

ICS 13.020.01

CCS P56

DB42

湖北省地方标准

DB 42/ TXXXXX—XXXX

城市水生态修复工程成效评估规程

Regulations for Effectiveness Evaluation of Urban Water Ecological Remediation Projects

(征求意见稿)

2022 - XX - XX 发布

2022 - XX - XX 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.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 评估原则和工作流程.....	2
4.1 评估原则.....	2
4.2 工作流程.....	3
5 城市水生态修复工程成效评估和评估指标.....	5
5.1 一般规定.....	5
5.2 成效评估指标.....	5
6 水环境和水生生物调查监测.....	6
6.1 监测点位布设.....	6
6.2 监测内容与方法.....	7
6.3 监测时间与频次.....	7
7 城市水生态修复工程成效评估方法.....	7
7.1 评估方法.....	8
7.2 评估指标体系及指标权重.....	9
7.3 评估参照.....	9
7.4 评估结果分析.....	9
8 质量保证与质量控制.....	9
附录 A.....	12
A.1 城市水生态修复工程内容.....	12
附录 B.....	14
B.1 评估指标解释与赋分标准.....	14
附录 C.....	21
C.1 水环境水质样品采集方法.....	21
C.2 水环境沉积物样品采集方法.....	21
C.3 水生生物调查方法.....	21
附录 D.....	25
D.1 评估指标 AHP 分析基本步骤.....	25

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。

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、武汉航发瑞华生态科技有限公司、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。

本文件主要起草人：程华强、胡胜华、吴辰熙、刘剑彤、蔡俊雄、凌海波、陈晓飞、黄小龙、林莉、田久晖、高云、熊雄、朱思娅、孙哲明、孙紫童、曾宏辉、王宝强、卢胜红、冯智、周旋、李晓明、舒飞超、江挺、丁子豪、尤国强、张小梅、梅劲明、彭超、叶芸。

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。在执行过程中如有意见和建议请邮寄至武汉市市政建设集团有限公司（地址：武汉市沌口经济开发区春晓路6号，邮编430000）。

城市水生态修复工程成效评估规程

1 范围

本文件规定了城市水生态修复工程成效评估术语及定义、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环境及水生生物调查监测的技术要求。

本文件适用于对湖北省城市湖泊开展的水生态修复工程的成效评估，城郊湖泊可依据实际背景，选择性参照本文件。评估规程不适用于具体某一个或多个生态修复工程措施的评估需求，而是通过对城市湖泊系统生态状况的评估反映生态工程实施的整体成果和效用。

本文件所述的城市水生态修复工程成效评估除应符合本文件的规定外，尚应符合国家、行业和湖北省现行有关标准、规范的规定。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 3838 地表水环境质量标准

GB 28742 污水处理设备安全技术规范

HJ 192 生态环境状况评价技术规范

HJ 710.8 生物多样性观测技术导则 淡水底栖大型无脊椎动物

HJ 710.12 生物多样性观测技术导则 水生维管植物

HJ 2005 人工湿地污水处理工程技术规范

HJ 2006 污水混凝与絮凝处理工程技术规范

HJ 2008 污水过滤处理工程技术规范

HJ 2009 生物接触氧化法污水处理工程技术规范

SL 395 地表水资源质量评价技术规程

SL 613 水资源保护规划编制规程

SL 709 河湖生态保护与修复规划导则

SLT 793 河湖健康评估技术导则

SL2193 水环境监测规范

3 术语和定义

3.1 城市湖泊 urban lakes

城市湖泊指位于城市城区的浅水型湖泊，是具有提供休闲场所、景观作用、地表水与地下水调蓄、生物多样性的保护、气候调节、环境净化等功能的湖泊。

3.2 城市水生态修复工程 urban water ecological remediation projects

指对城市湖泊已经退化或损坏的水生态系统进行恢复、修复，使其生态系统基本达到原有水平或超过原有水平，并保持其长久稳定的工程措施，一般不包括仅以物理、化学手段为主的市政工程。

3.3 水生态修复工程成效评估

指一定区域内，水体经过一定时间内某个或一系列水生态修复工程的实施后，采用科学合理的方法，对工程实施后生态系统得到恢复这一目标的完成程度和可衡量的工作成效进行量化分析和评价。

3.4 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、海洋和其他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。

3.5 富营养化 eutrophic status

一种氮、磷等植物营养物质含量过多所引起的水质污染现象，藻类将大量繁殖，使水生生物种群种类数量发生改变，水体的生态平衡被破坏。

3.6 生境 habitat

生境由生物生活的空间和其中生态因子组成，是生命支持系统。根据待修复城市湖泊生态系统的特点，可以将生境要素分为沉积物要素、水文要素、水动力要素等。因水生生境的特殊性，水质要素单独组成水环境，不作为生境的要素之一。

4 评估原则和工作流程

4.1 评估原则

4.1.1 公平性与真实性原则

水生态修复工程成效评估涉及到多方关系，评估工作必须坚持公正性与独立性，使结果真实可靠地反映生态恢复工程的成效。

4.1.2 生态优先原则

评估水生态修复工程成效，必须优先考虑生态指标，以生态学原理为基础，以有益于生态系统

恢复为宗旨，以有助于人与生态协调发展为目标。

4.1.3 科学性与完整性原则

以真实数据为依据，选择适用的标准，采取适当的方法，制定科学的评估方案，综合考虑影响评估流程和结果的因素并对项目成效做出最终判断，保障成效评估结果的完整性和科学性。

4.2 工作流程

城市水生态修复工程成效评估流程主要分为以下几步：（1）评估项目解析；（2）数据收集；（3）水生态修复工程成效评估；（4）结果分析及报告生成。工作流程示意图见图 1。

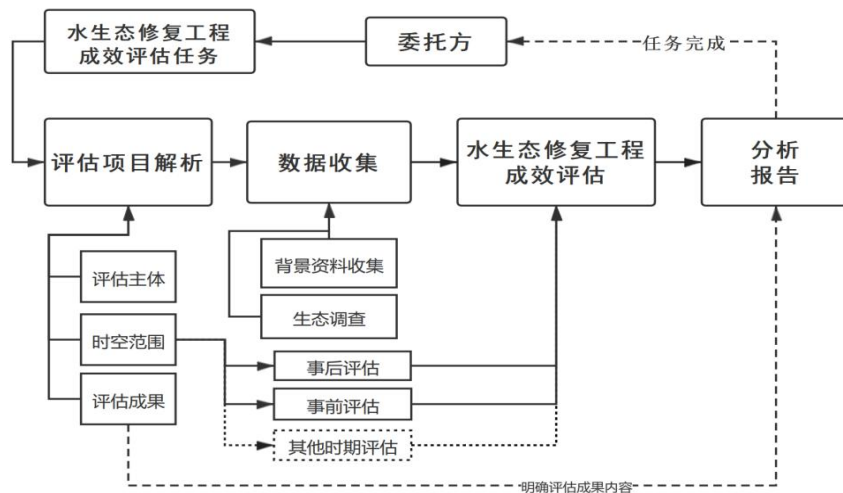


图 1 工作流程图

4.2.1 评估项目解析

对城市水生态修复工程成效评估项目进行解析，了解评估主体的基本情况，时空范围、被评估工程的目标和委托方对需要提交的成效评估结果要求（见表 1）。完成任务解析是对城市水生态修复工程进行成效评估的基本前提，有助于在评估前对评估任务形成清晰认识，有利于后续工作开展并形成精准有效的评估成果。

4.2.1.1 明确评估的主体

评估主体包括评估对象、具体实施的水生态修复工程和工程实施后所期望的生态恢复目标。

4.2.1.2 界定空间范围

确定评估涉及的空间范围，包括水生态修复工程预期影响的范围和评估的评价范围。其目的是保证工程成效评估的评价范围不小于工程预计影响范围。

4.2.1.3 建立时间参考系

评估时间一般由委托方确定。建议以重要时间节点建立时间参考系，包括项目筹备期，实施期，

完工验收期，维护运行期。评估中应依据实际需求和客观条件进行时间节点选择。一般来说，可以选用项目筹备期作为事前评估节点，以此时评估结果作为比较基准，可另选用完工验收期作为事后评估节点，以此时的评估结果与事前评估结果对照，反映工程实施后成效。

注意：本文件评估方法建议至少选取两个合适的时段分别开展事前评估与事后评估。其他节点是否纳入评估任务取决于委托方。

4.2.1.4 确定成效评估任务成果

成果包括基本的成效评估报告，或其他委托方要求的内容，具体内容见表 1。

表 1 评估项目解析表

任务解析	内容	确定依据
评估主体	评估对象	任务书/委托方
	具体工程	项目报告/施工方
	具体生态恢复目标	项目报告/施工方
空间范围	工程影响范围	项目报告/施工方
	评价范围	任务书/委托方
时间参考系	事前评估节点	委托方选择某个时段作为事前评估节点
	事后评估节点	委托方选择某个时段作为事后评估节点
	其他关键时间点	委托方决定是否纳入其他节点
成果	成效评估报告	成效评估体系
	其他	任务书/委托方

4.2.2 数据收集

对评估的湖泊或湖泊区域进行数据收集，包括背景数据收集和生态调查，是进行水生态修复工程成效评估的事实依据。其目的是掌握湖泊或湖泊某区域水生态环境背景。

在评估开始前，根据评估需要，收集评估对象的背景数据，具体数据来源等参照附录 B 并根据第 4.2.1 节中评估所需的时间点明确数据收集的时间范围。

在评估过程中，需要开展现场采样调查，全面掌握评估对象的水质和水生态现状，为后续评估提供数据支持。具体内容规范和调查方法见本文件第 6 节水环境和水生生物监测和附录 C。

4.2.3 水生态修复工程成效评估

评估主体后，收集所需数据，依照进行水生态修复工程成效评估。具体成效评估方法见本文件第 7 节城市湖泊水生态修复工程成效评估方法。

4.2.4 分析与报告

完成水生态成效评估后，对比两次或多次成效评估结果，进行结果分析和撰写报告，并按照成效评估任务的委托方要求反馈成效评估结果。评估成果一般包括一定阶段生态恢复工程成效的量化总结和总体评价，并反映区域内生态恢复工作的不足，对之后的生态恢复规划提供指导。

5 城市水生态修复工程成效评估和评估指标

5.1 一般规定

本文件针对性地评估以城市湖泊水域为主体开展的水生态修复工程的成效。城市水生态修复工程内容参见附录 A。

5.2 成效评估指标

5.2.1 成效评估指标选择与体系构建

根据层次分析法，选择能反映城市湖泊水生态修复成果的关键指标，并以此为依据进行城市水生态修复工程成效评估。评估指标体系由目标层（A）、准则层（B）、指标层（C）构成，包括 1 个目标层，4 个准则层，和 19 个指标层指标，见表 2。

5.2.2 水生态修复工程成效评估指标与数据源

5.2.2.1 准则层指标

水生态修复工程成效从四个方面进行评估，分别是水环境改善，生境修复，水生态恢复和公众满意度，分别对应评估体系的 4 个准则层。

其中水环境改善成效指标主要评估工程实施后水质提升与富营养化的控制现状，反映整体营养状态水平和水质优劣。

生境修复成效指标主要评估工程实施后城市湖泊生境修复现状，反映生物赖以生存的资源 and 环境的完备程度和优劣状况，主要对水连通性、水量、底泥等条件方面进行综合考察。

水生态恢复成效指标主要以水生生物相关指标反映工程实施后生态恢复状况。水生生物主要包括浮游植物、浮游动物、底栖生物和水生植物类群。

公众满意度指标主要评估工程实施后水生态系统的社会公众效益，量化公众对生态修复工程效果的满意程度。

5.2.2.2 指标层指标

评估指标依据准则层的评估需求进行选取。

指标选取偏向于可操作性高，可行性高，易于被实际采用的指标；更倾向于能够有效量化具体的生态修复生态工程成效并具有区分度和指向性的指标，可通过可直接赋值量化，也可间接赋值量化。指标间相互补充，充分体现湖泊水生态环境的整体性和协调性。

5.2.2.3 数据来源

评估指标与对应数据源见表 2。成效评估的主要数据来源为水环境调查与水生生物调查，具体

解释说与调查方法明参见附录 B 和附录 C；物理结构数据和水文数据应以监测统计资料或得到政府主管部门认可的最近一个完整统计年度的公报、公文数据为依据；问卷数据应保障调查范围和调查样本量。

表 2 水生态修复工程成效评估指标与数据源一览表

目标层 (A)	准则层 (B)	指标层 (C)	评分项	数据来源
水生态修复 工程成效	水环境改善成效 (B1)	溶解氧	C1	水环境调查
		综合营养状态指数 TLI	C2	水环境调查+综合计算
		总磷	C3	水环境调查
		氨氮	C4	水环境调查
		高锰酸盐指数	C5	水环境调查
	生境修复成效 (B2)	透明度	C6	水环境调查
		沉积物总氮指数	C7	水环境调查+综合计算
		沉积物总磷指数	C8	水环境调查+综合计算
		沉积物有机质指数	C9	水环境调查+综合计算
		生态水位满足程度	C10	水文数据+综合计算
		湖泊连通指数	C11	水文数据+综合计算
	水生态恢复成效 (B3)	浮游植物密度	C12	水生生物调查
		叶绿素 a	C13	水环境调查
		浮游动物多样性指数	C14	水生生物调查+综合计算
		底栖动物 BI 指数	C15	水生生物调查+综合计算
		大型水生植物覆盖度	C16	水生生物调查+综合计算
	公众满意度 (B4)	感官满意度	C17	问卷调查+结果汇总
		体验满意度	C18	问卷调查+结果汇总
		景观满意度	C19	问卷调查+结果汇总

6 水环境和水生生物调查监测

6.1 监测点位布设

监测点位的布设一般根据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。具体实施细节应参考标准《SL 219 水环境监测规范》中的相关表述。

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），若为全湖施工，则不设置对照区。

为了保证点位的全面性和代表性，施工区应设置不少于 3 个监测点位，并根据施工区面积确定具体的样点数，具体样点数规定见表 3。对照区样点数不少于 3 个。

监测样点的布设在考虑工程影响范围具体形状的情况下，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 3 监测点位数确定依据

工程影响范围面积	样点数(不少于)
<1km ²	3
1-5km ²	6
5-10km ²	9
10-20km ²	12
>20 km ²	15

6.2 监测内容与方法

水质监测内容包括溶解氧、总磷、氨氮、高锰酸盐指数、透明度共五个水质指标；沉积物监测内容包括总氮指数、总磷指数、有机质指数三个指标（指数指标以沉积物含量监测结果为基础进行综合运算）；水生态监测内容包含浮游植物、浮游动物、底栖动物和水生高等植物 4 个对象，并添加叶绿素 a 指标。水质、沉积物和水生态监测内容的对象、方法和参考标准见表 4，样品采集、保存和运输等参见附录 C。

表 4 湖泊水生态监测基本内容和指标

监测内容	监测指标/对象	监测方法	参考标准
水质	溶解氧	水质 溶解氧的测定 电化学探头法	HJ 50-2009
	总磷	水质 总磷的测定 钼酸铵分光光度法	GB/T 11893-1989
	氨氮	水质 氨氮的测定 纳氏试剂分光光度法	HJ 535-2010
	高锰酸盐指数	水质 高锰酸盐指数的测定	GB/T 11892-1990
	透明度	透明度的测定（透明度计法、圆盘法）	SL 87-1994
沉积物	总氮	土壤质量 全氮的测定 凯氏法	HJ 717-2014
	总磷	土壤 总磷的测定 碱熔-钼锑抗分光光度法	HJ 632-2011
	有机质	土壤 有机碳的测定 燃烧氧化-非分散红外法	HJ 695-2014
水生态	叶绿素 a	水质 叶绿素的测定 分光光度法	HJ 897-2017
	浮游植物	镜检法	SC/T 9402-2010
	浮游动物	镜检法	SC/T 9402-2010
	底栖动物	镜检法	HJ 710.8-2014
	水生高等植物	样方法	HJ 710.12-2016

6.3 监测时间与频次

如第 4.2 节工作流程中所述，建议从项目筹备期，实施期，完工验收期，维护运行期这 4 个项目关键节点选取中两个或多个阶段性节点进行生态调查。监测根据业主要求在工程实施前后不少于两个阶段实施，如有另外约定，也可在约定时间内进行。

无特殊合同约定和业主要求的情况下，建议每个阶段性调查开展不少于两次监测，以在春秋两季进行为宜，条件允许的情况下可以进行长周期分季节多次监测或连续监测。如存在特殊合同约定和业主要求，则监测频次以约定或要求为准。

7 城市水生态修复工程成效评估方法

7.1 评估方法

城市水生态修复工程成效评估包括 19 项指标层指标，以指标层指标作为评分项。

19 项评分项采取量化评分方式，以满分百分制，每项指标评价结果划分五个等级，分为优秀，良好，一般，合格和不合格。90 分及以上评价为优秀，80 至 90 分（不含）评价为良好，70 至 80 分（不含）评价为一般，60 至 70 分（不含）评价为合格，60 分以下为不合格。具体指标赋值和赋分见附录 B。

各项指标依据评估指标体系权重相加得到准则层总分，见公式（1），准则层总分依据评估体系权重相加得到目标层总分，以评估水生态修复工程成效，见公式（2）。

准则层总分（百分制）计算公式：

$$Score_j = \frac{\sum_{i=1}^n Score_i \times R_i}{\sum R_i} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

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。

目标层总分计算公式：

$$城市水生态修复工程成效评估得分 = \sum_{j=1}^n Score_j \times R_j \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$Score_j$ --第 j 个准则层总分；

R_i --第 i 个准则层权重。

各层次总分分级评价标准见附录 B。90 分及以上评价为优秀，80 至 90 分（不含）评价为良好，70 至 80 分（不含）评价为一般，60 至 70 分（不含）评价为合格，60 分以下为不合格。评估总分与结果对照表如表 5 所示。

表 5 城市水生态修复工程成效评估总分与结果对照表

含义	分级指标和阈值				
	水生态修复工程成效极显著，水生态系统极稳定，健康状况极佳	水生态修复工程成效较显著，水生态系统稳定，健康状况良好	水生态修复工程成效一般，水生态系统较稳定，健康状况中等	水生态修复工程成效合格，水生态系统基本稳定，健康状况较差	水生态修复工程成效不合格，水生态系统难以维持，健康状况差
评价	优秀	良好	一般	合格	不合格
城市水生态修复工程成效评估总分	[90, 100]	[80, 90)	[70, 80)	[60, 70)	[0, 60)

7.2 评估指标体系及指标权重

成效评估体系构建以 AHP 层次分析法，将城市水生态修复工程成效目标分为 4 个准则层指标，19 个单项指标层指标。层次分析法将一层次元素两两比较，对其重要性进行定量描述，再利用数学方法计算反映每一层次元素的相对重要性次序的权值，通过所有层次之间的总排序计算所有元素的相对权重。评估体系权重的确定方法详见附录 D。各层次指标权重见表 6，表中权重保留两位小数。

表 6 城市水生态修复工程成效评估体系权重对照表

目标层 (A)	准则层 (B)	权重	指标层 (C)	评分项	权重
城市水生态修复工程成效	水环境改善成效 (B1)	0.30	溶解氧	C1	0.03
			综合营养状态指数 TLI	C2	0.08
			总磷	C3	0.07
			氨氮	C4	0.05
			高锰酸盐指数	C5	0.07
	生境修复成效 (B2)	0.25	透明度	C6	0.04
			沉积物总氮指数	C7	0.05
			沉积物总磷指数	C8	0.05
			沉积物有机质指数	C9	0.04
			生态水位满足程度	C10	0.03
			湖泊连通指数	C11	0.04
	水生态恢复成效 (B3)	0.35	浮游植物密度	C12	0.07
			叶绿素 a	C13	0.06
			浮游动物多样性指数	C14	0.08
			底栖动物 BI 指数	C15	0.08
			水生植物覆盖度	C16	0.06
	公众满意度 (B4)	0.10	感官满意度	C17	0.03
			体验满意度	C18	0.03
			景观满意度	C19	0.04

7.3 评估参照

根据需求和客观条件开展事前和事后评估后，得到多次评估结果，形成对照。以事前评估作为实施水生态修复工程水域的基准状态，与该水域的事后评估结果对比，可反映水生态的改善程度，即水生态修复工程成效。

7.4 评估结果分析

对评估结果进行分析，形成评估分析报告。在确定目标层得分的基础上，报告应对调查数据和评估项得分进行详细描述，同时结合准则层得分识别水生态修复工程实施后的薄弱环节，对水生态修复工程成效进行综合评估。

8 质量保证与质量控制

8.1 适用性保障

待评价的城市水生态修复工程应符合本文件建议的适用范围。

8.2 原则性保障

对城市水生态修复工程成效的评估工作符合本文件评估原则。

8.3 工作流程完整性保障

城市水生态修复工程成效的评估工作开展应严格依照本文件建议的评估工作流程。完成评估任务解析，对涉及评价的水生态修复工程进行细致分类与合适的指标选择，进行充分资料收集与水生态调查，依照成效评估方法生成相当质量的评估报告。

8.4 规范性保障

实际评估工作中不应违反本文件建议遵照的规范与标准。

8.5 可回溯性保障

对于所有数据和资料进行保存，包括不限于查询所得资料，调查数据，和开展工作中的会议记录，工作笔记，手稿等，以供后续查验。

8.6 专业性保障

参与评估工作人员必须具备相应的专业背景和专业资质，能够理解本文件的工作内容和流程。

8.7 进行自查与反馈意见收集

针对以上的质量控制建议，对进行评估工作的各方面进行自查，并在提交评估报告后向委托方收集反馈意见表，对于未达标和不满项进行修正改善。自查表与反馈意见表见表 7 和表 8。

表 7 质量保证与质量控制自查表

自查类别	自查项	自查结果 (符合/基本符合/不符)
适用性	评估未超过适用范围	
原则性	评估工作符合本文件评估原则	
工作流程完整性	任务解析指标选择依照本文件	
	历史数据收集和生态调查依照本文件	
	成效评估和评估报告依照本文件	
规范性	未违反本文件建议遵照的规范与标准	
可回溯性	所有数据留存和资料保存完好	
专业性	参与人员具备相应的专业背景和专业资质	
可接受性	委托方在反馈意见表中认可本次评估结果	

表 8 成效评估反馈意见表

分类	意见（达标/不达标）
评估工作完整性	
评估工作专业性	
成效评估报告完整度	
成效评估报告专业度和科学深度	
成效评估结果有效性高，符合实际	
成效评估结果具备相当可参考性和指导意义	

附录 A

(资料性)

城市水生态修复工程内容

A.1 城市水生态修复工程内容

城市水生态修复工程根据修复原理不同，可分为生物修复工程、物理修复工程及化学修复工程。具体内容参见表 A.1。

表 A.1 城市水生态修复工程内容

水生态修复工程	原理	水生态修复工程名称	技术手段
生物修复工程	生物修复	水生生物群落结构调整工程	水生植物修复、浮游生物修复、底栖动物修复、生物操纵（主要为鱼类和大型软体动物）等
		水质、生态净化工程	水生生物修复、生物操纵、生物膜处理、投加微生物菌剂、稳定塘、生态沟渠、生态浮岛、人工湿地等
		近岸修复工程	生态护岸、湖滨带修复等
物理修复工程	物理修复	内源治理工程	清淤疏浚等
		控源截污工程	截污纳管、建立小型污水处理设备等
		水质净化工程	围隔栅栏、人工打捞等
		生态补水及水动力循环工程	鼓风机曝气、推流曝气机等
化学修复工程	化学修复	水质净化工程	直接杀灭、絮凝沉淀、天然矿物絮凝等
		内源治理工程	底泥化学治理等

A.1.1 生物修复工程

采取生物手段进行水生态修复的工程包括但不限于水生生物群落结构调整工程，水质、生态净化工程及近岸修复工程：

水生生物群落结构调整工程的具体技术手段有水生植物修复、浮游生物修复、底栖动物修复、生物操纵（主要为鱼类和大型软体动物）等；

水质、生态净化工程的具体技术手段有水生生物修复、生物操纵、生物膜处理、投加微生物菌剂、稳定塘、生态沟渠、生态浮岛、人工湿地等；

近岸修复工程的具体技术手段有生态护岸、湖滨带修复等。

A.1.2 物理修复工程

采取物理手段进行水生态修复的工程包括但不限于内源治理工程，控源截污工程，水质净化工程，及生态补水及水动力循环工程：

内源治理工程的具体技术手段有清淤疏浚等；

控源截污工程的具体技术手段有截污纳管、建立小型污水处理设备等；

水质净化工程的具体技术手段有围隔栅栏、人工打捞等；

生态补水及水动力循环工程的具体技术手段有鼓风曝气、推流曝气机等。

A.1.3 化学修复工程

采取化学手段进行水生态修复的工程包括但不限于水质净化工程及内源治理工程：

水质净化工程的具体技术手段有直接杀灭、絮凝沉淀、天然矿物絮凝等；

内源治理工程的具体技术手段有底泥化学治理等。

附 录 B

(资料性)

评估指标解释、数据来源、赋分标准

B.1 评估指标解释与赋分标准

评估体系所用指标数据源见表 B.1。

评估指标赋分采取三种方法，直接赋分法，限值赋分法和区间内线性插值法。

其中区间内线性插值方法如下：

例如某指标在数值为 x 在两限值之间，在两限值 x_0, x_1 上的赋分值分别为 y_0, y_1 ，

则某指标在 x 处的线性插值赋分依据公式 (B.1) 计算：

$$\text{得分}(x) = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0) \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

B.1.1 水环境改善成效指标

水环境改善成效指标的赋分标准见表 B.1，分级依据 SL 395-2007 湖泊营养状态评价标准及分级方法，赋分采用区间内线性插值。

表 B.1 水环境改善成效指标赋分对照表

	赋分	溶解氧 (mg/L)	综合营养 状态指数 TLI	总磷 (mg/L)	氨氮 (mg/L)	高锰酸盐指数 (mg/L)
		C1	C2	C3	C4	C5
分级 指标 及阈 值	[90, 100)	6-7.5	0-30	0.01-0.025	0.15-0.5	2-4
	[80, 90)	5-6	30-50	0.025-0.05	0.5-1.0	4-6
	[70, 80)	3-5	50-60	0.05-0.1	1.0-1.5	6-10
	[60, 70)	2-3	60-70	0.1-0.2	1.5-2.0	10-15
	[0, 60)	<2	>70	>0.2	>2.0	>15

B.1.1.1 综合营养状态指数 TLI (C2)

综合营养状态指数是反映湖泊富营养化状态的重要指标，综合营养状态指数 TLI 的对照评分见表 B.1，赋分采用区间内线性插值 (TLI 大于 70，直接判为 0)。

具体计算方法如下：

以叶绿素 a 的状态指数 TLI (Chla) 为基准，再选择 TP、TN、COD、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 (Chla) 进行加权综合，综合加权指数计算见公式 (B.2)：

$$TLI(\Sigma) = \sum_{j=1}^M W_j \times TLI(j) \dots \dots \dots (B.2)$$

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；

各参数综合营养状态指数依据公式 (B.3)、(B.4)、(B.5)、(B.6)、(B.7) 计算：

$$TLI(Chla) = 10 \times (2.5 + 1.086 \ln Chla) \dots \dots \dots (B.3)$$

$$TLI(TP) = 10 \times (9.436 + 1.624 \ln TP) \dots \dots \dots (B.4)$$

$$TLI(TN) = 10 \times (5.453 + 1.694 \ln TN) \dots \dots \dots (B.5)$$

$$TLI(SD) = 10 \times (5.118 - 1.94 \ln SD) \dots \dots \dots (B.6)$$

$$TLI(COD_{Mn}) = 10 \times (0.109 + 2.661 \ln COD_{Mn}) \dots \dots \dots (B.7)$$

W_j--为第 j 中参数的综合营养状态指数的相关权重，见公式 (B.8)。

$$W_j = \frac{R_{ij}^2}{\sum_{j=1}^M R_{ij}^2} \dots \dots \dots (B.8)$$

其中：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 B.2。各参数单位单位：TN、TP 和 COD_{Mn} 为 mg/L；叶绿素 a 为 mg/m³；SD 为 m。

表 B.2 参数与 Chla 的相关关系 R_{ij} 及 R_{ij}² 值对照表

参数	Chla	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

B.1.1.2 C1、C3、C4、C5 水质指标

C1、C3、C4、C5 水质指标调查方法与标准参见第 6 节水环境和水生生物调查监测与附录 C，分级依据参考《GB 3838 地表水环境质量标准》，限值确定以水质指标限值划分，如以 I 类水与 II 类水指标限值为 100 和 90 的赋分限值，以此类推。需要注意的是若指标数值大于 V 类水限值，为劣 V 类则直接判为 0 分无需使用线性插值，例如，总磷大于 0.2 mg/L 则该指标项判定为 0。

B.1.2 生境修复成效成效指标

B.1.2.1 透明度 (C6)

透明度水质指标调查方法与标准参见附录 C。赋分边界值见表 B.3，赋分采用区间内线性插值(透明度>300cm 可直接判为 100 分，无需使用插值法)。

表 B.3 生境修复成效指标赋分对照表

	赋分	透明度 (cm)	沉积物 总氮指数 S_{TN}	沉积物 总磷指数 S_{TP}	沉积物 有机质指数 OI	生态水位满足程度
		C6	C7	C8	C9	C10
分 级 指 标 及 阈 值	[90, 100)	200-300	<1.0	<0.05	<0.05	年内日均水位连续低于最低生态水位 0-1 天
	[80, 90)	100-200	1.0-1.25	0.05-0.75	0.05-0.1	年内日均水位连续低于最低生态水位 1-2 天
	[70, 80)	50-100	1.25-1.5	0.75-1.0	0.1-0.2	年内日均水位连续低于最低生态水位 2-3 天
	[60, 70)	30-50	1.5-2.0	1.0-1.5	0.2-0.5	年内日均水位连续低于最低生态水位 3-4 天
	[0, 60)	10-30	>2.0	>1.5	>0.5	年内日均水位连续低于最低生态水位 大于 4 天

B.1.2.2 沉积物指数指标 (C7-C9)

以湖泊沉积物的 TN、TP、OM 的指数指标表征底泥的营养水平，从而反映水体的清洁健康程度。沉积物指数指标包括沉积物总氮指数 S_{TN} ，沉积物总磷指数 S_{TP} 和沉积物有机质指数 OI。 S_{TN} ， S_{TP} ，和 OI 的计算过程和方法参考相关研究(王佩, 卢少勇, 王殿武,等. 太湖湖滨带底泥氮,磷,有机质分布与污染评价[J]. 中国环境科学, 2012, 32(4):703-709.)。评价因子标准值可取评估水域或评估水域所属一定区域内 1960 年代 TN、TP 实测值。沉积物指标调查方法参见附录 C，赋分边界值见表 B.3，赋分采用区间内线性插值 (S_{TN} 大于 2.0 可直接判为 0 分，无需使用插值法，其他沉积物指标同理)。

S_{TN} ， S_{TP} 依据公式 (B.9) 计算：

$$S_i = \frac{C_i}{C_S} \dots \dots \dots (B.9)$$

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。

OI 依据公式 (B.10) 计算：

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

式中：

OI--单项 i 评价指数；

OC(%)--有机碳含量；

TN(%)--总氮含量。

B.1.2.3 生态水位满足程度 (C10)

生态水位满足程度用湖泊（水库）平均水位连续达到最低生态水位的天数来衡量，最低生态水位依据相关规划或管理文件确定的限值，或采用天然水位资料法、湖泊形态法、生物空间最小需求法等确定。

对于有连续水位监测数据的湖泊，参考全年水位监测数据进行量化。最低生态水位满足程度的赋分边界值见表 B.3，赋分采用限值赋分法，即低于最低生态水位 0 天为 100 分，1 天为 90 分，2 天为 80 分，3 天为 70 分，4 天为 60 分，大于 4 天直接判定为 0 分。对于无法获取连续水位监测数据的湖泊，可将此项权重均分至同准则层其他指标。

B.1.2.4 湖泊连通指数 (C11)

根据环湖主要入湖河流和出湖河流与湖泊之间的水流畅通程度评估。按照公式 (B.11) 计算得分：

$$CIS = \frac{\sum_{n=1}^{N_S} CIS_n Q_n}{\sum_{n=1}^{N_S} Q_n} \dots\dots\dots (B.11)$$

式中：

CIS--湖泊连通指数赋分；

N_S --环湖主要河流数量，单位：条；

CIS_n --评估年第 n 条环湖河流连通性赋分；

Q_n --评估年第 n 条河流实测的出（入）湖泊水量，单位：万 m^3/a 。

B.1.3 水生生物保护成效指标

B.1.3.1 浮游植物密度 (C12)

浮游植物细胞（个体）密度一般采用视野计数法，单位 ind./L。浮游植物密度的计算方法见附录 C，浮游植物密度的对照评分情况见表 B.4，赋分采用区间内线性插值（浮游植物密度小于 200×10^4 ind./L 直接判为 100 分，大于 10000×10^4 ind./L 直接判为 0 分，无需采用插值法）。

B.1.3.2 叶绿素 a (C13)

叶绿素 a 含量，属于水质调查指标。水质指标调查方法与标准参见第 6 节水环境和水生生物调查监测与附录 C，分级依据参考 GB 3838-2002。叶绿素 a 的对照评分情况见表 B.4，赋分采用区间内线性插值（叶绿素 a 含量大于 0.16 mg/L 判为 0 分，无需采用插值法）。

B.1.3.3 浮游动物多样性指数 (C14)

应用数理统计方法求得表示浮游动物群落的种类和个数量的数值，用以评估群落结构和稳定性。浮游动物多样性指数的对照评分情况见表 B.4，赋分采用区间内线性插值。

浮游动物多样性指数用香农-威纳多样性指数（Shannon-Weiner index）表征，见公式（B.12）：

$$H' = - \sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{N}\right) \ln \left(\frac{n_i}{N}\right) \dots\dots\dots (B.12)$$

式中：

n_i --第 i 种浮游动物个体数；

N --总个体数；

S --物种数。

B.1.3.4 底栖动物 BI 指数 (C15)

底栖动物 BI 指数指的是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的一种生物指数。已有的评价标准为：清洁 $0 < HBI \leq 4.25$ ；较为清洁 $4.25 < HBI \leq 5.75$ ；轻度污染 $5.75 < HBI \leq 6.5$ ；污染 $6.5 < HBI \leq 7.25$ ；严重污染 $7.25 < HBI \leq 10$ 。物种及耐污值分类单元参数可参照已有文献，具体数值和对照表在说明文件中提供。底栖动物 BI 指数的对照评分情况见表 B.4，其赋分采用区间内线性插值。

底栖动物 BI 指数依据公式（B.13）计算：

$$BI = - \frac{\sum_{i=1}^S n_i t_i}{N} \dots\dots\dots (B.13)$$

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。

表 B.4 水生生物保护成效指标赋分对照表

	赋分	浮游植物密度	叶绿素 a	浮游动物多样性	底栖动物	水生植物
		$\times 10^4$ ind./L	mg/L	指数	BI 指数	覆盖度%
		C12	C13	C14	C15	C16
分级指标及阈值	[90, 100)	<200	0-0.001	3.5-4	0-4.25	>80
	[80, 90)	200-1000	0.001-0.01	3-3.5	4.25-5.75	60-80
	[70, 80)	1000-5000	0.010-0.026	2-3	5.75-6.5	40-60
	[60, 70)	5000-10000	0.026-0.16	1-2	6.5-7.25	20-40
	[0, 60)	>10000	>0.16	0-1	7.25-10	0-20

B.1.3.5 水生植物覆盖度 (C16)

水生植物状况重点评价湖库滨带向水水域内的浮水植物、挺水植物和沉水植物三类植物中非外来物种的总覆盖度。水生植物覆盖度的对照评分情况见表 B.4，赋分采用区间内线性插值（水生植物覆盖度大于 80% 直接判为 100 分，无需采用插值法）。水生植物覆盖度依据公式 (B.14) 计算：

$$j = \frac{A+B+C+D}{S} \times 100\% \dots\dots\dots (B.14)$$

式中：

j --水生植物覆盖度；

A --沉水植物面积，单位： m^2 ；

B --浮水植物面积，单位： m^2 ；

C --漂浮植物面积，单位： m^2 ；

D --挺水植物面积，单位： m^2 ；

S --水体总面积，单位： m^2 。

B.1.4 公众满意度指标

公众满意度以公众满意度调查获取。公众满意度指在适宜范围内的公众对修复后湖泊水质生态、岸带管理状况、水景观、亲水程度等方面的满意程度。公众满意度调查在一定范围内进行调查，单张问卷分为水质、水体气味、水生态、水景观、湖滨绿化程度、亲水活动满意度评价六项。湖泊生态修复工程成效公众满意度调查表见表 B.5。

公众满意度指标通过对公众满意度调查的一项或几项评分结果获得，具体见各指标解释。

B.1.4.1 感官满意度 (C17)

单张问卷感官满意度为其水质和水体气味两项评分均值，由公众打分所得，反映公众对该湖泊水质修复治理成效的感官满意程度。感官满意度指标得分为所有完成打分问卷中感官满意度均值。

B.1.4.2 体验满意度 (C18)

单张问卷体验满意度为其水生态、亲水活动两项评分均值，由公众打分所得，反映公众对该湖泊的生态体验满意程度，体验满意度指标得分为所有完成打分问卷中体验满意度均值。

B.1.4.3 景观满意度 (C19)

单张问卷景观满意度为其水景观、湖滨绿化景观两项评分分数的平均值，由公众打分后统计汇总所得，反映公众对水景观和湖滨绿化景观观赏性和娱乐性的满意程度。景观满意度指标得分为所有完成打分问卷中景观满意度均值。

表 B.5 城市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	18-24 <input type="checkbox"/> 25-40 <input type="checkbox"/> 41-60 以上 <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"/> 其他 _____				
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。				
	很满意	满意	基本满意	一般	不满意
	(90-100)	(80-90)	(70-80)	(60-70)	(0-60)
打分项	分数	打分项	分数		
水质评分：		水体气味 评分：			
水生态评分：		亲水活动 满意度评分：			
水景观评分：		湖滨绿化景 观评分：			
湖泊生态修复工程公众满意度					
感官满意度 (统计结果，调查人员填写)	体验满意度 (统计结果，调查人员填写)		景观满意度 (统计结果，调查人员填写)		

附录 C

(资料性)

湖泊水环境和水生生物调查方法

C.1 水环境水质样品采集方法

C.1.1 试剂与器具

试剂：浓硫酸、碳酸镁、氢氧化钠等。

器具：有机玻璃采水器、采样瓶、抽滤泵、微孔滤膜、镊子、吸管等。

C.1.2 采集和保存方法

用采水器采集水样，每个采样点采集水样 2L。湖泊水深小于 3m 时，在表层（离水面 0.5m 处）处采集水样；水深大于 3m 时，可考虑分层采集混合水样，即在表层、中层、底层（离水底 0.5m 处）分别采样后混合。用于分析垂向变化的样品，各层水样应分别采集。每次采样需要事先洗净水样瓶，水样灌瓶前，应用少量水样冲洗水样瓶 2-3 次。溶解氧和透明度为现场仪器测定；测定总氮的水样用浓硫酸调节 pH 至 1-2，7 天内测定；测定总磷的水样用浓硫酸调节 pH 小于 1；测定高锰酸盐指数的水样，每升水样中缓慢加入 1mL1+3 硫酸溶液固定，2 天内完成测定；测定叶绿素的水样，每升水样中加入 1mL 1%的碳酸镁悬浊液，24h 内用微孔滤膜过滤水样，过滤后的滤膜在-20℃以下的温度中保存，25 天内完成测定。固定后的水样，应置于 0-4℃避光保存，尽快带回实验室进行测定。

C.2 水环境沉积物样品采集方法

C.2.1 试剂与器具

器具：彼得森采泥器或重力采样器、塑封袋等。

C.2.2 采集和保存方法

沉积物样品采集应与水质采样同步进行，采样时注意采样前，用水样冲洗采样器应，采样时应避免搅动底部沉积物。沉积物采样量为 0.5-1.0kg（湿重）。样品采集后应沥去水分除去砾石、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 至-40℃冷冻保存，并在样品保存期内测试完毕。

C.3 水生生物调查方法

C.3.1 浮游植物

C.3.1.1 试剂与器具

试剂：鲁哥氏液、甲醛溶液等。

器具：有机玻璃采水器、25号浮游生物网（64 μm）、采样瓶（1000mL、100mL）、沉淀器、虹吸管、吸耳球、计数框（0.1mL）、0.1mL移液器、载玻片、盖玻片、镊子、显微镜等。

C.3.1.2 采样方法

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 1-3 次，定容至 30-50mL。样品贴上注明采样地点、日期、采样点。

C.3.1.3 种类鉴定和计数

对优势种要求鉴定到种，其他种类至少到属。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（C.1）：

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

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（ mm^2 ）；

A_c --计数面积（ 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。

C.3.2 浮游动物

C.3.2.1 试剂与器具

试剂：鲁哥氏液、甲醛溶液、伊红等。

器具：有机玻璃采水器、13号浮游生物网（112μm）、25号浮游生物网（64μm）、采样瓶（1000mL、100mL）、沉淀器、虹吸管、吸耳球、计数框（0.1mL、1mL、5mL）、移液器（0.1mL、1mL、5mL）、载玻片、盖玻片、镊子、显微镜、体式显微镜。

C.3.2.2 样品采集

浮游动物中的原生动物、轮虫的定量水样采集方法和浮游植物定量水样采集方法相同。浮游动

物中的枝角类和桡足类的定量水样采集用 25 号网和采水器。采集水样体积视水体中枝角类和桡足类数量多寡而定，一般为 10-50L。水样经 25 号网过滤后放入标本瓶中加入 样品体积 4%的甲醛溶液固定。样品注明采样地点、日期、点号。

C.3.2.3 鉴定和计数

原生动物和轮虫计数分别用 0.1mL 和 1mL 计数框，枝角类和桡足类一般用 5mL 计数框全部过数。优势种类鉴定到种，一般种类鉴定到属，一些疑难种类应保存好标本，以待进一步鉴定。原生动物计数时，沉淀样品要充分摇匀，然后用定量吸管吸 0.1mL 样品注入 0.1mL 计数框中，在 10×20 的放大倍数下计数。轮虫计数时，吸取充分摇匀的 1mL 浓缩样注入 1mL 计数框中，在 10×10 的放大倍数下计数轮虫。原生动物和轮虫计数两片，如两片的结果与其均数的差异不超过 10%，可取其平均值作为计数结果。枝角类和桡足类计数时，根据样品中数量的多少分若干次全部过数。密度依据公式 (C.2) 计算：

$$N = \frac{vn}{VC} \dots\dots\dots (C.2)$$

式中：

N --每升水中浮游动物的数量 (ind./L)；

v --样品浓缩后的体积 (ml)；

C --计数框体积 (ml)；

V --采样体积 (L)；

n --计数所得的个体数 (二片平均数)，单位为个 (ind.)。

根据浮游动物的密度，依据多样性计算公式计算浮游动物的生物多样性指数。

C.3.3 底栖动物

C.3.3.1 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。

C.3.3.2 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。

C.3.3.3 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./m²）。依据多样性计算公式计算底栖动物的生物多样性指数。

C.3.4 水生高等植物

C.3.4.1 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。

C.3.4.2 样品的采集

浮叶植物、沉水植物使用水草采集耙、采草器或带网铁钎采集，漂浮植物直接用带柄手抄网采集。采集的水生植物，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。挺水植物可选取合适面积正方形样方采集，植株稀疏群落（<100 株/m²）可采用 1m×1m 或 0.5m×0.5m 样方。将样方内的植物全株采集，地下茎的也要采集，洗净后称重，装入编号的样品袋。

C.3.4.3 盖度测算

选择在多数水生植物的最高生长期，对各种生活型或代表性群落，采集尽可能多的样方，求出单位面积内的盖度，由全湖的植被面积推算出湖内所有水生植物的总盖度。盖度的计算为样方内水生植物的分布面积与样方面积的比值。

附录 D

(资料性)

评估指标权重依据

D.1 评估指标 AHP 分析基本步骤

D.1.1 标度确定和构造判断矩阵

确定各层次指标并形成原始数据（判断矩阵），本指南中使用 1-5 分标度法（最低为 1 分，最高为 5 分），分值意义对照见表 D.1。以专家打分表为依据形成判断矩阵，结合多个专家打分结果最终得到判断矩阵表格，专家打分表见表 D.2。专家打分结果平均值取标度范围内相近整数分值或整数分值的倒数。

例如两元素 A 和 B，对其进行两两比较得到判断矩阵表格。其中因素 A 与因素 B 的比值意义如下表 D.1，即比如 A 因素相对 B 因素非常重要，此时打 5 分，那么 B 因素相对于 A 因素就是 1/5 即 0.2 分。

表 D.1 分值与意义对照

1	同等重要
2	略更重要
3	较强重要
4	强烈重要
5	极端重要

D.1.2 特征向量，特征根计算和权重计算

此步骤目的在于计算出权重值，计算特征向量值，得到最大特征根值（CI），用于下一步的一致性检验使用。

D.1.3 一致性检验分析

利用一致性检验判断是否出现问题，一致性检验使用 CR 值进行分析，CR 值小于 0.1 则说明通过一致性检验，反之则说明没有通过一致性检验。如果数据未通过一致性检验，需要检查是否存在逻辑问题，重新录入判断矩阵进行分析。

D.1.4 分析结论

计算出权重，并且判断矩阵满足一致性检验，最终则可以下结论继续进一步分析。

表 D.2 专家打分表

准则层相对重要性打分表						
对角线左下方无需填	水环境改善成效	生境修复成效	水生态恢复成效	公众满意度		
水环境改善成效	1					
生境修复成效		1				
水生态恢复成效			1			
公众满意度				1		
B1 指标层相对重要性打分表						
对角线左下方无需填	溶解氧	TLI	总磷	氨氮	高锰酸盐指数	
溶解氧	1					
TLI		1				
总磷			1			
氨氮				1		
高锰酸盐指数					1	
B2 指标层相对重要性打分表						
对角线左下方无需填	透明度	沉积物 总氮指数	沉积物 总磷指数	沉积物 有机质指数	生态水位 满足程度	湖泊连通指 数
透明度	1					
沉积物总氮指数		1				
沉积物总磷指数			1			
沉积物有机质指数				1		
生态水位满足程度					1	
湖泊连通指数						1
B3 指标层相对重要性打分表						
对角线左下方无需填	浮游植物 密度	叶绿素 a	浮游动物 多样性指数	底栖动物 BI 指数	水生植物 覆盖度	
浮游植物密度	1					
叶绿素 a		1				
浮游动物多样性指数			1			
底栖动物 BI 指数				1		
水生植物覆盖度					1	
B4 指标层相对重要性打分表						
对角线左下方无需填	感官满意度	体验满意度	景观满意度			
感官满意度	1					
体验满意度		1				
景观满意度			1			