南》附录B。

一般生态状况较好时，BI指数更低。

4.5.3.5 综合硅藻指数 (Comprehensive diatom index, CDI)

综合硅藻指数 (CDI) 按照公式 (8)、公式 (9) 计算：

$$CDI = (WMS \times 25) - 25 \dots\dots\dots (8)$$

$$WMS = \frac{\sum_{k=1}^D a_k s_k v_k}{\sum_{k=1}^D a_k s_k} \dots\dots\dots (9)$$

式中：

CDI ——综合硅藻指数；

WMS ——硅藻基于环境因子的加权平均值；

D ——注释到种的硅藻分子分类单元数目；

a_k ——硅藻的分子分类单元*k*的相对丰度；

s_k ——硅藻的分子分类单元*k*对应种对环境的敏感值，推荐值见《河流水生态环境质量监测与评价技术指南》附录K；

v_k ——硅藻的分子分类单元*k*对应种对环境的指示值，推荐值见《河流水生态环境质量监测与评价技术指南》附录K。

一般生态状况较好时， CDI 指数更低。

4.5.3.6 鱼类保有指数 (Fish observe/estimate index, $FOEI$)

按照SL/T 793计算鱼类保有指数（FOEI）。一般生态状况较好时，FOEI指数更高。

4.5.4 生物完整性指数（Index of Biotic Integrity, *IBI*）

IBI的构建包括参照状态的选择、候选指数的建立、核心指数的筛选、指数计算、评价及验证等一般性流程，具体步骤按照《河流水生态环境质量监测与评价技术指南》和《湖库水生态环境质量监测与评价技术指南》。生物完整性指数构建优先选择定性指数，适当选择定量指数。河流的候选指数见附录C中表C.1，湖库的候选指数见附录C中表C.2。

4.6 生物评价等级判定

4.6.1 总则

可选用单一生物评价指数或综合生物质量评价指数（Comprehensive biological quality index, CBQI）进行评价等级判定。

4.6.2 单一生物评价指数

单一生物评价指数的等级判定可选用干扰梯度法，见附录D。

4.6.3 综合生物质量评价指数

4.6.3.1 单一生物评价指数的赋分

按照附录D获得单一生物评价指数的标准化值并赋分，赋分标准见表2。

表2 单一生物评价指数的赋分标准

赋分	5	4	3	2	1
标准化值	$B \geq 0.8$	$0.6 \leq B < 0.8$	$0.4 \leq B < 0.6$	$0.2 \leq B < 0.4$	$B < 0.2$

4.6.3.2 综合生物质量评价指数的赋分

假设各单一生物评价指数的权重相等（可结合实际水域情况适当调整指数权重），将单一生物评价指数进行加权求和，得到综合生物质量评价指数（CBQI），见公式（10）：

$$CBQI = \sum_{i=1}^N I_i W_i \dots\dots\dots(10)$$

式中：

CBQI ——综合生物质量评价指数；

I_i ——生物评价指数分值；

B_i ——生物评价指数权重；

N ——生物评价指数的数目。

4.6.3.3 等级划分

根据综合生物质量评价指数得分情况划分评价等级为5级，由高到低分别为：优秀、良好、中等、较差、很差，见表3。

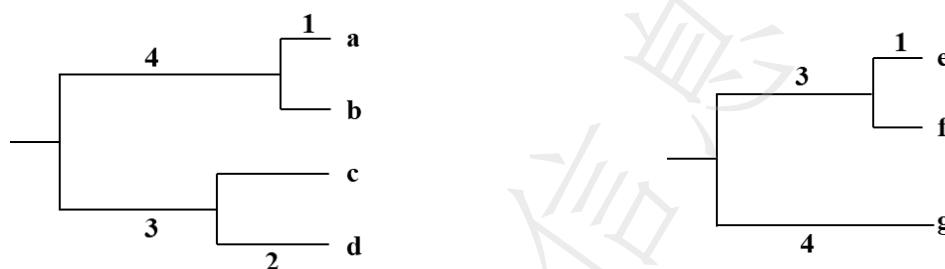
表3 综合生物质量指数的分级标准

等级	优秀	良好	中等	较差	很差
CBQI	$CBQI = 5$	$4 \leq CBQI < 5$	$3 \leq CBQI < 4$	$2 \leq CBQI < 3$	$1 \leq CBQI < 2$

附录 B
(规范性)
Faith's 系统发育多样性的计算方法

B.1 Faith's 系统发育多样性 (Faith's phylogenetic diversity, PD_{Faith}) 计算示意图

如图B.1所示, 基于分类单元a、b、c、d构建的系统发育树A的遗传多样性指数 $PD_{Faith-A}$ 为13, 基于分类单元e、f、g构建的系统发育树B的遗传多样性指数 $PD_{Faith-B}$ 为9。



a) 基于分类单元a、b、c、d构建的系统发育树A

b) 基于分类单元e、f、g构建的系统发育树B

图B.1 Faith's 系统发育多样性的计算示意图

B.2 系统发育多样性的计算方法

Faith's系统发育多样性的计算可通过R语言picante安装包中的代码获得:

```
pd (samp, tree, include.root=TRUE)
```

其中, samp指分子分类单元-点位矩阵; tree为基于分子分类单元序列相似性构建的系统发育树; include.root指构建的系统发育树是否有根 (root)。

B.3 系统发育树构建方法

利用环境DNA监测获得的分子分类单元 (如ASV或OTU) 对应的序列, 根据序列相似性、数据量大小、所需系统发育树精确程度等条件, 选择合适的系统发育树构建方法。可参照LY/T 3191选用邻接法或最大似然法。

比较不同样品的系统发育多样性应选用统一的系统发育树构建方法。

附录 C
(规范性)
生物完整性指数构建方法

生物完整性指数构建按照基于形态学监测的生物评价文件《河流水生态环境质量监测与评价技术指南》和《湖库水生态环境质量监测与评价技术指南》。适用于环境DNA监测的候选参数清单见表C.1和表C.2。

表C.1 适用于河流着生藻类、大型底栖无脊椎动物和鱼类的部分候选参数

类群	系统发育多样性	丰富度	物种组成	耐受性
着生藻类	<ul style="list-style-type: none"> 系统发育多样性 指示性藻类(如硅藻)系统发育多样性 	<ul style="list-style-type: none"> 分子分类单元数 硅藻分子分类单元数 	<ul style="list-style-type: none"> 第一优势度 前三优势度 香农-威纳指数 辛普森指数 Pielou 均匀度指数 指示性藻类(如硅藻)相对丰度 	<ul style="list-style-type: none"> 综合硅藻指数 耐受性分子分类单元数、相对丰度 敏感性分子分类单元数、相对丰度 耐酸性(pH<6)分子分类单元数、相对丰度 耐碱性(pH>8)分子分类单元数、相对丰度 嗜中性(6≤pH≤8)分子分类单元数、相对丰度
大型底栖无脊椎动物	<ul style="list-style-type: none"> 系统发育多样性 指示性类群(软体动物、甲壳纲、水生昆虫、寡毛纲、摇蚊科、颤蚓科等)系统发育多样性 	<ul style="list-style-type: none"> 分子分类单元数 指示性类群(软体动物、甲壳纲、水生昆虫、寡毛纲、摇蚊科、颤蚓科等)分子分类单元数 	<ul style="list-style-type: none"> 第一优势度 前三优势度 香农-威纳指数 辛普森指数 Pielou 均匀度指数 指示性类群(软体动物、甲壳纲、水生昆虫、寡毛纲、摇蚊科、颤蚓科等)相对丰度 	<ul style="list-style-type: none"> BMWP 指数 BI 指数 敏感性分子分类单元数、相对丰度 耐受性分子分类单元数、相对丰度 EPT 分子分类单元数、相对丰度 ETO 分子分类单元数、相对丰度
鱼类	<ul style="list-style-type: none"> 系统发育多样性 指示性类群(如鲤科)系统发育多样性 	<ul style="list-style-type: none"> 分类单元数 指示性类群(如鲤科)分类单元数 	<ul style="list-style-type: none"> 第一优势度 前三优势度 香农-威纳指数 辛普森指数 Pielou 均匀度指数 指示性类群(如鲤科)的相对丰度 	<ul style="list-style-type: none"> 敏感性鱼类分类单元数、相对丰度 耐受性鱼类分类单元数、相对丰度 中等耐污鱼类分类单元数、相对丰度

注 1: 表中参数仅为部分适用候选参数, 可以根据评价区特点和监测能力增加或删减。在条件成熟的情况下, 各类群可适当选择功能性指数。

注 2: 着生藻类的耐受性按照《河流水生态环境质量监测与评价技术指南》附录 K, 敏感值≥2.5 为敏感性种类, 敏感值≤1.5 为耐受性种类。

注 3: 大型底栖无脊椎动物的耐受性按照《河流水生态环境质量监测与评价技术指南》附录 J, 耐污值≤4 为敏感性种类, 耐污值≥6 为耐受性种类。EPT 类群指蜉蝣目、襉翅目和毛翅目; ETO 类群指蜉蝣目、毛翅目和蜻蜓目。

注 4: 各类群鱼类的耐受性根据地方动物志和研究结果确定。

注 5: 表中加粗的指数为定性指数。

表C.2 适用于湖库浮游植物、浮游动物、大型底栖无脊椎动物及鱼类的部分候选参数

类群	系统发育多样性	丰富度	物种组成	耐受性
浮游植物	<ul style="list-style-type: none"> ● 系统发育多样性 ● 指示性藻类(真核藻类、蓝藻、绿藻、硅藻、隐藻)系统发育多样性 	<ul style="list-style-type: none"> ● 分子分类单元数 ● 指示性藻类(真核藻类、蓝藻、绿藻、硅藻、隐藻)分子分类单元数 	<ul style="list-style-type: none"> ● 真核藻类第一优势度 ● 蓝藻第一优势度 ● 真核藻类前三优势度 ● 蓝藻前三优势度 ● 香农-威纳指数 ● 辛普森指数 ● Pielou 均匀度指数 ● 指示性藻类(真核藻类、蓝藻、绿藻、硅藻、隐藻)相对丰度 	<ul style="list-style-type: none"> ● 耐受性分子分类单元数、相对丰度 ● 敏感性分子分类单元数、相对丰度 ● 耐酸性(pH<6)分子分类单元数、相对丰度 ● 耐碱性(pH>8)分子分类单元数、相对丰度 ● 嗜中性(6≤pH≤8)分子分类单元数、相对丰度
浮游动物	<ul style="list-style-type: none"> ● 系统发育多样性 ● 枝角类系统发育多样性 ● 桡足类系统发育多样性 ● 轮虫系统发育多样性 ● 原生动物系统发育多样性 	<ul style="list-style-type: none"> ● 分子分类单元数 ● 枝角类分子分类单元数 ● 桡足类分子分类单元数 ● 轮虫分子分类单元数 ● 原生动物分子分类单元数 	<ul style="list-style-type: none"> ● 第一优势度 ● 前三优势度 ● 香农-威纳指数 ● 辛普森指数 ● Pielou 均匀度指数 ● 枝角类相对丰度 ● 桡足类相对丰度 ● 轮虫相对丰度 ● 原生动物相对丰度 	<ul style="list-style-type: none"> ● 耐受性分子分类单元数、相对丰度 ● 敏感性分子分类单元数、相对丰度
大型底栖无脊椎动物	<ul style="list-style-type: none"> ● 系统发育多样性 ● 指示性类群(软体动物、甲壳纲、水生昆虫、寡毛纲、摇蚊科、颤蚓科等)系统发育多样性 	<ul style="list-style-type: none"> ● 分子分类单元数 ● 指示性类群(软体动物、甲壳纲、水生昆虫、寡毛纲、摇蚊科、颤蚓科等)分子分类单元数 	<ul style="list-style-type: none"> ● 第一优势度 ● 前三优势度 ● 香农-威纳指数 ● 辛普森指数 ● Pielou 均匀度指数 ● 指示性类群(软体动物、甲壳纲、水生昆虫、寡毛纲、摇蚊科、颤蚓科等)相对丰度 	<ul style="list-style-type: none"> ● BMWP 指数 ● BI 指数 ● 敏感性分子分类单元数、相对丰度 ● 耐受性分子分类单元数、相对丰度 ● EPT 分子分类单元数、相对丰度 ● ETO 分子分类单元数、相对丰度
鱼类	<ul style="list-style-type: none"> ● 系统发育多样性 ● 指示性类群(如鲤科)系统发育多样性 	<ul style="list-style-type: none"> ● 分子分类单元数 ● 指示性类群(如鲤科)分子分类单元数 	<ul style="list-style-type: none"> ● 第一优势度 ● 前三优势度 ● 香农-威纳指数 ● 辛普森指数 ● Pielou 均匀度指数 ● 指示性类群(如鲤科)的相对丰度 	<ul style="list-style-type: none"> ● 敏感性鱼类分子分类单元数、相对丰度 ● 耐受性鱼类分子分类单元数、相对丰度 ● 中等耐污鱼类分子分类单元数、相对丰度

注 1: 表中参数仅为部分适用候选参数, 可以根据评价区特点和监测能力增加或删除。在条件成熟的情况下, 各类群可适当选择功能性指数。

注 2: 大型底栖无脊椎动物的耐受性按照《河流水生态环境质量监测与评价技术指南》附录 J, 耐污值≤4 为敏感性种类, 耐污值≥6 为耐受性种类。EPT 类群指蜉蝣目、襁翅目和毛翅目; ETO 类群指蜉蝣目、毛翅目和蜻蜓目。

注 3: 各类群鱼类的耐受性根据地方动物志和研究结果确定。

注 4: 表中加粗的指数为定性指数。

附录 D
(规范性)
单一生物评价指数的等级判定方法

D.1 干扰强度

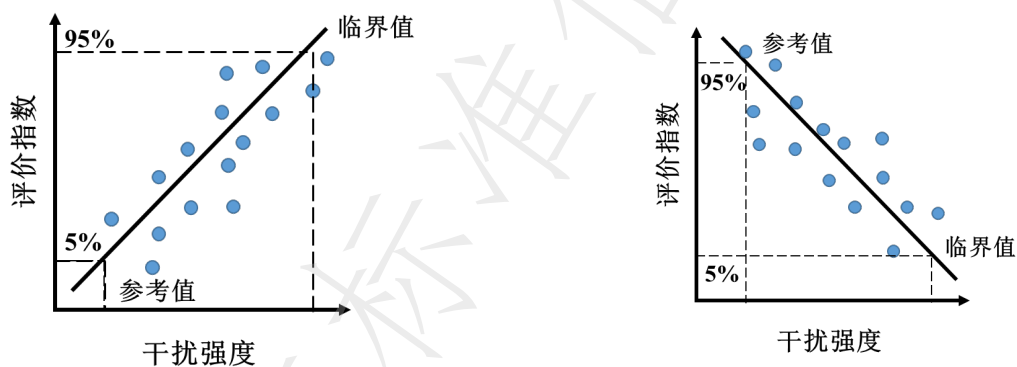
定量评估监测区域所有监测点位的人为干扰强度，如土地利用程度、环境污染程度等。

D.2 生物评价指数

计算基于环境DNA淡水生物监测的评价指数。

D.3 参考值和临界值获取

参考值表示可接受的低干扰强度下的评价指数值，临界值则表示高干扰强度下的评价指数值，见图D.1。在a)图中参考值应该为较低的指数值，临界值为较高的指数值；在b)图中则是参考值为较高的指数值，临界值为较低的指数值。



a) 生物评价指标和干扰强度呈显著正相关

b) 生物评价指标和干扰强度呈显著负相关

图D.1 生物评价指标对干扰的响应示意图

D.4 标准化

按照公式 (D.1) 对生物评价指数值进行标准化。

$$B = 1 - \frac{|\text{参考值} - \text{观测值}|}{|\text{参考值} - \text{临界值}|} \dots\dots\dots (D.1)$$

D.5 等级划分

根据标准化值划分评价等级为5级，由高到低分别为：优秀、良好、中等、较差、很差，见表D.1。

表D.1 单一生物评价指数的分级标准

等级	优秀	良好	中等	较差	很差
标准化值	$B \geq 0.8$	$0.6 \leq B < 0.8$	$0.4 \leq B < 0.6$	$0.2 \leq B < 0.4$	$B < 0.2$