

# DB42

湖 北 省 地 方 标 准

DB42/T 2044—2023

## 城市湖泊水生态修复工程成效评估规程

Regulations for effectiveness evaluation of urban lake water ecology  
remediation projects

2023 - 06 - 27 发布

2023 - 08 - 27 实施

湖北省住房和城乡建设厅  
湖北省市场监督管理局

联合发布



## 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 评估原则和 workflow .....	2
4.1 评估原则 .....	2
4.2 评估流程 .....	2
5 成效评估 .....	3
5.1 指标选择 .....	3
5.2 调查监测 .....	4
5.3 水生态环境质量评价 .....	5
5.4 成效评估方法 .....	6
6 报告编制 .....	6
附录 A (资料性) 调查监测方法 .....	8
A.1 水质调查监测 .....	8
A.2 沉积物样品采集方法 .....	8
A.3 水生态调查方法 .....	8
附录 B (资料性) 指标权重评分 .....	1
B.1 专家打分法 .....	1
附录 C (资料性) 评分标准 .....	3
C.1 水质类别 .....	3
C.2 叶绿素 a (C2) .....	3
C.3 综合营养状态指数 TLI .....	3
C.4 透明度 .....	4
C.5 沉积物综合污染指数 .....	4
C.6 沉积物有机污染指数 .....	5
C.7 浮游植物密度 .....	5
C.8 沉水植物覆盖度 .....	5
C.9 底栖动物 BI 指数 .....	6
C.10 感官满意度 .....	6
C.11 景观满意度 .....	6
附录 D (资料性) 条文说明 .....	8
D.1 指标选择说明 .....	8
D.2 指标层赋分说明 .....	8
参考文献 .....	10



## 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。

本文件由湖北省住房和城乡建设厅提出并归口。

本文件起草单位：武汉市市政建设集团有限公司、中国科学院水生生物研究所、武汉市桥梁工程有限公司、湖北省生态环境科学研究院（省生态环境工程评估中心）、生态环境部长江流域生态环境监督管理局生态环境监测与科学研究中心、长江水利委员会长江科学院、武汉航发瑞华生态科技有限公司。

本文件主要起草人：程华强、吴辰熙、肖典鳌、田久晖、陈晓飞、蔡明霞、胡胜华、朱思姘、黄小龙、林莉、熊雄、蔡俊雄、曾宏辉、刘剑彤、凌海波、潘红、李晓明、舒飞超、王宝强、彭超、卢胜红。

本文件实施应用中的疑问，可咨询湖北省住房和城乡建设厅，联系电话：027-68873088，邮箱：[mail.hbszjt.net.cn](mailto:mail.hbszjt.net.cn)。对本文件的有关修改意见建议请反馈至武汉市市政建设集团有限公司，联系电话：027-84787001，邮箱：[1344007246@qq.com](mailto:1344007246@qq.com)。



# 城市湖泊水生态修复工程成效评估规程

## 1 范围

本文件规定了城市湖泊水生态修复工程成效评估原则、工作流程、评估方法、评估体系、评估指标及评估涉及的水生态环境调查监测技术要求。

本文件适用于湖北省城市范围内的浅水湖泊水生态修复工程的成效评估。通过对比城市湖泊水生态修复工程实施前后湖泊水生态环境质量的改善程度，来评估城市湖泊水生态修复工程的成效。

## 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。

- HJ 91.2 地表水环境质量监测技术规范
- HJ 494 水质 采样技术指导
- 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

#### 城市湖泊 urban lakes

指位于城市城区范围内，地表洼地积水形成的水面宽阔、流速缓慢的水体，包括城市城区范围内的天然湖泊和人工湖泊。

### 3.2

#### 生物多样性 biodiversity

指所有来源的活的生物体中的变异性，这些来源包括陆地、海洋和其它水生生态系统及其所构成的生态综合体等，这包含物种内部、物种之间和生态系统的多样性。

### 3.3

#### 富营养化 eutrophication

指水体接纳过量的氮、磷等营养性物质，使藻类以及其它水生生物异常繁殖，造成水质恶化，生态系统和功能受到阻碍和破坏的现象。

### 3.4

#### 生境 habitat

生境指生物的个体、种群或群落生活地域的环境。对于城市湖泊，生境是指水生生物栖息之处的非生物环境条件。

### 3.5

#### 浮游植物 phytoplankton

即自养的浮游生物，包括所有生活在水中营浮游生活方式的微小植物，通常就是指浮游藻类。

### 3.6

**沉水植物** submerged macrophyte

是指在大部分生活周期中植株沉水生活、根生底质中的植物生活型。

### 3.7

**底栖动物** zoobenthos

是指生活史的全部或大部分时间生活于水体底部的水生动物群。

### 3.8

**水生态修复工程** water ecological remediation project

是在生态学原理的指导下，以生物修复为基础，结合各种物理修复、化学修复等技术措施的水生态环境质量改善工程。

### 3.9

**水生态修复工程成效评估** effectiveness evaluation of the water ecological remediation project

对某一具体水生态修复工程完成后湖泊水生态环境质量改善状况开展的定量分析和评价。

### 3.10

**水生态环境质量** water eco-environment quality

以生态学理论为基础，在特定的时间和空间范围内，水体不同尺度生态系统的组成要素总的性质及变化状态。

### 3.11

**对照区** reference area

是指湖泊范围内未开展水生态修复工程并且与工程影响区域具有类似环境特征的区域。

## 4 评估原则和工作流程

### 4.1 评估原则

#### 4.1.1 科学客观

调查监测采用标准方法，应能客观反映湖泊水生态修复工程实施对湖泊水生态环境的影响；选取合适的评估指标，应能客观地描述湖泊水生态环境状况，并能够清晰的指示湖泊水生态环境受到的环境压力及影响程度；评估方法应综合考虑不同指标的重要性，量化评估湖泊水生态修复工程成效。

#### 4.1.2 简明实用

注重评估过程的可行性和可操作性，结合湖泊水生态修复工程关注的重点，兼顾调查监测的便利性、高效性和经济性，选取最能体现湖泊水生态环境状况的评价指标构建湖泊水生态质量评价和水生态修复工程成效评估体系。

#### 4.1.3 注重实效

以服务城市湖泊水生态环境保护与修复工作为目的，成效评估能够客观反映水生态修复工程效果，同时能为城市湖泊水生态环境修复及维护管理提供科学指导。

### 4.2 评估工作流程

#### 4.2.1 工作流程

城市湖泊水生态修复工程成效评估工作流程分为以下几步：技术准备→调查监测→成效评估→报告编制。城市湖泊水生态修复工程成效评估工作流程见图1。

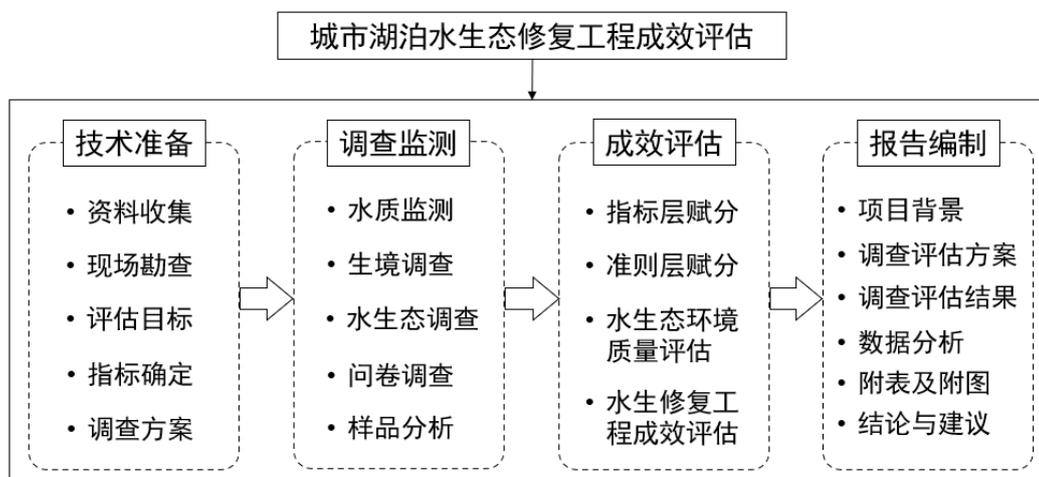


图1 城市湖泊水生态修复工程成效评估工作流程

#### 4.2.2 技术准备

针对具体城市湖泊水生态修复工程，收集开展水生态修复工程城市湖泊的水生态环境历史数据、项目可行性研究报告、初步设计等项目相关资料。根据项目目标，明确评估范围，提出评估专项调查监测技术方案，形成城市湖泊水生态修复工程成效评估工作大纲。

#### 4.2.3 调查监测

根据技术准备阶段确定的调查监测技术方案，开展现场调查监测，分析测定评估指标。

#### 4.2.4 成效评估

参考本标准建立的成效评估方法（见本文件第5节）对具体湖泊水生态修复工程进行成效评估。

#### 4.2.5 报告编制

系统整理相关数据，评估湖泊水生态修复工程成效，编制湖泊水生态修复工程成效评估报告

### 5 成效评估

#### 5.1 指标选择

根据评估原则，筛选出城市湖泊水生态环境质量评价关键指标。指标体系由目标层（A）、准则层（B）、指标层（C）构成，包括1个目标层，4个准则层，和11个指标层指标，其中必选指标8个，备选指标3个。城市湖泊水生态环境质量评价指标见表1。

表1 城市湖泊水生态环境质量评价指标表

目标层 (A)	准则层 (B)	指标层 (C)	选择	评分项
城市湖泊水生态环境质量	水质 (B1)	水质类别	必选	C1
		叶绿素 a	必选	C2
		综合营养状态指数 TLI	备选	C3
	生境 (B2)	水体透明度	必选	C4
		沉积物综合污染指数	必选	C5
		沉积物有机污染指数	备选	C6
	水生态 (B3)	浮游植物密度	必选	C7
		沉水植物覆盖度	必选	C8
		底栖动物 BI 指数	备选	C9
	公众满意度 (B4)	感官满意度	必选	C10
		景观满意度	必选	C11

## 5.2 调查监测

### 5.2.1 监测点位

监测点位的布设一般根据湖泊水生态修复工程的目标、类型、施工强度和修复范围等因素综合来确定。监测点位应包括湖泊的施工区（生态修复工程影响范围内）和对照区（生态修复工程影响范围外），若工程影响范围为全湖，则不设置对照区。

为了保证点位的全面性和代表性，监测点位应涉及所有的施工范围。对于存在分区治理的生态修复工程，每个工程区内均需布设一定数量的监测点位。每个工程区域监测点位数应根据其面积来确定（表2）。应选择与施工区具有类似环境特征的邻近水域作为对照区，对照区面积应与工程区相似并布设相同数量的监测点位。

监测样点的布设在考虑工程区具体形状的情况下，采用网格布点法均匀布点，样点尽量涵盖工程区影响范围全域，并覆盖不同生境和功能区。

采用GPS或北斗卫星系统对监测点进行定位，坐标一经确定，不得随意更改。

表2 监测点位数

工程影响范围 (km <sup>2</sup> )	范围≤0.1	0.1<范围≤1	1<范围≤5	5<范围≤10	10<范围
监测点位数	≥3	≥5	≥7	≥9	≥12

### 5.2.2 监测时间及频次

原则上至少在城市湖泊水生态修复工程实施前及工程维保期结束后分别开展两次调查监测。调查监测的时段应选在夏、秋等水生植物生长旺盛的季节进行为宜。对于实施前未开展调查监测的城市湖泊，参考技术准备阶段收集的相关资料尽量获取相关数据。根据需要，可在工程维保期结束后对湖泊进行长期跟踪调查监测，并在条件允许的情况下应在春、夏、秋、冬四个季节分别开展调查监测。调查时段应避免干旱、暴雨等极端气候事件的影响。

### 5.2.3 监测方法

水质、沉积物及水生生物采样监测参照HJ 91.2, HJ 494和SL/T 793执行。

### 5.3 水生态环境质量评价

#### 5.3.1 指标权重

城市湖泊水生态环境质量评价各指标建议权重见表3。根据城市湖泊水生态修复工程实际情况，可采用专家打分法进一步确定准则层和指标层权重，详见附录B。

表3 城市湖泊水生态环境质量评价指标权重

目标层 (A)	准则层 (B)	权重	指标层 (C)	权重
城市湖泊水生态环境质量	水质 (B1)	0.30	水质类别 (C1)	0.20
			叶绿素 a (C2)	0.05
			综合营养状态指数 TLI (C3)	0.05
	生境 (B2)	0.25	水体透明度 (C4)	0.10
			沉积物综合污染指数 (C5)	0.10
			沉积物有机污染指数 (C6)	0.05
	水生态 (B3)	0.35	浮游植物密度 (C7)	0.15
			水生维管植物覆盖度 (C8)	0.15
			底栖动物 BI 指数 (C10)	0.05
	公众满意度 (B4)	0.10	感官满意度 (C11)	0.05
			景观满意度 (C12)	0.05

注：若备选指标未选取，则将其权重按比例分配给同一准则层内的其它指标。

#### 5.3.2 湖泊水生态环境质量得分

准则层总分计算公式，见公式 (1)：

$$Score_j = \frac{\sum_{i=1}^n Score_i \times R_i}{\sum R_i} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$Score_j$ ——第j个准则层总分；

$Score_i$ ——第i个指标得分；

$R_i$ ——第i个指标权重。

城市湖泊水生态环境质量总分 (ULQS) 计算公式，见公式 (2)：

$$ULQS = \sum_{j=1}^n Score_j \times R_j \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$Score_j$ ——第j个准则层总分；

$R_j$ ——第j个准则层权重。

各层次指标评分标准见附录C。

#### 5.3.3 城市湖泊水生态环境质量评价标准

根据城市湖泊水生态环境质量总分分值的大小，将城市湖泊水生态环境质量划分为优秀、良好、一般、较差和很差等五个等级。具体分值和对应的城市湖泊水生态环境质量评价等级见表 4。

表4 城市湖泊水生态环境质量评价标准

城市湖泊水生态环境质量总分 (ULQS)	分级指标和阈值				
	0<ULQS≤20	20<ULQS≤40	40<ULQS≤60	60<ULQS≤80	80<ULQS≤100
评价等级	很差	较差	一般	良好	优秀
质量	湖泊水生态各方面状况极差，系统极不稳定，污染严重，受到干扰恢复能力低，生态风险高	湖泊水生态各方面状况欠佳，系统存在较大风险，污染和受干扰程度明显	湖泊水生态状况一般，一定程度受损，系统承受一定风险，存在污染和干扰	湖泊水生态状况较好，较均衡，生态系统比较稳定，污染轻微，受到一定程度干扰	湖泊水生态状况优，生态系统极稳定，污染少，受干扰程度低

5.4 成效评估方法

通过对比城市湖泊水生态修复工程前后或者工程区与对照区的城市湖泊水生态环境质量 (ULQS)，计算得到城市湖泊水生态环境质量改善指数 (LQI)，根据 LQI 大小来对城市湖泊水生态修复工程成效进行评估。

城市湖泊水生态环境质量改善指数 (LQI) 计算公式，见公式 (3)：

$$LQI = ULQS_a - ULQS_b \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$ULQS_a$ ——为湖泊水生态修复工程后的城市湖泊水生态环境质量；

$ULQS_b$ ——为湖泊水生态修复工程前或者对照区的城市湖泊水生态环境质量；

若调查监测不止一次，城市湖泊水生态环境质量 (ULQS) 取多次调查的平均值。

根据城市湖泊水生态环境质量改善指数 (LQI) 的大小，将城市湖泊水生态修复工程成效分为显著、较好、一般、不显著等四个等级。具体分值和对应的城市湖泊水生态修复工程成效评估等级见表5。

表5 城市湖泊水生态修复工程成效评估标准

城市湖泊水生态环境质量改善指数 (LQI)	分级指标和阈值				
	0<LQI≤10	10 <LQI≤20	20 <LQI≤30	30 <LQI≤40	LQI>40
成效评估等级	不显著	一般	较好	显著	非常显著
注：对于城市水生态修复工程完成后城市湖泊水生态环境质量评价达到优秀的该工程成效评估一律为非常显著。					

6 报告编制

报告内容包括但不限于下列内容：

- a) 基本情况：简要说明评估对象基本情况，包括自然地理、水生态环境特征、生态修复工程概况等。
- b) 评估方案：说明城市湖泊水生态修复工程成效评估指标选择、调查监测方案、评估方法等。
- c) 评估结果：分析调查监测结果、参照本标准开展城市湖泊水生态修复工程成效评估，计算城市湖泊水生态环境质量总分及城市湖泊水生态环境质量改善指数，给出评估结果。

- d) 结论与建议：根据评估结果，做出城市湖泊水生态修复工程成效评估结论，分析工程成效显著或不显著的原因，提出城市湖泊水生态修复合理化建议。

**附录 A**  
**(资料性)**  
**调查监测方法**

### A.1 水质调查监测

#### A.1.1 采集和保存方法

水质样品采集和保存参照HJ 91.2进行。

#### A.1.2 指标测定

水体透明度监测点位应避开湖滨浅水区并参照SL 87测定。

叶绿素a参照HJ 897测定。

水质监测指标为溶解氧、高锰酸盐指数(COD<sub>Mn</sub>)、五日生化需氧量(BOD<sub>5</sub>)、氨氮、总磷和总氮等六项。分析方法参照相关国家标准方法完成(见表A.1)。

**表A.1 水质指标分析方法**

序号	项目	分析方法参考标准
1	溶解氧	HJ 506
2	高锰酸盐指数	GB 11892
3	氨氮	HJ 535或HJ 536
4	总磷	GB 11893
5	总氮	HJ 636

### A.2 沉积物样品采集方法

#### A.2.1 采集和保存方法

沉积物样品采集参照HJ 494执行。用抓斗、采泥器或钻探装置采集表层沉积物样品。采样前,用水样冲洗采样器,采样时避免搅动底部沉积物。沉积物采样量0.5kg~1.0kg(湿重)。样品采集后沥去水分除去砾石、植物等杂物。为保证样品代表性,可在同一采样点多次采集,装入同一容器中混匀。

沉积物样品采集完成后,于-20℃冷冻保存,保存时间不超过180天。

#### A.2.2 指标测定

沉积物监测指标为总磷、总氮和有机质,分析方法参照相关国家标准方法完成(见表A.2)。

**表A.2 沉积物指标分析方法**

序号	项目	分析方法参考标准
1	总磷	HJ 632
2	总氮	HJ 717
3	有机质	GB 9834

### A.3 水生态调查方法

#### A.3.1 浮游植物

### A.3.1.1 采集和保存方法

对浮游植物密度进行定量分析时样品用沉淀法制取。采集指定深度水样或混合水样1000mL，放入广口瓶内，加入10mL的鲁哥氏液固定。水样倒入1000mL的沉淀器静置48小时。吸取上层清液，直至沉淀液约为20mL，转入50mL标本瓶，用上层清液或纯净水冲洗沉淀分液漏斗1次~3次，定容至30mL~50mL。样品贴上注明采样地点、日期、采样点。

### A.3.1.2 种类鉴定和计数

对优势种要求鉴定到种，其它种类至少到属。疑难种类要保存标本以备进一步鉴定。使用浮游生物计数框对浮游植物细胞数进行计数。计数方法采用视野法。预先测定所使用光学显微镜在40X物镜下的视野直径 $D=505\ \mu\text{m}$ ，故视野面积 $S=\pi D^2/4=192442\ \mu\text{m}^2$ 。浮游植物密度结果用ind./L（即个/升）表示。把计数所得结果按下式换算成每升水中浮游植物的数量，具体参见公式（A.1）：

$$N = \frac{A}{A_c} \times \frac{V_w}{v} n \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

N——每升水中浮游植物/原生动物/轮虫的数量（ind./L）；

A——计数框面积（ $\text{mm}^2$ ）；

$A_c$ ——计数面积（ $\text{mm}^2$ ），即视野面积×视野数；

$V_w$ ——1L水样经沉淀浓缩后的样品体积（ml）；

v——计数框体积（ml）；

n——计数所得的浮游植物的个体数或细胞数。

## A.3.2 底栖动物

### A.3.2.1 试剂和器具

试剂：甲醛溶液、乙醇溶液、丙三醇、加拿大树胶、普氏胶等。

器具：彼得森采泥器、箱式采泥器、三角拖网、60目分样筛、白磁盘、解剖针、尖嘴镊、50mL样品瓶、电子天平（精度：0.1mg）、载玻片、盖玻片、显微镜、体式显微镜。

### A.3.2.2 样品的采集与固定

定量采样用开口面积固定的抓斗式采泥器、箱式采泥器等，蚌类等大型底栖动物采集需使用三角拖网。将采集的沉积物用60目分样筛初步筛洗，剩余物装入塑料袋中，置于阴凉处或低温保温箱中，带回实验室挑出动物标本。在挑样工作中，应在标本活体状态中进行，并且在当天内完成挑样，气温较高时需要低温保存样品。对于水栖寡毛类、小型的软体动物和水生昆虫，可直接投入7%甲醛溶液固定。软体动物中大型蚌类，则需要向内脏团中注射7%甲醛溶液并再固定保存。

### A.3.2.3 标本鉴定与计数

软体动物和水栖寡毛类的优势种应鉴定到种，摇蚊科幼虫鉴定到属或种水平，水生昆虫等至少鉴定到科。对于疑难种类应有固定标本，以便进一步分析鉴定。水栖寡毛类和摇蚊幼虫等鉴定时需制片在解剖镜或显微镜下观察，一般用甘油做透明剂。如需保留制片，可用加拿大树胶或普氏胶等封片。按不同种类准确地统计个体数，包括每种的数量和总数量，然后根据采集面积求得底栖动物的密度(ind./ $\text{m}^2$ )。依据多样性计算公式计算底栖动物的生物多样性指数。

## A.3.3 沉水植物

#### A.3.3.1 试剂和器具

带网水草夹、带柄抄网、水草耙、标本夹、吸水纸、镰刀、电子天平等。

#### A.3.3.2 样品的采集

采样点周围10m范围内布设3个~6个样方，样方大小一般为 $0.25\text{m}^2\sim 1\text{m}^2$ 。用采样框、水草定量夹、带柄手抄网、采样耙、抓钩、镰刀等工具采集样方内的所有沉水植物。去除枯死的枝、叶及杂质，用吸水纸去除植物体表的水分，放入编有号码的样品袋内。按不同物种分别计数株数、测量鲜重及平均株长。

#### A.3.3.3 盖度测算

采集尽可能多的样方，求出单位面积内的盖度，由调查样方内的植被面积推算出工程区域所有水生植物的总盖度。盖度的计算为样方内沉水植物的分布面积与样方面积的比值。也可利用遥感或无人机监测对工程区域沉水植物覆盖度进行估算。

**附录 B**  
**(资料性)**  
**指标权重评分**

**B.1 专家打分法**

本文件采用专家打分法对相关指标权重进行评分。专家打分法概念清晰、简单易行，可抓住城市水生态修复工程成效评估的关键要点。将指标做成调查表，邀请专家进行打分，分值越高表示越重要。要求所邀请专家来自生态学、环境工程、水生生物学等相关专业领域，参与打分专家人数不少于5人且具有副高级及以上专业技术职称。

准则层专家打分表见表B.1。所有专家打分结果的平均值除以100作为准则层指标的权重系数。

**表B.1 城市湖泊水生态环境质量评价准则层评分专家打分表**

项目名称					
专家姓名:	单位:	专业:	职称:	电话:	
评分方式	根据指标对城市水生态环境质量评价的重要程度进行评分 各项指标评分合计总分为100分				
准则层 (B)	水质 (B1)	生境 (B2)	水生态 (B3)	公众满意度(B4)	合计
评分					100

指标层专家打分表见表B.2。所有专家打分结果的平均值除以100再乘以所在准则层权重系数作为指标层指标的权重系数。

表B.2 城市湖泊水生态环境质量评价指标层评分专家打分表

项目名称				
专家姓名:	单位:	专业:	职称:	电话:
评分方式	根据指标对城市水生态环境质量评价的重要程度进行评分 每一准则层内的各项指标层指标评分合计总分为 100 分			
准则层 (B)	指标层 (C)		评分	
水质 (B1)	水质类别 (C1)			
	叶绿素 a (C2)			
	综合营养状态指数 TLI (C3)			
	合计		100	
生境 (B2)	水体透明度 (C4)			
	沉积物综合污染指数 (C5)			
	沉积物有机污染指数 (C6)			
	合计		100	
水生态 (B3)	浮游植物密度 (C7)			
	沉水植物覆盖度 (C8)			
	底栖动物 BI 指数 (C9)			
	合计		100	
公众满意度 (B4)	感官满意度 (C10)			
	景观满意度 (C11)			
	合计		100	

## 附录 C (资料性) 评分标准

### C.1 水质类别

水质评价参照GB 3838，根据不同功能分区水质类别的标准限值，进行单因子评价（其中水温和 pH 不作为评价指标）。水质监测指标为溶解氧、高锰酸盐指数（COD<sub>Mn</sub>）、五日生化需氧量（BOD<sub>5</sub>）、氨氮、总磷和总氮等六项。根据湖泊水质考核目标及水质现状进行评分，评分标准参见表C.1。若水质类别达到或优于湖泊水质管理目标，则无需参考表C.1，一律判为100分。

表C.1 水质类别及评分

水质类别	I类	II类	III类	IV类	V类	劣V类
评分	100	100	80	60	40	0

### C.2 叶绿素 a (C2)

叶绿素a是一种包含在浮游植物的多种色素中的重要色素，是估算初级生产力和生物量的指标，也是藻类水华监测的重要指标。根据叶绿素a（Chl. a）浓度进行评分，评分标准参见表C.2。

表C.2 叶绿素 a 浓度及评分

叶绿素 a 浓度 C (μg/L)	C≤10	10≤C≤15	15≤C≤50	50≤C≤100	>100
评分	100	75	50	25	0

### C.3 综合营养状态指数 TLI

综合营养状态指数是反映湖泊富营养化状态的重要指标。具体计算方法如下：

以叶绿素a的状态指数 TLI (Chl. a) 为基准，再选择 TP、TN、COD<sub>Mn</sub>、SD 等与基准参数相近的（绝对偏差较小的）参数的营养状态指数，同 TLI (Chl. a) 进行加权综合，综合加权指数计算见公式 (C.1)：

$$TLI(\Sigma) = \sum_{j=1}^M W_j \times TLI(j) \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

TLI (Σ) ——综合加权营养状态指数；

TLI (j) ——第j种参数的综合营养状态指数；

综合营养状态指数各参数依据公式 (C.2)、(C.3)、(C.4)、(C.5)、(C.6) 计算：

$$TLI(Chl. a) = 10 \times (2.5 + 1.086 \ln Chla) \dots\dots\dots (C.2)$$

$$TLI(TP) = 10 \times (9.436 + 1.624 \ln TP) \dots\dots\dots (C.3)$$

$$TLI(TN) = 10 \times (5.453 + 1.694 \ln TN) \dots\dots\dots (C.4)$$

$$TLI(SD) = 10 \times (5.118 - 1.94 \ln SD) \dots\dots\dots (C.5)$$

$$TLI(COD_{Mn}) = 10 \times (0.109 + 2.661 \ln COD_{Mn}) \dots\dots\dots (C.6)$$

式中：

W<sub>j</sub>——为第j中参数的综合营养状态指数的相关权重，见公式 (C.7)：

$$W_j = \frac{R_{ij}^2}{\sum_{j=1}^M R_{ij}^2} \dots\dots\dots (C.7)$$

式中： $R_{ij}$ 为第  $j$  个参数与基准参数的相关系数， $M$  为与基准参数相近的主要参数的数目， $R_{ij}$  与  $R_{ij}^2$  值见表 C.3。各参数单位：TN、TP 及  $COD_{Mn}$  为 mg/L；叶绿素 a 为 mg/m<sup>3</sup>；SD 为 m。

表C.3 参数与 Chl. a 的相关关系  $R_{ij}$  及  $R_{ij}^2$  值对照表

参数	Chl. a	TP	TN	SD	$COD_{Mn}$
$R_{ij}$	1	0.84	0.82	-0.83	0.83
$R_{ij}^2$	1	0.7056	0.6724	0.6889	0.6889

根据湖泊的综合营养状态指数（TLI）进行评分，评分标准参见表C.4。

表C.4 综合营养状态及评分

营养状态	贫营养	中营养	轻度富营养	中度富营养	重度富营养
综合营养状态指数（TLI）	TLI<30	30≤TLI≤50	50≤TLI≤60	60≤TLI≤70	TLI>70
评分	100	75	50	25	0

C.4 透明度

透明度反映水体的清澈情况，透明度评分标准见表C.5。当工程区水深较浅时，若工程区水深最深区域透明度见底，则一律判为100分。

表C.5 水体透明度及评分

透明度 T (cm)	T≥180	120≤T≤180	80≤T≤120	50≤T≤80	T<50
评分	100	75	50	25	0

C.5 沉积物综合污染指数

采用综合污染指数(FF) 评价表层沉积物总磷（TP）和总氮（TN）污染程度。单项污染指数和综合污染指数计算公式如下：

单项污染指数 $S_{TN}$ 和 $S_{TP}$ 依据公式（C.8）计算：

$$S_i = \frac{C_i}{C_s} \dots\dots\dots (C.8)$$

式中：

$S_i$ ——单项*i*评价指数；

$C_i$ ——评价因子*i*实测值；

$C_s$ ——评价因子*i*标准值（TN的标准值为0.55 g/kg，TP的标准值为0.6 g/kg）。

综合污染指数FF依据公式（C.9）计算：

$$FF = \sqrt{(F^2 + F_{max}^2) / 2} \dots\dots\dots (C.9)$$

式中：

$F$ ——为 $S_{TN}$ 和 $S_{TP}$ 的平均值；

$F_{max}$ ——为 $S_{TN}$ 和 $S_{TP}$ 中最大者。

沉积物综合污染指数（FF）评分标准见表C.6。

表C.6 沉积物综合污染指数及评分

综合污染指数 (FF)	FF<1.0	1.0≤FF≤1.5	1.5≤FF≤2.0	FF>2.0
污染程度	清洁	轻度污染	中度污染	重度污染
评分	100	75	50	0

### C.6 沉积物有机污染指数

采用有机物污染指数 (OI) 评价沉积物有机质污染程度。沉积物有机物污染指数计算公式如下：  
OI依据公式 (C.10) 计算：

$$OI = OC(\%) \times TN(\%) \times 0.95 \dots\dots\dots (C.10)$$

式中：

OI——单项i评价指数；

OC(%)——有机碳含量；

TN(%)——总氮含量。

沉积物有机污染指数 (OI) 评分标准见表C.7。

表C.7 沉积物有机污染指数及评分

沉积物有机污染指数 (OI)	OI<0.05	0.05≤OI≤0.2	0.2≤OI≤0.5	OI>0.5
污染程度	清洁	轻度污染	中度污染	重度污染
评分	100	75	50	0

### C.7 浮游植物密度

采样浮游植物密度评价水华程度。浮游植物密度的对照评分情况见表C.8。

表C.8 浮游植物密度及评分

浮游植物密度 D (个/L)	D<2.0×10 <sup>6</sup>	2.0×10 <sup>6</sup> ≤D<1.0×10 <sup>7</sup>	1.0×10 <sup>7</sup> ≤D<5.0×10 <sup>7</sup>	5.0×10 <sup>7</sup> ≤D<1.0×10 <sup>8</sup>	D>1.0×10 <sup>8</sup>
水华程度	无水华	无明显水华	轻度水华	中度水华	重度水华
评分	100	75	50	25	0

### C.8 沉水植物覆盖度

沉水植物恢复是水生态修复工程的核心内容，工程区域沉水植物盖度依据公式 (C.11) 计算：

$$J = \frac{A}{S} \times 100\% \dots\dots\dots (C.11)$$

式中：

J——工程区域水生植物覆盖度；

A——样方内沉水植物面积，单位：m<sup>2</sup>；

S——样方总面积，单位：m<sup>2</sup>。

沉水植物覆盖度的对照评分情况见表C.9。

表C.9 沉水植物覆盖度及评分

沉水植物覆盖度 J (%)	J≥75	40≤J≤75	10≤J≤40	0<J≤10	J=0
评分	100	75	50	25	0

C.9 底栖动物 BI 指数

底栖动物动物BI指数利用不同的水生大型底栖无脊椎动物对有机污染有不同的敏感性/耐受性与不同类群出现的丰度信息对监测位点水体质量状况进行评价。

底栖动物BI指数依据公式 (C.12) 计算:

$$BI = - \frac{\sum_{i=1}^S n_i t_i}{N} \dots\dots\dots (C.12)$$

式中:

$n_i$ ——第*i*分类单元的个体数;

$t_i$ ——第*i*分类单元的耐污值;

$N$ ——各分类单元的个体总和;

$S$ ——为分类单元数。

物种及耐污值分类单元参数可参照DB42/T 1771表B.4-2。底栖动物BI指数的对照评分情况见表C.10。

表C.10 底栖动物 BI 指数及评分

BI指数	BI≤5.5	5.5<BI≤6.6	6.6<BI≤7.7	7.7<BI≤8.8	BI≥8.8
等级	优	良好	中等	较差	很差
评分	100	75	50	25	0

C.10 感官满意度

感官满意度通过公众问卷调查的方式获得, 指标得分为所有完成打分问卷中感官满意度均值, 问卷对象应涵盖不同年龄层次、不同教育程度及不同年龄阶段的人群, 且优先考虑湖泊周边居民, 有效问卷不少于50份。城市湖泊水生态修复工程成效公众满意度调查表见表C.11。

C.11 景观满意度

景观满意度通过公众问卷调查的方式获得, 指标得分为所有完成打分问卷中感官满意度均值, 问卷对象应涵盖不同年龄层次、不同教育程度及不同年龄阶段的人群, 且优先考虑湖泊周边居民, 有效问卷不少于50份。城市湖泊水生态修复工程成效公众满意度调查表见表C.11。

表C.11 城市湖泊水生态修复工程成效公众满意度调查表

性别	男 <input type="checkbox"/> 女 <input type="checkbox"/>	年龄(岁)	18-30 <input type="checkbox"/> 30-40 <input type="checkbox"/> 40-50 <input type="checkbox"/> 50-60 <input type="checkbox"/> 60以上 <input type="checkbox"/>		
职业	学生 <input type="checkbox"/> 机关干部 <input type="checkbox"/> 科研人员 <input type="checkbox"/> 企业人员 <input type="checkbox"/> 教师 <input type="checkbox"/> 工人 <input type="checkbox"/> 农民 <input type="checkbox"/> 医生 <input type="checkbox"/> 其他(请注明)_____				
学历	初中及以下 <input type="checkbox"/> 高中 <input type="checkbox"/> 专科 <input type="checkbox"/> 本科 <input type="checkbox"/> 研究生 <input type="checkbox"/>				
评分及标准	打分项评分：在各区间内以百分制打分， 如：对该调查项“很满意”则建议在90-100区间内评分。				
	<b>很满意</b>	<b>满意</b>	<b>基本满意</b>	<b>一般</b>	<b>不满意</b>
	(90-100)	(80-90)	(70-80)	(60-70)	(0-60)
感官	分数		景观	分数	
浑浊度			景色		
水色			清水性		
臭味			生态		
漂浮物			综合体验		
平均分			平均分		

## 附录 D (资料性) 条文说明

### D.1 指标选择说明

根据评估原则，筛选出城市湖泊水生态环境质量评价关键指标。所选能够客观全面反映城市湖泊水生态环境质量，兼顾调查监测和分析检测的便利性。指标体系又1个目标层，4个准则层和11个指标层构成。其中，必选指标8个，备选指标3个。

水质准则层包括水质类别、叶绿素a和综合营养状态指数TLI三个指标。其中水质类别反映水环境质量的总体状况并且是水环境质量考核的重要指标，因此作为必选指标。叶绿素a和综合营养状态指数TLI均反映水体的富营养化状况，综合营养状态指数TLI可根据叶绿素a和水质指标换算得到，因此叶绿素a作为必选，综合营养状态指数TLI作为备选。

生境准则层包括水体透明度、沉积物综合污染指数和沉积物有机污染指数三个指标。水体透明度表征水体清澈程度和透光能力，并且影响水体感官和沉水植物的生长，因此作为必选指标。沉积物综合污染指数和沉积物有机污染指数均反映的是沉积物的污染状况，其中沉积物综合污染指数反映的是氮、磷营养元素的污染程度，沉积物有机污染指数反映的是有机质的污染程度。鉴于沉积物氮、磷内源释放对水质影响更大，因此沉积物综合污染指数作为必选，沉积物有机污染指数作为备选。

水生态准则层包括浮游植物密度、沉水植物覆盖度和底栖动物BI指数三个指标。浮游植物密度反映了水体的初级生产力和水华爆发风险，直接关系到水体环境质量好坏，因此作为必选指标。沉水植物是水生态修复工程的核心内容。对于长江中下游浅水湖泊，沉水植物有利于改善水质和维持水生态系统稳定，因此沉水植物覆盖度作为必选指标。底栖动物栖息在水底，能够反映湖泊水体底层及沉积物环境的好坏，其与沉积物综合污染指数存在一定的关联，因此作为备选。

公众满意度指标包括感官满意度和景观满意度两个指标，分别从观感和体验两个方面来评价公众对城市湖泊修复工程的满意程度。

### D.2 指标层赋分说明

#### D.2.1 叶绿素a

叶绿素a是一种包含在浮游植物的多种色素中的重要色素，是估算初级生产力和生物量的指标，也是藻类水华监测的重要指标。由于湖北省城市湖泊大多数情况下水华均为蓝藻水华。因此，参考DB44/T 2261中对蓝藻水华的程度分级中对叶绿素a的限值进行评分。若出现重度水华说明，湖泊生态破坏严重，因此直接判为0分。无水华则直接判为100分。对于无明显水华到中度水华，则分别评分75，50和25。

#### D.2.2 综合营养状态指数TLI

综合营养状态指数是反映湖泊富营养化状态的重要指标。参考生态环境部《湖泊（水库）富营养化评价方法及分级技术规定》采用0~100的一系列连续数字对湖泊（水库）营养状态进行分级。TLI小于30表明水体不存在富营养化问题，因此评分为100；TLI大于70表明水体因处于重度富营养化，因此评分为0。对于中营养到中度营养状态，则分别评分75，50和25。

#### D.2.3 透明度

透明度反映水体的清澈情况，其数值直接影响水体景观效果，并影响湖泊沉水植物的恢复。参考T/CECA 20005-2021透明度指标限值，水体透明度大于180 cm，评分为100；水体透明度小于50 cm，评分

为0。为与其他指标评分尽量保持一致，本文件在T/CECA 20005-2021的基础上对透明度指标分级进行进一步细分。透明度在120 cm~180cm，评分75；透明度在80 cm~120cm，评分50；透明度在60 cm~80 cm，评分25。

#### D.2.4 沉积物综合污染指数

沉积物综合污染指数反映沉积物总磷和总氮污染程度。参考潘雄等2021年发表的论文《洪湖沉积物碳氮磷分布特征及污染评价》，TN的评价标准值为0.55 g/kg，TP的评价标准值为0.6 g/kg。若监测评价结果为清洁，评分为100，若监测评价结果为重度污染，评分为0。对于轻度和中度污染程度，分别评分为75和50。

#### D.2.5 沉积物有机污染指数

沉积物综合污染指数反映沉积物中有机质污染程度。同样参考潘雄等2021年发表的论文《洪湖沉积物碳氮磷分布特征及污染评价》。若监测评价结果为清洁，评分为100，若监测评价结果为重度污染，评分为0。对于轻度和中度污染程度，分别评分为75和50。

#### D.2.6 浮游植物密度

浮游植物密度能够反映湖泊水华程度。参考HJ 1098中基于藻密度评价的水华程度分级标准。无水华评分为100，重度水华评分为0。对于无明显水华到中度水华程度，分别评分为75，50和25。

#### D.2.7 沉水植物覆盖度

沉水植物覆盖度反映湖泊水生态系统完整性，是湖泊水生态修复的核心内容。参考DB42/T 1771大型水生植物覆盖度评估评分标准表对沉水植物覆盖度进行评分。高度覆盖评为100分，基本难以观测到水生植物评为0分，中度覆盖、低度覆盖和植被稀疏分别评为75，50和25分。

#### D.2.8 底栖动物BI指数

底栖动物BI指数利用不同的水生大型底栖无脊椎动物对有机污染有不同的敏感性/耐受性与不同类群出现的丰度信息对监测位点水体质量状况进行评价。参照DB42/T 1771对其进行评分。从很差到优秀，分别评分为0，25，50，75和100。

### 参 考 文 献

- [1] GB 3838 地表水环境质量标准
  - [2] GB 9834 土壤有机质测定法
  - [3] GB 11892 水质 高锰酸盐指数的测定
  - [4] GB 11893 水质 总磷的测定 钼酸铵分光光度法
  - [5] HJ 505 水质 五日生化需氧量 (BOD<sub>5</sub>) 的测定 稀释与接种法
  - [6] HJ 506 水质 溶解氧的测定 电化学探头法
  - [7] HJ 535 水质 氨氮的测定 纳氏试剂分光光度法
  - [8] HJ 536 水质 氨氮的测定 水杨酸分光光度法
  - [9] HJ 632 土壤 总磷的测定 碱熔-钼锑抗分光光度法
  - [10] HJ 636 水质 总氮的测定 碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法
  - [11] HJ 717 土壤质量 全氮的测定 凯氏法
  - [12] HJ 897 水质 叶绿素a 的测定 分光光度法
  - [13] HJ 1098 水华遥感与地面监测评价技术规范 (试行)
  - [14] SL 87 透明度的测定 (透明度计法、圆盘法)
  - [15] DB42/T 1771 湖北省河湖健康评估导则
  - [16] DB44/T 2261 水华程度分级与监测技术规程
  - [17] T/CECA 20005-2021 景观水水质标准
  - [18] 《洪湖沉积物碳氮磷分布特征及污染评价》
  - [19] 《湖泊 (水库) 富营养化评价方法及分级技术规定》
-