

ICS 13.060.01

CCS Z 10

团 体 标 准

T/CHIDA 01—2022

T/CWEC 32—2022

城市河流生态健康评价技术规程

Technical regulations for ecological health
assessment of urban river

2022-11-07 发布

2022-12-07 实施

中国疏浚协会
中国水利企业协会 发布

中国疏浚协会
中国水利企业协会

关于联合发布《城市河流生态健康评价技术规程》
等两项团体标准的公告

中疏协字〔2022〕70号

中国疏浚协会、中国水利企业协会联合批准发布《城市河流生态健康评价技术规程》等2项团体标准，现予以公告。

序号	标准名称	标准编号	批准日期	实施日期
1	城市河流生态健康评价技术规程	T/CHIDA 01—2022 T/CWEC 32—2022	2022.11.07	2022.12.07
2	城市水环境综合治理技术指南	T/CHIDA 02—2022 T/CWEC 33—2022	2022.11.07	2022.12.07

中国疏浚协会
2022年11月07日

中国水利企业协会
2022年11月07日

目 次

前言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义和符号	1
3.1 术语和定义	1
3.2 符号	2
4 工作流程	3
5 评价指标及权重	3
5.1 指标体系	3
5.2 指标预处理	6
5.3 指标权重的确定	6
5.4 层次组合权重	7
6 指标赋值方法	8
6.1 水文特征	8
6.2 河流空间结构	9
6.3 水环境质量	12
6.4 水生态系统结构与功能	14
6.5 社会服务功能	16
7 评价结果计算与表征	17
7.1 评价结果计算	17
7.2 评价结果表征	18
8 城市河流生态环境质量监测	18
8.1 监测断面和监测点位	18
8.2 监测数据来源	18
附录 A (资料性) 城市河流生态健康评价报告编制目录	19
附录 B (资料性) 城市河流生态健康市民满意度调查表	20
附录 C (资料性) 城市河流生态健康调查数据表	21
参考文献	23

前 言

本标准按照 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。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别专利的责任。

本标准由中国疏浚协会团体标准专业委员会提出并归口。

本标准起草单位：武汉二航路桥特种工程有限责任公司、中交基础设施养护集团有限公司、中交第二航务局有限公司、中交（天津）生态环保设计研究院有限公司、中国科学院水生生物研究所、中国科学院南京地理与湖泊研究所、生态环境部南京环境科学研究所、长江水利委员会长江科学院、长江勘测规划设计研究院、天津科技大学、湖北大学、长江河湖建设有限公司。

本标准主要起草人员：乐绍林、曾松亭、陈伟、柴培宏、路洋、王伟、蒋小鹏、胡保安、刘剑彤、范成新、崔益斌、吴燕、金峰、朱书景、范志强、黄佳音、李毅谦、张曦、王东、金毓、熊伟、马小云。

本标准为首次发布。

城市河流生态健康评价技术规程

1 范围

本标准规定了城市河流生态健康评价的工作流程、指标及其赋值方法、指标权重及其计算方法、评价结果计算与表征、城市河流生态环境质量监测。

本标准适用于城市河流生态的健康状况评价。

2 规范性引用文件

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

GB 3838—2002 地表水环境质量标准

GB 15618—2018 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）

GB/T 18919 城市污水再生利用 分类

GB 50201 防洪标准

GB/T 50594 水功能区划分标准

SL 196 水文调查规范

SL 219 水环境监测规范

SL 278 水利水电工程水文计算规范

SL 383 河道演变勘测调查规范

SL 395—2007 地表水资源质量评价技术规程

SL/T 793—2020 河湖健康评估技术导则

HJ 624 外来物种环境风险评估技术导则

LY/T 2588 林业有害生物风险分析准则

SC/T 9102.3 渔业生态环境监测规范 第3部分：淡水

SC/T 9402 淡水浮游生物调查技术规范

《湖泊（水库）富营养化评价方法及分级技术规定》（总站生字〔2001〕090号）

《河流生态环境质量监测技术指南（试行）》

3 术语、定义和符号

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

城市河流 urban river

流经城市区域，与周边、流域内自然环境、人类社会之间存在着输入和输出关系的河水流经路线，不包括暗河和暗渠。

3.1.2

城市河流生态健康 ecological health of urban river water body

城市河流生态系统处于稳定、可持续的状态，保持物理、化学及生物完整性，能为人类提供不同生态产品或服务功能，具有良好水质条件，并对自然和人为干扰具有一定的自我调节和修复能力。

3.1.3

城市河流生态健康评价 ecological health assessment of urban river water body

针对城市河流的自然功能、生态环境功能，根据河流的基本特征和个体特征，建立由共性指标和个性指标构建的城市河流生态健康评价指标体系，反映城市河流生态健康总体状况。

3.1.4

流量过程变异指数 discharge process variation index

现状开发状态下，评价河段评价年内实测月径流量与天然月径流量的平均偏离程度。

3.1.5

生态需水满足指数 ecological water satisfaction index

为维持河流不同程度或级次的生态系统结构和功能所需要的流量（水位）和过程的指数。

3.1.6

河岸带年径流总量控制率指数 annual total runoff control rate index of riparian zone

通过自然和人工强化的渗透、集蓄、利用、蒸发、蒸腾等方式，河岸带面域内累计全年得到控制的雨量占全年总降雨量的比例。

3.1.7

水面面积率指数 water area rate index

某评价河段常水位下水面面积占该河段岸线范围内总面积的比例，与某河段长度占评价河段总长度的乘积。

3.1.8

优良河势保持率指数 excellent river regime retention rate index

根据不同类型河段的特定指标，确定的优良河势河段长度与河段总长度的比值。

3.1.9

水功能区水质达标指数 water quality compliance index of water function zone

指定评价期内水功能区水质达标个数占评价水功能区总个数比例。

3.1.10

大型水生植物覆盖度指数 macrophyte coverage index

河岸带河向水域内的浮水植物、挺水植物、沉水植物和漂浮植物四类植物中非外来物种的总覆盖度。

3.1.11

生物完整性指数 index of biological integrity

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与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。

3.1.12

外来入侵物种 invasive alien species

在当地的自然或半自然生态系统中形成了自我再生能力，可能或已经对生态环境、生产或生活造成明显损害或不利影响的外来物种。

3.1.13

再生水排放量 reclaimed water discharge

以城市污水为再生水源，经再生工艺净化处理后，达到可用的水质标准，排入城市河流的水量。

3.2 符号

下列符号适用于本标准。

A——目标层

- B——要素层
 C——指标层
 M——随机一致性指标矩阵阶数
 CI——一致性检验指标
 CR——一致性指标比率
 RI——随机一致性检验指标
 FDI——流量过程变异指数
 HR——河岸带硬化率指数
 VC——年径流总量控制率指数
 WS——水面面积率指数
 WQI——水质指数
 TLI (Σ)——综合营养状态指数
 SPI——底泥污染指数
 CAP——大型水生植物覆盖度指数
 BIBI——大型底栖无脊椎动物生物完整性指数
 TP——总磷
 TN——总氮
 SD——透明度
 DO——溶解氧
 AVS——酸性可挥发性硫化物
 OM——有机质
 COD_{Mn}——高锰酸盐指数
 Chla——叶绿素 a
 pH——氢离子浓度指数

4 工作流程

城市河流生态健康评价工作流程一般分为 4 个阶段，见图 1。

- 准备阶段。收集、分析城市河流水生态环境、水文监测、河道底质物理、化学和生物资料、城市中水排放资料、水质资料、工程技术文件等数据资料，开展现场踏勘，根据城市河流的基本特征和个体特征，筛选评价指标，制定要素层各项指标的调查、监测方案。
- 调查阶段。在充分的资料收集、现状调查基础上，开展各项目的调查、监测等工作。
- 评价阶段。在专家咨询的基础上，采用层次分析法，确定各层级的指标权重；系统整理各层次指标调查、监测数据，按照确定的计算方法，计算各指标的赋值值；再逐层计算要素层各指标的得分和目标层的总评分，得出城市河流水体生态健康评价的结论。
- 报告阶段。编制形成城市河流生态健康评价报告，建议的评价报告编制目录见附录 A。

5 评价指标及权重

5.1 指标体系

5.1.1 本标准将城市河流生态健康评价指标体系分为目标层、要素层和指标层，指标体系见表 1。

5.1.2 目标层为城市河流生态健康，是城市河流生态健康状况的综合反映。

5.1.3 要素层包括 5 类指标，分别为水文特征、河流空间结构、水环境质量、水生态系统结构与功能、社会服务功能。

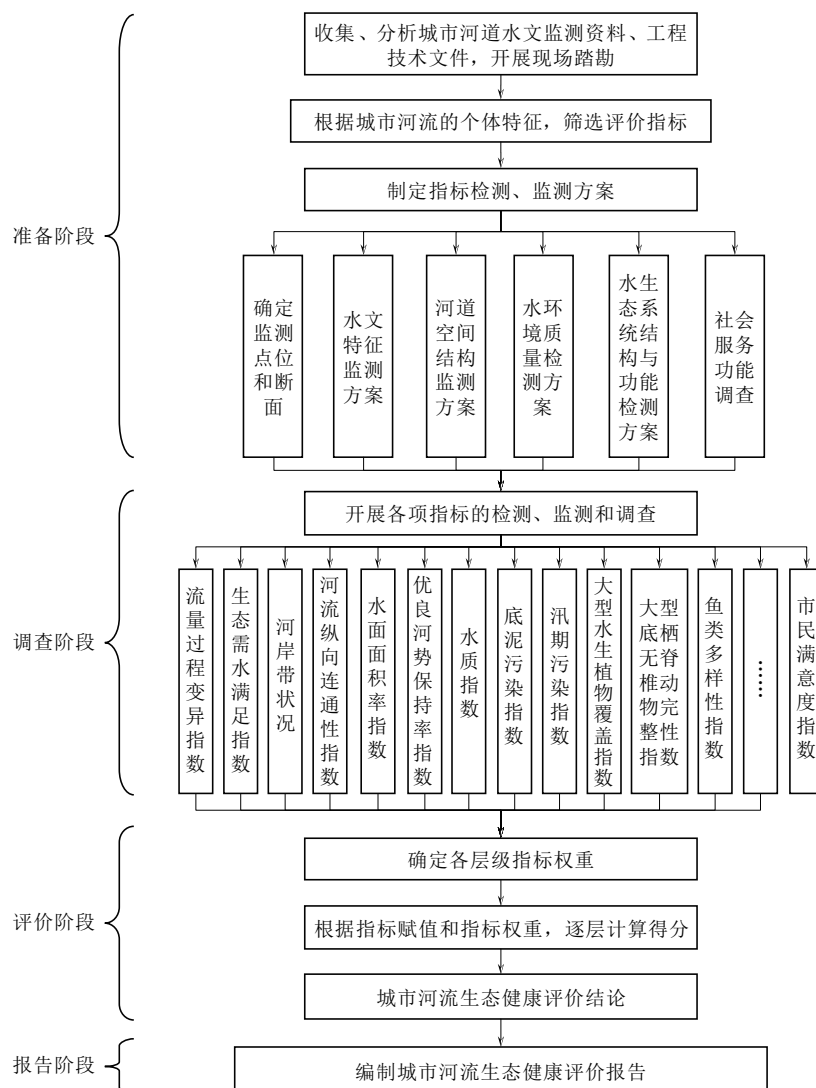


图 1 城市河流生态健康评价工作流程示意图

表 1 城市河流生态健康评价指标体系表

目标层 (A)	要素层 (B)	指标层 (C)	指标类型	
城市河流生态健康	水文特征	流量过程变异指数	○	
		生态需水满足指数	●	
	河流空间结构	河岸带状况	河岸带稳定性指数	●
			河岸带硬化率指数	●
			河岸带人工干扰指数	○
			河岸带年径流总量控制率指数	●
		河流纵向连通性指数	●	
		水面面积率指数	○	
优良河势保持率指数	●			

表 1 城市河流生态健康评价指标体系表 (续)

目标层 (A)	要素层 (B)	指标层 (C)		指标类型	
城市河流 生态健康	水环境质量	水质指数	溶解氧含量	●	
			透明度	●	
			pH 值	●	
			五日生化需氧量	●	
			总氮	●	
			总磷	●	
			氨氮	●	
			高锰酸盐指数	●	
			○	
		综合营养状态指数		○	
		底泥污染指数	总氮	总氮	●
				总磷	●
				有机质	○
			重金属含量	镉	●
				汞	●
				砷	●
				铅	●
				铬	●
			○	
	酸性可挥发性硫化物		○		
		○		
	水功能区达标指数		○		
	汛期污染指数		●		
	水生态系统 结构与功能	浮游植物密度指数		○	
		浮游动物生物指数		○	
		大型水生植物覆盖指数		●	
		大型底栖无脊椎动物生物完整性指数		●	
		鱼类多样性指数		○	
有害外来入侵物种指数		○			
社会服务功能		防洪指数		○	
	供水指数		○		
	再生水排放指数		○		
	市民满意度指数		●		
注：“基本指标”用“●”表示，“备选指标”用“○”表示。					

5.1.4 指标层则为 21 个具体的指标，其中基本指标为必选指标，备选指标可根据城市河流的个体特征选择。

5.2 指标预处理

城市河道水体生态健康评价应采用阈值法作为指标同度量方法，按式（1）计算。正向指标表示与城市河流生态健康呈正相关，即指标值越大，城市环境质量越好；负向指标表示呈负相关。

$$y_i = \begin{cases} \frac{x_i - x_{i,\min}}{x_{i,\max} - x_{i,\min}}, & x_i \text{ 为正向指标} \\ \frac{x_{i,\max} - x_i}{x_{i,\max} - x_{i,\min}}, & x_i \text{ 为负向指标} \end{cases} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

y_i ——第 i 项指标的赋值值；

x_i ——指标 i 的实际监测值；

$x_{i,\max}$ ——第 i 项指标的最大值；

$x_{i,\min}$ ——第 i 项指标的最小值。

5.3 指标权重的确定

5.3.1 判断矩阵

在确定城市河流生态健康评价的各层次指标权重时，需要构造判断矩阵对各相关指标进行两两比较评分，可以得到判断矩阵。判断矩阵 $b_{n \times n}$ 指标标度方法见表 2。

表 2 判断矩阵中元素 b_{ij} 的标度方法

标度	含 义
1	表示两个指标相比具有相同的重要性
3	表示两个指标相比，一个指标比另一个指标稍微重要
5	表示两个指标相比，一个指标比另一个指标明显重要
7	表示两个指标相比，一个指标比另一个指标强烈重要
9	表示两个指标相比，一个因素比另一个指标极端重要
2、4、6、8	表示介于上述两个判断矩阵中间的情况
倒数	指标 i 与 j 的比较判断为 b_{ij} ，则指标 j 与 i 的比较判断为 $b_{ji} = 1/b_{ij}$

评价指标采用专家打分法进行赋值并建立判断矩阵。假设要素层的判断矩阵 $B_{n \times n}$ 表达式见式（2）。

$$B_{n \times n} = \begin{cases} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nn} \end{cases}, b_{ij} > 0, b_{ij} = 1/b_{ji}, \text{ 其中 } i, j = 1, 2, 3, \dots, n \dots\dots (2)$$

5.3.2 特征向量和最大特征根的计算

5.3.2.1 根据判断矩阵计算其特征向量和最大特征根。判断矩阵 $B_{n \times n}$ 特征向量为 ω ，则特征向量 ω 为要素层中各个指标权重的分配值。

5.3.2.2 判断矩阵的特征向量按式（3）～式（5）计算。向量 $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)^T$ 为所求权重

向量。

5.3.2.3 判断矩阵的最大特征根 λ_{\max} ，按式 (6) 计算。

$$w_{ij} = \frac{b_{ij}}{\sum_{i=1}^n b_{ij}}, (i, j = 1, 2, 3, \dots, n) \dots\dots\dots (3)$$

$$w'_i = \sum_{j=1}^n w_{ij}, (i = 1, 2, 3, \dots, n) \dots\dots\dots (4)$$

$$w_i = \frac{w'_i}{\sum_{i=1}^n w'_i}, (i = 1, 2, 3, \dots, n) \dots\dots\dots (5)$$

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(B_{n \times n} w)_j}{n w_i} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

- w ——判断矩阵的特征向量；
- b_{ij} ——要素层判断矩阵中的元素；
- w_{ij} ——要素层判断矩阵列向量归一化的元素；
- w'_i —— w_{ij} 按行求和所得向量；
- w_i —— w'_i 向量元素归一化所得向量；
- λ_{\max} ——判断矩阵的最大特征根；
- $B_{n \times n}$ ——要素层判断矩阵。

5.3.3 一致性判断和误差分析

5.3.3.1 判断矩阵的一致性检验指标为 CI ，按式 (7) 计算。引入随机一致性检验指标 RI 作为对比项，其常用值见表 3。一致性比率为 CR ，按式 (8) 计算。

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \dots\dots\dots (7)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \dots\dots\dots (8)$$

表 3 随机一致性检验指标常用值

指标	常用值										
M	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

- 5.3.3.2 当 $CI=0$ 时，判断矩阵具有完全一致性，其归一化的特征向量可作为权重向量。
- 5.3.3.3 当 $CI \neq 0$ 时，应使用一致性比率判断；当 $CR < 0.1$ 时，判断矩阵的一致性在可以接受的范围内，其归一化的特征向量可作为权重向量；当 $CR \geq 0.1$ 时，应进行调整，重新构造判断矩阵。

5.4 层次组合权重

- 5.4.1 层次组合权重指某一层的所有指标对于目标层相对重要性的权值。
- 5.4.2 计算方法为从目标层开始到指标层依次进行。设目标层为 A ，其下一层次为要素层 B ，有 $B_1、B_2、B_3、\dots、B_m$ 个具体指标， B 的指标权重向量为 $w = \{b_1, b_2, b_3, \dots, b_m\}$ ； B_i 的下一层为指标层 C ，有 $C_1、C_2、C_3、\dots、C_n$ 个具体指标， C 的指标权重向量为 $u = \{c_1, c_2, c_3, \dots, c_n\}$ ；则 C 层第 j 个因素对目标层的权重值为 P_j ，按式 (9) 计算。

$$P_j = \sum_{i=1}^n b_i \times c_i \dots\dots\dots (9)$$

式中：

P_j ——指标层 C_j 对目标层的组合权重；

b_i ——要素层第 i 个指标的权重；

c_j ——指标层第 j 个指标的权重。

5.4.3 通过上式计算出组合权重后，应对组合权重进行一致性检验，设 B 层对于 A 层的一致性检验结果为 CI ，随机一致性检验指标为 RI ， B 相对于 A 的权重向量为 w ，组合权重的一致性比率 CR ，按式 (10) 计算。

$$CR = \frac{\sum w \times CI}{\sum w \times RI} \dots\dots\dots (10)$$

当 $CR < 0.1$ 时，指标体系的组合权重通过一致性检验；当 $CR \geq 0.1$ 时，应进行调整，重新构造判断矩阵。

6 指标赋值方法

6.1 水文特征

6.1.1 流量过程变异指数

流量过程变异指数 (FDI) 用于评价现状开发状态下，城市河流年内实测月径流过程与天然月径流过程的差异，应符合 SL/T 793—2020 中 8.1.2 的规定，其赋值按式 (11) 计算。

$$FDI_r = -20.19 \times \ln(FDI) + 32.448 \dots\dots\dots (11)$$

式中：

FDI ——流量过程变异指数；

FDI_r ——流量过程变异指数的赋值。

6.1.2 生态需水满足指数

6.1.2.1 生态需水满足指数用于评价河流流量的生态适宜程度，采用最小生态流量进行表征，应符合 SL/T 793—2020 中 8.1.4 的规定。

6.1.2.2 4—9 月及 10 月至次年 3 月最小日径流量占多年平均流量的百分比，按式 (12) 分别计算。取二者的最低值为河流生态需水满足指数，其赋值按式 (13) 计算。

$$EF1 = \min \left[\frac{q_d}{\bar{Q}} \right]_{m=4}^{m=9}, EF2 = \min \left[\frac{q_d}{\bar{Q}} \right]_{m=10}^{m=3} \dots\dots\dots (12)$$

$$EF1_r = -583.33 \times EF1^2 + 511.67 \times EF1 - 7, EF2_r = 180.12 \times EF2 - 0.3727 \dots (13)$$

式中：

q_d ——评价年实测日径流量；

\bar{Q} ——多年平均径流量；

$EF1$ ——4—9 月日径流量占多年平均流量百分比的最小值；

$EF2$ ——10 月至次年 3 月日径流量占多年平均流量百分比的最小值；

$EF1_r$ ——4—9 月生态需水满足指数的赋值；

$EF2_r$ ——10 月至次年 3 月生态需水满足指数的赋值。

6.2 河流空间结构

6.2.1 河岸带稳定性指数

河岸带稳定性指数用于评价城市河流河岸带的侵蚀程度和稳定性，按式（14）计算，其赋值标准见表4。城市河流河岸带范围和分区应符合 SL/T 793—2020 中 9.1 的相关规定。

$$BS_r = (SA_r + SH_r + SM_r + ST_r) / 4 \dots\dots\dots (14)$$

式中：

BS_r ——河岸带稳定性指数（计算值即为赋值）；

SA_r ——岸坡倾角分值；

SH_r ——岸坡高度分值；

SM_r ——河岸基质分值；

ST_r ——坡脚冲刷强度分值。

表4 河岸带稳定性指数评价赋值标准表

岸坡特征	稳定	基本稳定	次不稳定	不稳定
赋值值	100	75	25	0
斜坡倾角/(°)	≤15	>15 且 ≤30	>30 且 ≤45	>45 且 ≤60
斜坡高度/m	≤1	>1 且 ≤2	>2 且 ≤3	>3 且 ≤5
基质(类别)	基岩或有护坡 有护底	岩土河岸或有护岸 无护底	黏土河岸且无护坡 无护底	非黏土河岸且 无护坡无护底
河岸冲刷状况	无冲刷迹象	轻度冲刷	中度冲刷	重度冲刷
总体特征描述	近期内河岸不会 发生变形破坏， 无水土流失现象	河岸结构有松动发 育迹象，有水土流 失迹象，但近期不 会发生变形和破坏	河岸松动裂痕发育趋 势明显，一定条件 下可导致河岸变形和破 坏，中度水土流失	河岸水土流失严 重，随时可能发 生大的变形和破 坏，或已经发生破坏

6.2.2 河岸带硬化率指数

河岸带硬化率指数为评价河岸带硬化（包括自然和人工形成的硬化河岸）区域垂直投影面积占河道岸带面积比例，与河段长度占评价河段总长度的乘积，按式（15）计算，其赋值按式（16）计算。不同类型的护岸硬化率指数的赋值标准见表5。

$$HR = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{L_0} \times \frac{A_{hi}}{A_{ai}} \times 100 \dots\dots\dots (15)$$

$$HR_r = 26.861HR^2 - 118.4HR + 93.973 \dots\dots\dots (16)$$

式中：

A_{hi} ——评价河段 i 的河岸带硬化面积， km^2 ；

A_{ai} ——评价河段 i 的河岸带面积， km^2 ；

L_i ——评价河段 i 的长度， km ；

L_0 ——评价河段的总长度， km ；

HR_r ——河岸带硬化率指数的赋值。

表 5 不同类型的护岸硬化率指数的赋值标准表

参 数	硬质护岸	柔性护岸	生态护岸	自然护岸
河岸带硬化率/%	>75	40~75	10~40	<10
河岸带硬化率指数赋值	<25	25~50	50~75	>75

6.2.3 河岸带人工干扰指数

河岸带人工干扰指数应符合 SL/T 793—2020 中 8.3.8 的规定。调查河岸带及其邻近陆域是否存在表 6 中所列河岸线“四乱”状况；无“四乱”状况的评价河段，赋值为 100，每出现一项扣除其对应分值，扣完为止。河岸带人工干扰程度评价赋值标准见表 6。

表 6 河岸带人工干扰程度评价赋值标准表

序号	类型	“四乱”内容	城市河流岸线管理范围内 出现以下内容每处扣分
1	乱采	采砂	-100
2		取土	-100
3	乱占	围垦河流	-100
4		非法侵占水域、滩地	-100
5		种植阻碍行洪的林木及高秆作物	-25
6	乱堆	乱扔乱堆垃圾	-25
7		倾倒、填埋、贮存、堆放固体废弃物	-25
8		弃置、堆放阻碍行洪的物体	-25
9	乱建	河流水域岸线长期占而不用、多占少用、滥占滥用	-50
10		违法违规建设涉河项目	-100
11		河道管理范围内修建阻碍行洪的建筑物、构筑物	-100

6.2.4 河岸带年径流总量控制率指数

河岸带年径流总量控制率指数按式 (17) 计算，其赋值按式 (18) 计算。

$$VC = RA_w / RA \dots\dots\dots (17)$$

$$VC_r = 28.807VC^2 + 85.874VC - 5.4884 \dots\dots\dots (18)$$

式中：

RA_w ——河岸带面域内累计全年得到控制的雨量，mL；

RA ——全年总降雨量，mL；

VC_r ——年径流总量控制率指数的赋值。

6.2.5 河流纵向连通性指数

河流纵向连通性指数按式 (19) 计算，其赋值按式 (20) 计算。

$$W = N/L \dots\dots\dots (19)$$

$$W_r = 47.235W^2 - 134.47W + 98.613 \dots\dots\dots (20)$$

式中：

W ——评价河流纵向连通性指数；

N ——评价河流的断点或节点等障碍物数量（如闸、坝等），已有过鱼设施的闸坝不在统计范围之列，个；

L ——评价河流的长度，10km；

W_r ——评价河流纵向连通性指数的赋值。

6.2.6 水面面积率指数

水面面积率指数按式（21）计算，其赋值按式（22）计算。

$$WS = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{L_0} \times \frac{S_{wi}}{S_{awi}} \times 100 \dots\dots\dots (21)$$

$$WS_r = -464.11WS^3 + 407.64WS^2 + 43.371WS + 4.223 \dots\dots\dots (22)$$

式中：

S_{wi} ——评价河段 i 的常水位下水面面积， km^2 ；

S_{awi} ——评价河段 i 的岸线范围内总面积， km^2 ；

L_i ——评价河段 i 的长度， km ；

L_0 ——评价河段的总长度， km ；

WS_r ——水面面积率指数的赋值。

6.2.7 优良河势保持率指数

6.2.7.1 优良河势保持率指数按式（23）计算。

$$\Psi = L_y / L_z \dots\dots\dots (23)$$

式中：

Ψ ——优良河势保持率指数（计算值即为赋值）；

L_y ——优良河势河段长度， km ；

L_z ——评价河段总长度， km 。

6.2.7.2 优良河势河段的确定，应先确定河段的类型（包括有顺直型河段、弯曲型河段和分汊型河段），再根据河道演变特性和河道周边地区的需求，确定优良河势指标（包括宽深比指标、分流比指标、弯曲半径指标、深泓摆动幅度、洲滩冲淤变化率）范围。具体的指标选择和指标优良范围值见表7。

表7 不同类型河段的指标选择和指标优良范围值

河段类型	选择指标	指标优良范围值
顺直型河段	宽深比指标	2.0~3.0
	深泓摆动幅度	<0.2
弯曲型河段	弯曲半径指标	3000~4000m
	深泓摆动幅度	<0.3
分汊型河段	分流比指标	主汊分流比>70%
	洲滩冲淤变化率	<5%
	深泓摆动幅度	<0.3

a) 宽深比按式（24）计算。

$$\xi = \sqrt{B} / H \dots\dots\dots (24)$$

式中：

- ξ ——河道断面宽深比；
 B ——平滩水位下的河床河宽，m；
 H ——平滩水位下的河床平均水深，m。
 b) 分流比按式 (25) 计算。

$$\eta = Q_i / Q_a \dots\dots\dots (25)$$

式中：

- η ——分流比；
 Q_i ——各支汊的流量， m^3/s ；
 Q_a ——全部流量， m^3/s 。

c) 弯曲半径按式 (26) 计算。

$$R_a = 48.1 \times (QJ^{1/2})^{0.83} \dots\dots\dots (26)$$

式中：

- R_a ——弯曲半径；
 Q ——平滩流量下的流量， m^3/s ；
 J ——平滩流量下的比降。

d) 深泓摆动幅度按式 (27) 计算。

$$\lambda = \Delta B / B_a \dots\dots\dots (27)$$

式中：

- λ ——深泓摆动幅度；
 ΔB ——绝对深泓摆动量，m；
 B_a ——平滩流量下的河道宽度，m。

e) 洲滩冲淤变化率按式 (28) 计算。统计洲滩面积一般采用某一特征流量下的水位为统计高程。

$$\alpha = \Delta S / \bar{S} \dots\dots\dots (28)$$

式中：

- α ——洲滩冲淤变化率；
 ΔS ——两次统计洲滩面积的差值， m^2 ；
 \bar{S} ——两次统计洲滩面积的平均值， m^2 。

6.3 水环境质量

6.3.1 水质指数

6.3.1.1 水质指数 (WQI) 按式 (29) ~ 式 (31) 计算，其中污染物的环境评价标准浓度限值应符合 GB 3838—2002 中表 1 IV 类的规定。

$$F_{i,j} = C_{i,j} / C_{s,i} \dots\dots\dots (29)$$

$$WQI_{i,j} = \left(\frac{F_{\max}^2 + F_{i,j}^2}{2} \right)^{1/2} \dots\dots\dots (30)$$

$$WQI = \sum_{i=1}^n w_i \times WQI_{i,j} \dots\dots\dots (31)$$

式中：

- $C_{i,j}$ ——水体中第 i 种污染物在 j 点的实测浓度， mg/L ；
 $C_{s,i}$ ——水体中第 i 种污染物的环境评价标准浓度限值， mg/L ；
 $F_{i,j}$ ——水体中第 i 种污染物在 j 点的污染指数， mg/L ；

F_{\max} ——水体中第 i 种污染物在 j 点的污染指数的最大值, mg/L;

$WQI_{i,j}$ ——单项水质参数 i 在第 j 点的标准指数;

w_i ——第 i 种污染物的权重值, 按 5.3 计算;

WQI ——水质指数 (计算值即为赋值)。

6.3.1.2 水质参数中溶解氧 (DO)、氢离子浓度指数 (pH) 与其他水质参数的性质不同, 因此, 应采用不同的指数形式。

a) DO 的标准指数按式 (32) ~ 式 (34) 计算。

$$S_{\text{DO},j} = \frac{|\text{DO}_f - \text{DO}_j|}{\text{DO}_f - \text{DO}_s}, \text{DO}_f \geq \text{DO}_s \dots\dots\dots (32)$$

$$S_{\text{DO},j} = 10 - 9 \times \frac{\text{DO}_j}{\text{DO}_s}, \text{DO}_f < \text{DO}_s \dots\dots\dots (33)$$

$$\text{DO}_f = 468 / (31.6 + T) \dots\dots\dots (34)$$

式中:

$S_{\text{DO},j}$ ——溶解氧 DO 在预测点 j 的标准指数;

DO_j ——监测点或预测点 j 处的溶解氧 DO 的质量浓度, mg/L;

DO_f ——某水温、气压条件下的饱和溶解氧 DO 的质量浓度, mg/L;

DO_s ——溶解氧的评价标准值, mg/L。

b) pH 的标准指数按式 (35)、式 (36) 计算。

$$S_{\text{pH},j} = \frac{7.0 - \text{pH}_j}{7.0 - \text{pH}_{\text{sd}}}, \text{pH}_j \leq 7.0 \dots\dots\dots (35)$$

$$S_{\text{pH},j} = \frac{\text{pH}_j - 7.0}{\text{pH}_{\text{su}} - 7.0}, \text{pH}_j > 7.0 \dots\dots\dots (36)$$

式中:

$S_{\text{pH},j}$ ——pH 在预测点 j 的标准指数;

pH_j ——pH 的实测值;

pH_{sd} ——水质标准中规定的 pH 下限;

pH_{su} ——水质标准中规定的 pH 上限。

6.3.2 综合营养状态指数

6.3.2.1 当城市河流特征流速不小于 0.03m/s 时, 综合营养状态指数的计算见《湖泊 (水库) 富营养化评价方法及分级技术规定》(总站生字 [2001] 090 号), 其赋值按式 (37) 计算。

6.3.2.2 当城市河流特征流速大于 0.03m/s 时, 该指数不适用。

$$TLI(\Sigma)_r = -0.0071TLI(\Sigma)^2 - 0.4442TLI(\Sigma) + 99.604 \dots\dots\dots (37)$$

式中:

$TLI(\Sigma)_r$ ——综合营养状态指数的赋值。

6.3.3 底泥污染指数

6.3.3.1 底泥污染指数按式 (38)、式 (39) 计算, 其中污染物的环境评价标准浓度限值应符合 GB 15618—2018 中表 3 的规定。

6.3.3.2 各指标的标准指数和指标权重确定后, 底泥污染指数按式 (40) 计算。

$$F_{i,j} = C_{i,j} / C_{s,i} \dots\dots\dots (38)$$

$$SPI_{i,j} = \left(\frac{F_{\max}^2 + F_{i,j}^2}{2} \right)^{1/2} \dots\dots\dots (39)$$

$$SPI = \sum_{i=1}^n w_i \cdot SPI_{i,j} \dots\dots\dots (40)$$

式中：

$C_{i,j}$ ——底泥中第 i 种污染物在 j 点的实测浓度，mg/kg；

$C_{s,i}$ ——底泥中第 i 种污染物的环境评价标准浓度限值，mg/kg；

$F_{i,j}$ ——底泥中第 i 种污染物在 j 点的污染指数；

F_{\max} ——底泥中第 i 种污染物在 j 点的污染指数的最大值；

$SPI_{i,j}$ ——单项底泥污染物 i 在第 j 点的标准指数；

w_i ——第 i 种污染物的权重值，按 4.3 计算；

SPI ——底泥污染指数（计算值即为赋值）。

6.3.4 水功能区水质达标指数

水功能区水质达标指数应符合 SL 395—2007 中第 6 章的规定，按式（41）计算。城市河流的水功能区划分标准应符合 GB/T 50594 的规定。

$$PFB_i = \frac{NFB_i}{NF_i} \times 100 \dots\dots\dots (41)$$

式中：

PFB_i ——水功能区（河长、面积）水质达标指数（计算值即为赋值）；

NFB_i ——在指定评价期水功能区水质达标的个数；

NF_i ——在指定评价期水功能区的总数。

6.3.5 汛期污染指数

汛期污染指数为某断面汛期首要污染物浓度与考核目标污染物浓度限值的比值，用于评价监测断面汛期污染程度与水质目标之间的差距。汛期指涵盖了河流一年中有规律发生洪水的时期以及河水上涨至回落到某一水位的时段。汛期污染指数按式（42）计算，其赋值按式（43）计算。

$$XQW_{i,j} = \frac{SYW_{i,j}}{KHW_i} \times 100 \dots\dots\dots (42)$$

$$XQW_r = 0.929XQW_{\max}^2 - 21.027XQW_{\max} + 117.55 \dots\dots\dots (43)$$

式中：

$XQW_{i,j}$ ——第 j 断面 i 污染物的汛期污染指数；

$SYW_{i,j}$ ——第 j 断面汛期 i 污染物浓度，mg/L；

KHW_i —— i 污染物考核目标污染物浓度限值，mg/L；

XQW_{\max} ——汛期污染指数最大值；

XQW_r ——汛期污染指数的赋值。

6.4 水生态系统结构与功能

6.4.1 浮游植物数量指数

浮游植物数量指数应用藻类密度指标进行评价，应符合 SL/T 793—2020 中 8.4.1 的规定，其赋值按式（44）计算。

$$FYZ_r = -19.11 \ln(AD_s) + 174.27 \dots\dots\dots (44)$$

式中：

AD_s ——藻类密度，万个/L；

FYZ_r ——浮游植物数量指数的赋值。

6.4.2 浮游动物生物指数

浮游动物生物指数应符合 SL/T 793—2020 中 8.4.2 的规定，按式 (45) 计算：

$$ZOE = \frac{ZO}{ZE} \times 100 \dots\dots\dots (45)$$

式中：

ZOE ——浮游动物生物指数（计算值即为赋值）；

ZO ——评价河道调查获得的浮游动物种类数量（剔除外来物种）；

ZE ——20 世纪 80 年代以前评价河道浮游动物种类数量。

6.4.3 大型水生植物覆盖度指数

大型水生植物覆盖度指数应符合 SL/T 793—2020 中 8.4.3 的规定，按式 (46) 计算，其赋值按式 (47) 计算。

$$CAP = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{L_0} \times \frac{A_{ci}}{A_{wi}} \times 100 \dots\dots\dots (46)$$

$$CAP_r = -0.0027CAP^2 + 1.184CAP + 6.0277 \dots\dots\dots (47)$$

式中：

A_{ci} ——评价河段 i 的河岸带河向水域内大型水生植物覆盖面积， km^2 ；

A_{wi} ——评价河段 i 的河岸带面积， km^2 ；

L_i ——评价河段 i 的长度， km ；

L_0 ——评价河段的总长度， km ；

CAP_r ——大型水生植物覆盖度指数的赋值。

6.4.4 大型底栖无脊椎动物生物完整性指数

6.4.4.1 大型底栖无脊椎动物生物完整性指数 ($BIBI$) 通过对比参照点和受损点大型无脊椎动物状况进行评价，应符合 SL/T 793—2020 中 8.4.4 的规定， $BIBI$ 计算过程应参照 SL/T 793—2020 附录 B 执行。

6.4.4.2 基于候选指标库选取核心评价指标，对评价河流底栖生物调查数据按照评价参数分值计算方法，计算 $BIBI$ 指数监测值，根据河流所在水生态分区 $BIBI$ 最佳期望值，按式 (48) 计算。

$$BIBI_r = \frac{BIBI_0}{BIBI_E} \times 100 \dots\dots\dots (48)$$

式中：

$BIBI_r$ ——评价河段大型底栖无脊椎动物生物完整性指数；

$BIBI_0$ ——评价河段大型底栖无脊椎动物生物完整性指标监测值；

$BIBI_E$ ——河段所在水生态分区大型底栖无脊椎动物生物完整性指标最佳期望值。

6.4.5 鱼类多样性指数

鱼类多样性指数反映了鱼类结构的复杂程度，指数值越大，表明鱼类群结构越复杂、稳定性越好，生态环境状况越好。采用 Shannon - Wiener 多样性指数 (H) 进行鱼类多样性分析，按式 (49) 计算，其赋值按式 (50) 计算。

$$H = - \sum_{i=1}^S (n_i/N) \times \log_2(n_i/N) \dots\dots\dots (49)$$

$$H_r = -1.391H^2 + 24.04H - 1.211 \dots\dots\dots (50)$$

式中：

H ——鱼类多样性指数；

n_i ——第 i 种鱼类尾数；

N ——评价河段鱼类总尾数；

S ——评价河段中鱼类种类数；

H_r ——鱼类多样性指数的赋值。

6.4.6 有害外来物种入侵指数

有害外来物种入侵指数的综合评价应符合 HJ 624 和 LY/T 2588 的规定，其赋值按式 (51) 计算。不同风险等级有害外来物种入侵指数的赋值标准见表 8。

$$R_r = -2.40R^2 - 16.23R + 101.04 \dots\dots\dots (51)$$

式中：

R ——有害外来物种入侵指数；

R_r ——有害外来物种入侵指数的赋值。

表 8 不同风险等级有害外来物种入侵指数的赋值标准表

风险等级	风险水平描述	综合评价价值	有害外来物种入侵指数赋值	入侵学意义
一级	极高危险	3.2~4.0	≤ 20	入侵风险极高，危害特征符合一类动物疫病、甲类传染病、一类有害生物或恶性杂草水平
二级	高度危险	2.7~3.1	21~40	入侵风险高、危害特征符合二类动物疫病、乙类传染病、二类有害生物或区域性恶性杂草水平
三级	中度危险	2.0~2.6	41~60	入侵风险中等，危害特征符合三类动物疫病、丙类传染病、三类有害生物，常见杂草或一般杂草水平
四级	轻度危险	1.2~1.9	61~80	入侵风险较低
五级	无危险	0~1.1	≥ 81	无入侵风险

6.5 社会服务功能

6.5.1 防洪指数

城市河流防洪指数指达到防洪标准的堤防长度占堤防总长度的比例，应符合 SL/T 793—2020 中 8.5.2 的规定，按式 (52) 计算，其赋值按式 (53) 计算。无相关规划对防洪达标标准规定时，可参照 GB 50201 确定。

$$FDRI = \frac{RDA}{RD} \times 100 \dots\dots\dots (52)$$

$$FDRI_r = 201.11FDRI^2 - 105.29FDRI + 5.82 \dots\dots\dots (53)$$

式中：

$FDRI$ ——评价河段防洪指数，%；

RDA ——评价河段达到防洪标准的堤防总长度，km；

RD ——评价河段堤防总长度，km；

$FDRI_r$ ——评价河段防洪指数的赋值。

6.5.2 供水指数

城市河流供水指数指以实际平均日供水量为权重，统计城市河流所有供水工程的供水保证率，应符合 SL/T 793—2020 中 8.5.3 的规定，其赋值按式 (54) 计算。

$$WSI_r = 114.10WSI^2 - 16.16WSI - 0.61 \dots\dots\dots (54)$$

式中：

WSI ——供水指数，%；

WSI_r ——供水指数赋值。

6.5.3 再生水排放指数

城市河流再生水排放指数指再生水排放量与污水排放总量的比值。城市再生水的标准应符合 GB/T 18919 的规定，按式 (55) 计算，其赋值按式 (56) 计算。

$$RWDI = \frac{RWD}{SWD} \times 100 \dots\dots\dots (55)$$

$$RWDI_r = 93.77RWDI^2 - 192.10RWDI + 99.62 \dots\dots\dots (56)$$

式中：

RWD ——评价河段年度再生水排放量， m^3/a ；

SWD ——评价河段年度污水排放总量， m^3/a ；

$RWDI$ ——评价河段再生水排放指数，%；

$RWDI_r$ ——评价河段再生水排放指数赋值。

6.5.4 市民满意度

评价市民对河道的环境、水质水量、涉水景观等的满意程度，采用公众调查方法评价，其赋值取评价流域内参与调查的公众赋值的平均值。城市河流生态健康市民满意度调查表见附录 B。

7 评价结果计算与表征

7.1 评价结果计算

7.1.1 目标层评价

7.1.1.1 城市河流生态健康评价计算方法采用层次分析法与线性加权法相结合的方法。即要素层指数可以由指标层经求和加权得出，目标层可以由要素层求和加权得出。

7.1.1.2 城市河流生态健康评价计算包括指标层赋值的计算、指标层对要素层权重的计算和要素层分值计算，以及要素层对目标层权重的计算。

7.1.2 指标层得分值的计算

根据评价指标原始数据和相应的标准值，确定评价指标的类型，按式 (1) 进行指标同度量化计算，得到评价指标的得分值，即无量纲化值 (y_i)。

7.1.3 指标层对目标层权重的计算

按式 (8) 进行层次组合权重计算，得出指标层对目标层的权重，即组合权重向量。

7.1.4 要素层和目标层得分计算

各指标的无量纲化值和指标权重确定后，代入式 (57)、式 (58)，求得各要素层指标的得分值：

$$EI = \sum_{i=1}^n ux_i \times 100 \dots\dots\dots (57)$$

$$TI = \sum_{i=1}^n \omega y_i \times 100 \dots\dots\dots (58)$$

式中：

x_i ——各指标层指标赋值；

u ——指标层的权重向量；

EI ——要素层的综合得分指数；

ω ——要素层的权重向量；

y_i ——各要素层指标得分值；






TI ——目标层的综合得分指数。

7.2 评价结果表征

7.2.1 城市河流水体生态健康分为5级：理想状况、健康、亚健康、受损、严重受损。

7.2.2 城市河流水体生态健康等级根据评价指标综合赋值确定，采用百分制，城市河流生态健康等级、颜色分级和说明见表9。

表9 城市河流生态健康等级、颜色分级和说明

等级	颜色		评分范围
理想状况	蓝		$80 \leq TI \leq 100$
健康	绿		$60 \leq TI < 80$
亚健康	黄		$40 \leq TI < 60$
受损	橙		$20 \leq TI < 40$
严重受损	红		$0 \leq TI < 20$

8 城市河流生态环境质量监测

8.1 监测断面和监测点位

城市河流生态健康评价指标的监测断面和监测点位的选择应符合 SL/T 793—2020 中 9.2 的规定。

8.2 监测数据来源

城市河流生态健康评价指标监测数据主要来源于各地方水行政主管部门的水文站和水质站的监测数据；部分缺失数据的监测方案参照 SL 196、SL 219、SL 278、SL 383、SC/T 9102.3、SC/T 9402，以及《河流水生态环境质量监测技术指南（试行）》执行。城市河流生态健康调查数据表参附录 C。

附录 A

(资料性)

城市河流生态健康评价报告编制目录

A.1 基本情况

A.1.1 评价河流的概况（概述评价河流的自然地理、水系及历史演变、水文气象及经济社会状况）。

A.1.2 评价河流的特点（概述评价河流的开发状况、水动力、水环境、水生态等方面的主要特点）。

A.1.3 评价的工作过程（概述评价的工作过程）。

A.2 城市河流生态健康评价方案

A.2.1 筛选评价指标（根据评价河流的特点，选择评价指标；重点针对选用的备选指标，说明其选用的必要性和依据）。

A.2.2 城市河流分段评价方案（根据评价河流的结构特点，给出分段的评价方案，并说明其合理性；以图表结合的方式，说明各评价河段的空间位置与物理参数，例如：起始和终止断面里程桩号、河长、河宽等）。

A.3 城市河流生态健康调查监测方案

A.3.1 评价指标数据来源（根据调研资料、数据，能收集到的第三方权威数据不再进行检测，其他指标进行专项勘察、监测）。

A.3.2 专项监测方案（以图表结合的方式，说明专项监测指标的监测点位、监测断面布置方案、监测频次和监测时间）。

A.3.3 监测成果整理（对收集的调研数据和专项监测数据，进行数据的代表性、准确性、可靠性和客观性分析，形成监测数据包）。

A.4 城市河流生态健康评价结论

A.4.1 指标权重的计算（在专家咨询的基础上，采用层次分析法，确定各层级的指标权重）。

A.4.2 指标赋值（根据监测数据包和计算公式，计算得出各项指标的得分）。

A.4.3 确定评价结论（根据指标权重和指标赋值，逐层计算各层级指标得分和总评分，明确城市河道水体生态健康评价的结论）。

A.5 附图及附表

A.5.1 城市河流结构图：平面图、横纵剖面图、河底结构图等。

A.5.2 城市河流水系图：应包括水资源分区、水功能区划、行政区划、重要水工程布置等信息。

A.5.3 城市河流调查监测方案专题图：应包括评价河段的位置图，常规水文、水质站位置图，监测点位及监测断面及其照片等。

A.5.4 附表：应包括评价河段、监测点位、样方信息、调查表、生物物种名录。

附 录 B

(资料性)

城市河流生态健康市民满意度调查表

表 B.1 规定了城市河流生态健康评价的调查阶段，市民满意度调查表。

表 B.1 城市河流生态健康市民满意度调查表

姓名	(选填)	性别	男 <input type="checkbox"/> 女 <input type="checkbox"/>	年龄	15~30 <input type="checkbox"/> 30~50 <input type="checkbox"/> 50 以上 <input type="checkbox"/>
文化程度	大学以上 <input type="checkbox"/> 大学以下 <input type="checkbox"/>	职业	自由职业者 <input type="checkbox"/> 国家工作人员 <input type="checkbox"/> 其他 <input type="checkbox"/>		
住址	(选填)	联系电话	(选填)		
与城市河流的关系	河流居民 (河流岸以外 1km 范围以内)				
	非沿河道居民	河湖管理者			
		河湖周边从事生产活动			
		旅游经常来			
		旅游偶尔来			
河流状况评价					
水 量			水 质		
太少			清洁		
还可以			一般		
太多			比较脏		
不好判断			太脏		
鱼类数量			大 鱼		
数量少很多			重量小很多		
数量少了一些			重量小了一些		
没有变化			没有变化		
数量多了			重量大了		
适宜性状况					
水景观		优美			
		丑陋			
散步与娱乐休闲活动		适宜			
		不适宜			
对城市河流的满意程度调查					
总体评价赋值标准		不满意的原因是什么?		希望状况是什么样的?	
很满意	100				
满意	80				
基本满意	60				
不满意	30				
很不满意	0				
总体评价赋值					

附录 C

(资料性)

城市河流生态健康调查数据表

表 C.1 规定了城市河流生态健康评价的调查阶段，各指标的调查数据表。

表 C.1 城市河流生态健康调查数据表

日期：		时间：		
地点： 省 市 县 村				
站位：		河流类型：		河道：
经纬度：E _____ N _____ 海拔高度 _____ m				
河流所属水系：			河流名称：	
起始时间：			终止时间：	
调查人：				
天气情况		当前	过去 24 小时	过去 7 天有无大雨？
	暴雨（大雨）	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
	小雨（中雨）	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
	阵雨	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	气温 _____ °C
	多云	<input type="checkbox"/> _____ %	<input type="checkbox"/> _____ %	
晴	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	其他 _____	
水域特征	周围土地利用优势类型 <input type="checkbox"/> 森林 _____ %， <input type="checkbox"/> 牧场/草原 _____ %， <input type="checkbox"/> 农业 _____ %， <input type="checkbox"/> 居民区 _____ %， <input type="checkbox"/> 商业 _____ %， <input type="checkbox"/> 工业 _____ %， <input type="checkbox"/> 其他 _____			
河岸带特征	斜坡倾角 _____ ° 斜坡高度 _____ m 河岸带面积 _____ m ² 湿地面积 _____ m ²	基质（类别） <input type="checkbox"/> 基岩 <input type="checkbox"/> 岩土河岸 <input type="checkbox"/> 黏土河岸 <input type="checkbox"/> 非黏土河岸 河岸冲刷状况 <input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/> 轻度 <input type="checkbox"/> 中度 <input type="checkbox"/> 重度 人类干扰活动 <input type="checkbox"/> 河岸硬质性砌护 <input type="checkbox"/> 采砂 <input type="checkbox"/> 沿岸建筑物（房屋） <input type="checkbox"/> 公路（铁路） <input type="checkbox"/> 垃圾填埋场或垃圾堆放 <input type="checkbox"/> 管道 <input type="checkbox"/> 农业耕种 <input type="checkbox"/> 畜牧养殖 <input type="checkbox"/> 河滨公园 <input type="checkbox"/> 开采地下资源 <input type="checkbox"/> 考古发掘 <input type="checkbox"/> 集市贸易		
水文特征	河段长度 _____ m 河段宽度 _____ m 河段面积 _____ km ² 河流深度 _____ m 高水位线 _____ m 表面流速 _____ m/s 月径流量 _____ m ³ 最小日均流量 _____ m ³	上方覆盖度 <input type="checkbox"/> 半开阔 <input type="checkbox"/> 半荫 <input type="checkbox"/> 全荫 河段代表性形态类型比例 <input type="checkbox"/> 浅滩 _____ % <input type="checkbox"/> 急流 _____ % <input type="checkbox"/> 池塘 _____ % 是否渠道化 <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 _____ m 是否有水坝 <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 _____ 个		

表 C.1 城市河流生态健康调查数据表 (续)

水质	温度 _____ °C 盐度 _____ 溶氧 DO _____ mg/L pH _____ 透明度 _____ m 浊度 _____ NTU 总磷 TP _____ mg/L 总氮 TN _____ mg/L COD _____ mg/L 叶绿素 a _____ mg/L	水体气味 <input type="checkbox"/> 正常/无 <input type="checkbox"/> 污物 <input type="checkbox"/> 石油 <input type="checkbox"/> 化学药品 <input type="checkbox"/> 腥臭 <input type="checkbox"/> 其他 _____ 水表油污 <input type="checkbox"/> 平滑 <input type="checkbox"/> 闪光 <input type="checkbox"/> 油珠 <input type="checkbox"/> 斑块 <input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/> 其他 _____ 水功能区是否达标 <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
底泥	总氮 TN _____ mg/kg 总磷 TP _____ mg/kg 有机质 _____ g/kg 总镉 _____ mg/kg 总汞 _____ mg/kg 总铬 _____ mg/kg 总铅 _____ mg/kg 总砷 _____ mg/kg 总镍 _____ mg/kg 总铜 _____ mg/kg 总锌 _____ mg/kg	气味 <input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 污物 <input type="checkbox"/> 石油 <input type="checkbox"/> 化学药品 <input type="checkbox"/> 厌氧 <input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/> 其他 _____ 油污 <input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/> 轻微 <input type="checkbox"/> 中等 <input type="checkbox"/> 严重 沉积物 <input type="checkbox"/> 淤泥 <input type="checkbox"/> 木屑 <input type="checkbox"/> 造纸纤维 <input type="checkbox"/> 沙 <input type="checkbox"/> 贝壳残骸 <input type="checkbox"/> 其他 陷入河床的石块，其底部是否为黑色 <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
水生植物	优势类型 <input type="checkbox"/> 挺水型 _____ %， <input type="checkbox"/> 沉水型 _____ %， <input type="checkbox"/> 浮叶型 _____ %， <input type="checkbox"/> 漂浮型 _____ %， <input type="checkbox"/> 浮游藻类 _____ %， <input type="checkbox"/> 着生藻类 _____ %， 优势物种 _____，种类数量 _____ 大型水生植物覆盖河段百分比 _____ %	
水生动物	底栖动物 <input type="checkbox"/> 扁形动物门 _____ %， <input type="checkbox"/> 腹足纲 _____ %， <input type="checkbox"/> 瓣鳃纲 _____ %， <input type="checkbox"/> 蛭纲 _____ %， <input type="checkbox"/> 寡毛纲 _____ %， <input type="checkbox"/> 多毛纲 _____ %， <input type="checkbox"/> 等足目 _____ %， <input type="checkbox"/> 十足目 _____ %， <input type="checkbox"/> 双翅目 _____ %， <input type="checkbox"/> 鞘翅目 _____ %， <input type="checkbox"/> 蜉蝣目 _____ %， <input type="checkbox"/> 毛翅目 _____ %， <input type="checkbox"/> 鳞翅目 _____ %， <input type="checkbox"/> 广翅目 _____ %， <input type="checkbox"/> 蜻蜓目 _____ %， <input type="checkbox"/> 襀翅目 _____ %， 优势物种 _____，种类数量 _____	
	鱼类 <input type="checkbox"/> 鲤形目 _____ %， <input type="checkbox"/> 鲱形目 _____ %， <input type="checkbox"/> 鲑形目 _____ %， <input type="checkbox"/> 鳗鲡目 _____ %， <input type="checkbox"/> 鲇形目 _____ %， <input type="checkbox"/> 鲟形目 _____ %， <input type="checkbox"/> 颌针鱼目 _____ %， <input type="checkbox"/> 鲈形目 _____ %， <input type="checkbox"/> 刺形目 _____ %， <input type="checkbox"/> 鲻形目 _____ %， <input type="checkbox"/> 合鳃鱼目 _____ %， <input type="checkbox"/> 鲀形目 _____ %， <input type="checkbox"/> 鲉形目 _____ %， <input type="checkbox"/> 蝶形目 _____ %， <input type="checkbox"/> 鲀形目 _____ %， 优势物种 _____，种类数量 _____	

参 考 文 献

- [1] 中国环境监测总站. 湖泊（水库）富营养化评价方法及分级技术规定（总站生字〔2001〕090号）[Z], 2001.
- [2] 中国环境监测总站. 河流水生态环境质量监测技术指南（试行）[Z], 2014.
-

全国团体标准

团 体 标 准

城市河流生态健康评价技术规程

T/CHIDA 01—2022

T/CWEC 32—2022

条 文 说 明

全国团体标准

目 次

1 范围.....	27
5 评价指标及权重.....	27
6 指标赋值方法.....	28
7 评价结果计算与表征.....	30

全国团体标准

城市河流生态健康评价技术规程

1 范围

由于城市河流水体生态系统具有很强的复杂性和不确定性，影响其健康的因素众多，导致评价指标的选取和量化方法多种多样，评价方法难以统一。有必要针对城市河流的共性特征和个性特征，探索研究适合于城市河流水体生态的健康评价体系，提出统一的工作流程、指标体系、指标权重及其计算方法、评价结果计算与表征。

5 评价指标及权重

5.1 指标体系

5.1.3 要素层参考 SL/T 793—2020《河湖健康评估技术导则》中 6.1 规定：完整性准则层包括水文水资源完整性（简称“水文水资源”）、物理结构完整性（简称“物理结构”）、化学完整性（简称“水质”）、生物完整性（简称“生物”）和社会服务功能完整性（简称“社会服务功能”）。

5.1.4 指标层部分参考 SL/T 793—2020《河湖健康评估技术导则》中 6.1 规定的指标。结合城市河流的特点，增加了“河岸带硬化率指数”“年径流总量控制率指数”“水面面积率指数”“优良河势保持率指数”“水质指数”“底泥污染指数”“鱼类多样性指数”“市民满意度指数”。

5.2 指标预处理

鉴于河流水体生态评价体系是一个综合的多指标体系，且不同指标变量的计量单位和变异程度均不相同，通过无量纲化处理，消除指标间不同计量单位和不可对比的问题。且无量纲化处理的过程将实际值转化成评价值，取代了各项指标的赋值，遵循了客观、科学的原则。

指标无量纲化的常用方法包括阈值法、标准化法、比重法等，本文件结合不同指标的指向性不同，优化选择阈值法，其处理结果为 $[0, 1]$ ，指标值之间的可比性强。

5.3 指标权重的确定

目前，国内的评价体系中的指标权重均采用直接赋值法，导致评价过程缺乏对比，增加了主观意识，极大地限制了评价标准的客观性、适用性。因此，本标准参考美国运筹学家 Thomas L. Saaty 提出的层次分析法（AHP），并与专家咨询的经验判断法相结合的方式各项指标权重的计算确定，从而增加了评价指标之间的对比性和客观性。

针对“一河一策”的方针，根据每条河流独有的特征，选取的评价指标各不相同，且各项指标对河流的生态健康影响程度各不相同，该方法可根据实际情况进行客观地计算指标权重，具有较强的灵活性、适用性。

5.4 层次组合权重

层次组合权重是指评价多层次指标时，即某项或某几项评价指标可再分为次级评价指标时，次级评价指标的权重既考虑其本身在所有次级评价指标中的权重分配，又要考虑其高层评价指标在所有评价指标中的权重分配。

层次组合有两种最基础的计算方法：代数和法、乘法。本标准选用乘法计算，即将指标层评价指标在要素层评价指标中的权重分配、要素层评价指标在目标层评价指标中的权重分配和目标层评价指标在所有评价指标中的权重分配进行乘积计算，以求得指标层评价指标的组合权重。

6 指标赋值方法

6.1 水文特征

6.1.1 流量过程变异指数为负向指标，其计算值越大，与天然水文情势的差异越大，表明河流的生态环境功能受损越严重。根据指标计算之后的结果，采用赋值公式式（11）进行赋值。

6.1.2 生态需水满足指数为正向指标，其计算值越大，表明河流的生态环境功能越健康。多年平均径流量采用不低于 30 年系列的水文监测数据推算。且评价断面应选择国家有明确要求的、具有重要生态保护价值或重要敏感物种的水域或行政区界断面。

6.2 河流空间结构

6.2.1 河岸带是水域与陆域系统间的过渡区域，是河流系统的保护屏障。经地方政府批准划定河流管理范围或划定岸线范围的河流，其河岸带为河流管理范围内由枯水位边线至管理范围的陆域边缘并向外延伸 10m 的区域。

没有划定管理范围或岸线范围的河流应按照下列方法确定：

（1）有堤防的河流：河岸带为堤防内除枯水位水域以外的区域、堤防及护堤地。护堤地宽度不足 10m 的延伸至 10m 范围。

（2）无堤防的河流：以历史最高洪水位或设计洪水位与岸边的交界线作为陆向边缘线，河岸带范围为枯水位至陆向边缘线。

河岸带稳定性指数为正向指标，其计算值越大，表明评价河流的河岸带越稳定，河流生态环境功能越健康。

6.2.2 河岸带硬化率指数为反向指标，其计算值越大，表明评价河流的河岸带硬化程度越高，河流生态环境功能受损越严重。根据河岸带硬化程度可分为硬质护岸、柔性护岸、生态护岸、自然护岸。根据指标计算之后的结果，采用赋值公式式（16）进行赋值。

6.2.3 河岸带人工干扰指数为反向指标，其计算值越大，表明河流的河岸带人工干扰越大，河流的生态环境功能受损越严重，采用抵扣法进行赋值，即无表 5 所述人类活动干扰的河段赋值为 100 分，每出现一项人类活动扣除其对应分值，扣完为止。

6.2.4 年径流总量控制指数为正向指标，其计算值越大，评价河段的年径流总量控制率越大，表明河流的生态环境功能越健康。根据指标的计算结果，采用赋值公式式（18）进行赋值。

6.2.5 河流纵向连通性指数主要调查评价河流对鱼类等生物物种迁徙及水流与营养物质传递阻断状况。重点调查监测断面以下至河口河段的闸坝阻隔特征，闸坝阻隔分为四类情况：完全阻隔、严重阻隔、阻隔、轻度阻隔（有鱼道、下泄流量满足生态基流要求）。

河流纵向连通性指数为正向指标，其赋值值越大，表明河流的纵向连通性越流畅，河流生态环境功能越健康。根据指标计算之后的结果，采用赋值公式式（20）进行赋值。

6.2.6 水面面积率指数为正向指标，其计算值越大，评价河段的水面面积率越大，表明河流的生态环境功能越健康。根据指标的计算结果，采用赋值公式式（22）进行赋值。

6.2.7 河势是指在一定的水沙条件、河床边界条件和侵蚀基准面条件诸多因素的相互作用下，构成一定的水流运动、河床平面形态即两者之间相对关系的综合态势。从自然属性出发河势包括水沙输移和河流形态，而水沙运动与河流形态相适应则为优良的河势。优良河势指标体系是为了对河流的河势优良状况进行评价，以及为河流整治以达到河势优良状态的目标来服务的。评价河势的指标基本上是从河流结构形态出发而提出的指标，选用宽深比、分流比、弯曲半径、深泓摆动幅度和洲滩冲淤幅度等指标，对不同类型的河段进行优良河势保持率的综合评价。

优良河势保持率指数为正向指标，其计算值越大，表明评价河段保持优良河势的长度越长，河流

的生态环境功能越健康。指标计算值与赋值完全一致。

6.3 水环境质量

6.3.1 水质指标应根据城市河流的个体特征，选择 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》规定的基本指标。由于部分水质指标（例如 DO）为正相关指标，而部分指标为负相关指标（例如 COD_{Mn} 、 BOD_5 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ ），需对指标进行同度量化。经同度量化后的指数按式（31）计算水质指数的赋值。采用内梅罗（Nemerow）指数法计算各指标的标准指数，各指标的标准指数和指标权重确定后，代入式（33），求得水质指数。在 COD 大于 30mg/L 的水域宜选用化学需氧量；在 COD 小于等于 30mg/L 的水域宜选用高锰酸盐指数。

水质指数为负向指标，其计算值越大，表明城市河流的水体综合污染状况越差，河流的生态环境功能受损越严重。指标计算值与赋值完全一致。

6.3.2 部分河床地势平缓的城市河流存在水流速度较为平缓的情况（ $\leq 0.03\text{m/s}$ ），因此提出综合营养状态指数的指标。该指数参考中国环境监测总站 2001 年提出的《湖泊（水库）富营养化评价方法及分级技术规定》（总站生字〔2001〕090 号）规定进行计算。

综合营养状态指数为负向指标，其计算值越大，表明评价河流水体富营养程度越严重，河流的生态环境功能受损越严重。根据各营养状态指标的计算结果，采用赋值公式式（36）进行赋值。

6.3.3 底泥污染指数为负向指标，其计算值越大，表明城市河流的底泥受污染越严重，河流的生态环境功能受损越严重。采用内梅罗（Nemerow）指数法计算各指标的标准指数，各指标的标准指数和指标权重确定后，代入式（40），求得底泥污染指数，指标计算值与赋值完全一致。

6.3.4 水功能区水质达标指数采用规划范围内全部水功能区中水质达到其水质管理目标的水功能区个数（河长、面积）的比例表示。用以宏观反映区域河流水质满足水资源保护要求的总体状况。

水功能区水质达标指数为正向指标，其计算值越大，表明城市河流的水功能区水质达标数量越多，河流的生态环境功能越健康。指标计算值与赋值完全一致。

6.3.5 汛期污染指数为负向指标，其计算值越大，表明城市河流断面受污染越严重，河流的生态环境功能受损越严重。断面汛期污染物考核目标污染物浓度限值根据各地方政府考核目标确定，采用赋值公式式（43）进行赋值。

6.4 水生态系统结构与功能

6.4.1 浮游植物包括所有生活在水中以浮游方式生存的微小植物，通常指浮游藻类，而不包括细菌和其他植物。浮游植物能进行光合作用，是河流中主要初级生产者，对河流的营养结构非常重要。

浮游植物数量指数为负向指标，其数量越大，表明河流的生态环境功能受损越严重。根据藻类密度，采用赋值公式式（44）进行赋值。

6.4.2 浮游动物数量指数为负向指标，其数量越大，表明河流的生态环境功能受损越严重。采用赋值公式式（45）进行赋值。

6.4.3 大型水生植物覆盖度指标为正向指标，其计算值越大，表明河流的生态环境功能越健康。根据水域内的浮水植物、挺水植物、沉水植物和漂浮植物四类植物中非外来物种的总覆盖度，采用赋值公式式（47）进行赋值。

6.4.4 大型底栖无脊椎动物是指其生活史中全部或大部分时间生活在河流底部基质上的水生无脊椎动物，主要包括扁形动物（涡虫）、环节动物（寡毛类和水蛭）、线形动物（线虫）、软体动物、甲壳动物和各类水生昆虫。大型底栖无脊椎动物是河流生物评价中最常用的生物类群，已被广泛应用于评价人类活动对河流生态系统的干扰和影响。

大型底栖无脊椎动物生物完整性指数为正向指标，其计算值越大，表明河流的生态环境功能越健康。该指数可根据式（48）的计算，指标计算值与赋值完全一致。

6.4.5 鱼类多样性指数为负向指标，其计算值越大，表明鱼类群结构越复杂、稳定性越好，河流的生态环境功能越健康。采用 Shannon - Wiener 多样性指数 (H) 进行鱼类多样性分析。根据鱼类多样性指数的计算结果，采用赋值公式式 (50) 进行赋值。

6.4.6 有害外来入侵物种指数为正向指标，其综合评价价值越大，表明入侵风险越高、危害特征越强，表明河流的生态环境功能受损越严重。根据有害外来物种入侵的综合评价价值，采用赋值公式式 (51) 进行赋值。

6.5 社会服务功能

6.5.1 防洪指数为正向指标，其计算值越大，表明河流的生态环境功能越健康。采用赋值公式式 (53) 进行赋值。

6.5.2 供水指数为正向指标，其计算值越大，表明河流的生态环境功能越健康。采用赋值公式式 (54) 进行赋值。

6.5.3 再生水排放指数为正向指标，其计算值越大，表明河流的生态环境功能越健康。采用赋值公式式 (56) 进行赋值。

6.5.4 市民满意度指数为正向指标，其计算值越大，表明河流的生态环境功能越健康。采用公众调查方法评价，其赋值取评价流域内参与调查的公众赋值的平均值。

7 评价结果计算与表征

使用湖州市潜山港水环境综合治理项目河流水体生态健康评价算例对评价结果计算与表征进行说明。

湖州市潜山港水环境综合治理项目河流水体生态健康评价算例

一、评价河段概况

评价河段位于浙江省湖州市市政府附近的潜山港，是河流街道辖区的市级河流，工程段南起中兴桥一号桥闸（外河为西苕溪的旄儿港段），北至金色地中海，长 1.3km，水域面积 4.74 万 m^2 左右，平均水深约 1.5m，容量约 7.11 万 m^3 。根据现场调查，评价河段内存在多处排放口，水生动物较多，岸边植被较少、垃圾堆积、水体浑浊、水生植被量少，水体整体景观效果较差。

2018—2022 年开展水环境综合治理和维护工程，此次评价基于 2020 年的监测数据。

二、筛选评价指标

根据工程分析、评价河段的基本特征和个体特征，筛选评价指标如下：

(1) 水文特征 (B1)：流量过程变异指数 (C1)、生态需水满足指数 (C2)。

(2) 河流空间结构 (B2)：河岸带状况 (C3) [包括河岸带稳定性指数 (C3-1)、河岸带硬化率指数 (C3-2)、河岸带人工干扰指数 (C3-3)、河岸带年径流总量控制率指数 (C3-4)]、水面面积率指数 (C5)、优良河势保持率 (C6)。

(3) 水环境质量 (B3)：水质指数 (C8) [包括溶解氧含量 (C8-1)、高锰酸盐指数 (C8-2)、氨氮 (C8-5)、五日生化需氧量 (C8-7)]、综合营养状态指数 (C9)、底泥污染指数 (C10) [包括总氮 (C10-1)、总磷 (C10-2)、重金属风险指数 (C10-4)]、汛期污染指数 (C12)。

(4) 水生态系统结构与功能 (B4)：大型水生植物覆盖指数 (C15)、大型底栖无脊椎动物生物完整性指数 (C16)、鱼类多样性指数 (C18)。

(5) 社会服务功能 (B5)：防洪指数 (C19)、市民满意度指数 (C21)。

三、指标权重计算

根据层次分析法 (AHP) 与经验判断法相结合确定各层级的指标权重。以要素层权重赋值为例，步骤如下：

(1) 将要素层指标进行一一对比, 通过专家打分法对指标进行赋值后, 建立指标体系的判断矩阵。该评价河段要素层指标权重的判断矩阵见表 1。

表 1 评价河段要素层指标权重判断矩阵表

要素层 B 编号	B1	B2	B3	B4	B5
B1	1.000	0.500	0.250	0.167	2.000
B2	2.000	1.000	0.500	0.333	4.000
B3	4.000	2.000	1.000	0.667	8.000
B4	6.000	3.000	1.500	1.000	12.000
B5	0.500	0.250	0.125	0.083	1.000

(2) 根据判断矩阵计算其特征向量和最大特征根。该评价河段要素层指标权重的特征向量为: B (0.074, 0.148, 0.295, 0.444, 0.037)。

(3) 根据特征向量分配要素层的指标权重赋值, 即水文特征 (B1) 的权重为 0.074; 河流空间结构 (B2) 的权重为 0.148; 水环境质量 (B3) 的权重为 0.295; 水生态系统结构与功能 (B4) 的权重为 0.444; 社会服务功能 (B5) 的权重为 0.037。

四、指标数据收集

1. 流量过程变异指数

选择代表性水文站跟踪监测评价河段全年的月径流量, 按 SL/T 793—2020 中式 (2) 计算得到流量过程变异指数计算值, 按式 (10) 计算得到流量过程变异指数赋值, 表 2 为月径流量记录数据和流量过程变异指数赋值结果。评价河段的流量过程变异指数赋值为 27.74。

表 2 评价河段流量过程变异指数赋值计算表

月份	2020 年				
	实际月径流量 /m ³	天然径流量 /m ³	天然—实际 /m ³	天然—实际 /天然平均值	天然—实际 /(天然平均值) ²
1	63960	66490	2530	0.007221865	5.21553E-05
2	50760	53290	2530	0.007221865	5.21553E-05
3	112440	114970	2530	0.007221865	5.21553E-05
4	112560	324090	211530	0.603810747	0.364587418
5	318720	419480	100760	0.28761864	0.082724482
6	547320	657100	109780	0.31336616	0.09819835
7	546240	652280	106040	0.302690359	0.091621453
8	793680	1046570	252890	0.721872547	0.521099974
9	148920	328440	179520	0.51243845	0.262593165
10	226800	372330	145530	0.415414258	0.172569006
11	90840	93370	2530	0.007221865	5.21553E-05
12	72960	75490	2530	0.007221865	5.21553E-05
全年径流量	3085200	4203900	1118700		1.593654626
全年月平均	257100	350325	93225		
FD	变异指数计算值				1.26
FD_r	指标赋值				27.74

2. 生态需水满足指数

根据水文站的监测结果，得到多年平均径流量为 $0.24\text{m}^3/\text{s}$ 。按式 (12) 计算得到 4—9 月和 10 月至次年 3 月的日径流量占多年平均流量百分比的最小值，按式 (13) 计算得到生态需水满足指数赋值，表 3 为月径流量记录数据和生态需水满足指数赋值结果。评价河段的流量过程变异指数赋值为 71.54。

表 3 评价河段生态需水满足指数赋值计算表

生态需水满足指数	多年平均径流量 / (m^3/s)	最小日径流量 / (m^3/s)		分指标计算值		分指标赋值		指标赋值 $EF_r = \min(EF_{1r}, EF_{2r})$
		一般水期 (10 月至次年 3 月)	鱼类产卵育幼期 (4—9 月)	EF_1	EF_2	EF_{1r}	EF_{2r}	
	0.24	0.0476	0.0988	19.83%	41.17%	71.54	73.78	71.54

3. 河岸带稳定性指数

根据现场测量记录结果和踏勘情况，得到斜坡倾角、植被覆盖、斜坡高度、基质类别、河床冲刷状况的指标情况。按指数赋值表赋值。按式 (14) 计算得到河岸带稳定性指数赋值，表 4 为测量记录数据和河岸带稳定性指数赋值结果。评价河段的河岸带稳定性指数赋值为 54.69。

表 4 评价河段河岸带稳定性指数赋值计算表

位置		调查数据				赋值				河岸稳定性指数赋值 BKS_r
		斜坡倾角 / [$^\circ$ <]	斜坡高度 / (m, <)	基质类别	河床冲刷状况	斜坡倾角	斜坡高度	基质	河床冲刷状况	
监测断面 1	左岸	15	1.8	黏土河岸	轻度冲刷	75.00	52.99	25.00	75.00	54.69
	右岸	12	2.5	黏土河岸	轻度冲刷	80.00	37.70	25.00	75.00	
监测断面 2	左岸	20	1.2	黏土河岸	轻度冲刷	66.67	67.68	25.00	75.00	
	右岸	15	2.7	黏土河岸	轻度冲刷	75.00	33.69	25.00	75.00	
监测断面 3	左岸	13	3.2	黏土河岸	轻度冲刷	78.33	24.38	25.00	75.00	
	右岸	10	2.5	黏土河岸	轻度冲刷	83.33	37.70	25.00	75.00	
监测河段平均值		14.17	2.32			76.39	42.36	25.00	75.00	

4. 河岸带硬化率指数

根据现场测量记录结果和踏勘情况，按式 (15) 计算得到评价河段河岸带硬化率指数。按式 (16) 计算得到河岸带硬化率指数的赋值，表 5 为测量记录数据和河岸带硬化率指数赋值结果。评价河段的河岸带硬化率指数赋值为 84.85。

表 5 评价河段河岸带硬化率指数赋值计算表

位置		评价河段 1	评价河段 2	评价河段 3	河岸带硬化率指数赋值 HR_r
河流长度 / m		400	500	400	84.85
指标值	左岸	14%	0%	15%	
	右岸	10%	0%	12%	
监测段平均		12.00%	0.00%	13.50%	
河岸带硬化率指数 (HR)		7.85%			

5. 河岸带人工干扰指数

根据现场测量记录结果和踏勘情况，按 100 分扣除人工干扰项计算得到河岸带人工干扰指数赋值，表 6 为测量记录数据和河岸带人工干扰指数赋值结果。由于评价河段内未出现“四乱”现象，河岸带人工干扰指数赋值为 100。

表 6 评价河段河岸带人工干扰指数赋值计算表

序号	类型	“四乱”内容	城市河流岸线管理范围内出现以下内容每处扣分
1	乱采	采砂	—
2		取土	—
3	乱占	围垦河流	—
4		非法侵占水域、滩地	—
5		种植阻碍行洪的林木及高秆作物	—
6	乱堆	乱扔乱堆垃圾	—
7		倾倒、填埋、贮存、堆放固体废弃物	—
8		弃置、堆放阻碍行洪的物体	—
9	乱建	河流水域岸线长期占而不用、多占少用、滥占滥用	—
10		违法违规建设涉河项目	—
11		河流管理范围内修建阻碍行洪的建筑物、构筑物	—
河岸带人工干扰指数赋值		100	

6. 河岸带年径流总量控制率指数

根据现场测量记录结果和踏勘情况，按式（17）计算得到评价河段河岸带年径流总量控制率的指标情况。按式（18）计算得到河岸带年径流总量控制率指数赋值，表 7 为测量记录数据和河岸带年径流总量控制率指数赋值结果。评价河段的河岸带年径流总量控制率指数赋值为 81.82。

表 7 评价河段河岸带年径流总量控制率指数赋值计算表

项 目	年径流总量控制率指数 VC
河岸带面域内累计全年得到控制的雨量/mL	1350
全年总降雨量/mL	1650
年径流总量控制率指数赋值 VC_r	81.82

7. 水面面积率指数

根据现场测量记录结果和踏勘情况，按式（21）计算得到评价河段左右两岸的常水位下水面面积率的指标情况。按式（22）计算得到水面面积率指数赋值，表 8 为测量记录数据和河岸带植被覆盖指数赋值结果。评价河段的河岸带植被覆盖指数赋值为 77.24。

8. 优良河势保持率指数

根据现场测量记录结果和踏勘情况，判断评价河段为顺直型河段。将评价河段分成 4 段，分别计算宽深比、深泓摆动幅度指标，判断是否保持优良河势。经计算得到第 3 号河段未能保持优良河势，按式（23）计算得到优良河势保持率指数赋值，表 9 为测量记录数据和优良河势保持率指数赋值结果。评价河段的优良河势保持率指数赋值为 76.92。

表 8 评价河段河岸带植被覆盖指数赋值计算表

位置		评价河段 1	评价河段 2	评价河段 3	水面面积率指数赋值 WS_r
河流长度/m		400	500	400	77.24
指标值	左岸	54%	71%	63%	
	右岸	55%	73%	68%	
监测段平均		54.50%	72.00%	65.50%	
水面面积率指数 WS		64.62%			

表 9 评价河段优良河势保持率指数赋值计算表

编号	评价河段长度/m	平滩水位下的河床河宽/m	平滩水位下的河床平均水深/m	绝对深泓摆动量/m	平滩流量下的河流宽度/m	宽深比指标	深泓摆动幅度	判别是否保持优良河势
1	300	30	2.1	1.5	30	2.61	0.0500	√
2	300	28	1.8	2.3	28	2.94	0.0821	√
3	300	33	3.2	1.2	33	1.80	0.0364	×
4	400	25	2.3	0.8	25	2.17	0.0320	√
优良河势保持率指数赋值		76.92						

9. 水质指数

根据现场水质指标（主要检测 COD_{Mn} 、DO、 BOD_5 、 NH_4-N ）全年逐月监测数据，采用内梅罗（Nemerow）指数法计算各指标的标准指数，可按式（29）、式（30）计算，记录数据和计算见表 10。由于 DO 为正相关水质指标，而 COD_{Mn} 、 BOD_5 、 NH_4-N 为负相关水质指标，需对指标进行同度量化。经同度量化后的指数按式（31）计算水质指数的赋值，指标同度量化结果和水质指数赋值结果见表 11。评价河段的水质指数赋值为 76.49。

表 10 评价河段水质指数记录表

水质项目		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	C_{si}
C_{ij}	TP	0.22	0.23	0.27	0.21	0.26	0.26	0.28	0.29	0.25	0.17	0.18	0.19	0.30
	DO	7.08	4.56	6.20	7.33	3.89	2.92	4.51	3.02	5.04	5.65	4.88	6.02	3.00
	BOD_5	4.05	6.34	5.66	13.80	4.89	7.00	7.65	4.78	3.90	2.73	8.26	3.61	6.00
	NH_4-N	0.59	1.30	0.86	1.61	0.80	1.49	1.44	0.17	0.15	0.32	0.39	0.62	1.50
F_{ij}	TP	0.73	0.76	0.90	0.70	0.86	0.85	0.95	0.97	0.82	0.56	0.60	0.64	
	DO	2.36	1.52	2.07	2.44	1.30	0.97	1.50	1.01	1.68	1.88	1.63	2.01	
	BOD_5	0.68	1.06	0.94	2.30	0.82	1.17	1.28	0.80	0.65	0.46	1.38	0.60	
	NH_4-N	0.39	0.87	0.57	1.07	0.53	0.99	0.96	0.11	0.10	0.21	0.26	0.41	

表 11 评价河段水质指数赋值计算表

水质项目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均值	最大值	SPI_{ij}	W_{ij}	
同度量化 预处理	TP	0.43	0.49	0.82	0.34	0.73	0.71	0.94	1.00	0.63	0.00	0.10	0.20	0.53	1.00	0.80	0.279
	DO	0.06	0.63	0.26	0.00	0.78	1.00	0.64	0.98	0.52	0.38	0.56	0.30	0.51	1.00	0.79	0.187
	BOD ₅	0.12	0.32	0.26	1.00	0.19	0.38	0.44	0.18	0.10	0.00	0.50	0.08	0.30	1.00	0.74	0.348
	NH ₄ -N	0.25	0.74	0.44	0.95	0.39	0.87	0.84	-0.04	-0.05	0.06	0.12	0.27	0.40	0.95	0.73	0.187
水质指数赋值	76.49																

10. 综合营养状态指数

根据现场水文监测数据，得出评价河段的年平均流速低于 0.03m/s，因此，需评价综合营养状态指数。根据现场营养状态指标（主要检测总磷、总氮、COD_{Mn}、透明度、叶绿素 a）全年逐月监测数据，各指标的营养状态指数按式（37）~式（44）计算，综合营养状态指数及其赋值按式（37）计算，记录数据、各指标营养指数、综合营养状态指数及其赋值结果见表 12。评价河段的综合营养状态指数赋值为 68.91。

表 12 评价河段底泥污染指数记录表和赋值计算表

水质项目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
水体 污染物 指标	COD _{Mn}	4.39	4.55	5.38	4.17	5.15	5.11	5.67	5.82	4.91	3.33	3.57	3.83
	SD	1.3	1.56	2.2	1.33	1.89	1.92	1.51	1.02	1.04	1.65	1.88	2.02
	TP	0.05	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
	TN	0.59	1.30	0.86	1.61	0.80	1.49	1.44	0.17	0.15	0.32	0.39	0.62
	Chla	1.42	1.925	2.11	1.14	3.065	2.055	1.025	1.12	1.11	0.225	2.28	1.44
TLI	COD _{Mn}	40.45	41.41	45.87	39.09	44.70	44.50	47.26	47.96	43.43	33.10	34.95	36.82
	SD	46.09	42.55	35.88	45.64	38.82	38.52	43.18	50.80	50.42	41.46	38.93	37.53
	TP	45.71	54.83	55.15	54.71	55.00	55.01	54.80	54.55	54.56	54.87	54.99	55.06
	TN	45.63	59.01	51.95	62.55	50.65	61.23	60.74	24.41	22.94	35.06	38.76	46.42
	Chla	28.81	32.11	33.11	26.42	37.16	32.82	25.27	26.23	26.13	8.80	33.95	28.96
	$TLI(\Sigma)$	40.26	44.78	43.43	44.02	44.58	45.23	44.45	39.67	38.49	32.58	39.83	39.97
	$TLI(\Sigma)_r$	70.21	65.48	66.92	66.30	65.69	64.99	65.83	70.81	71.99	77.60	70.65	70.50
综合营养状态指数 赋值	68.91												

11. 底泥污染指数

根据现场底泥指标（主要检测总磷、总氮、重金属含量）全年逐月监测数据，采用内梅罗（Nemerow）指数法计算各指标的标准指数，可按式（38）、式（39）计算，记录数据和计算见表 13。由于总磷、总氮和重金属含量数值当量差别较大，需对指标进行同度量化预处理。经同度量化后的指数按式（40）计算底泥污染指数的赋值，指标同度量化结果和底泥污染物指数赋值结果见表 14。评价河段的底泥污染指数赋值为 78.12。

表 13 评价河段底泥污染指数记录表

底泥项目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	C_{si}	
C_{ij}	总磷/(mg/kg)	639	655	538	617	615	611	667	582	491	533	557	583	600
	总氮/(mg/kg)	708	456	620	733	389	292	451	302	504	565	488	602	800
	As/(mg/kg)	24.60	16.20	21.67	25.43	13.97	10.73	16.03	11.07	17.80	19.83	17.27	21.07	30
	Zn/(mg/kg)	243.00	380.40	339.60	828.00	293.40	420.00	459.00	286.80	234.00	163.80	495.60	216.60	250
	Hg/(mg/kg)	0.84	1.85	2.22	0.28	4.13	2.11	0.05	0.24	0.22	1.55	2.56	0.88	2.4
	Cd/(mg/kg)	0.34	0.53	0.47	1.15	0.41	0.58	0.64	0.40	0.33	0.23	0.69	0.30	0.3
	Cr/(mg/kg)	255.60	346.50	379.80	205.20	551.70	369.90	184.50	201.60	199.80	40.50	410.40	259.20	200
	Pb/(mg/kg)	127.80	173.25	189.90	102.60	275.85	184.95	92.25	100.80	99.90	20.25	205.20	129.60	120
F_{ij}	总磷	1.07	1.09	0.90	1.03	1.03	1.02	1.11	0.97	0.82	0.89	0.93	0.97	
	总氮	0.89	0.57	0.78	0.92	0.49	0.37	0.56	0.38	0.63	0.71	0.61	0.75	
	As	0.82	0.54	0.72	0.85	0.47	0.36	0.53	0.37	0.59	0.66	0.58	0.70	
	Zn	0.97	1.52	1.36	3.31	1.17	1.68	1.84	1.15	0.94	0.66	1.98	0.87	
	Hg	0.35	0.77	0.93	0.12	1.72	0.88	0.02	0.10	0.09	0.65	1.07	0.37	
	Cd	1.13	1.76	1.57	3.83	1.36	1.94	2.13	1.33	1.08	0.76	2.29	1.00	
	Cr	1.28	1.73	1.90	1.03	2.76	1.85	0.92	1.01	1.00	0.20	2.05	1.30	
	Pb	1.07	1.44	1.58	0.86	2.30	1.54	0.77	0.84	0.83	0.17	1.71	1.08	

表 14 评价河段底泥污染指数赋值计算表

底泥项目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均值	最大值	SPI_{ij}	W_{ij}	
同度量化 预处理	总磷	0.85	0.94	0.27	0.72	0.71	0.69	1.01	0.52	0.00	0.24	0.38	0.53	0.57	1.01	0.82	0.25
	总氮	0.94	0.37	0.74	0.99	0.22	0.00	0.36	0.02	0.48	0.61	0.44	0.70	0.49	0.99	0.78	0.25
	As	0.94	0.37	0.74	1.00	0.22	0.00	0.36	0.02	0.48	0.62	0.44	0.70	0.49	1.00	0.78	0.083
	Zn	0.12	0.33	0.26	1.00	0.20	0.39	0.44	0.19	0.11	0.00	0.50	0.08	0.30	1.00	0.74	0.083
	Hg	0.19	0.44	0.53	0.06	1.00	0.51	0.00	0.05	0.04	0.37	0.62	0.20	0.33	1.00	0.75	0.083
	Cd	0.12	0.33	0.27	1.00	0.20	0.39	0.44	0.19	0.11	0.00	0.50	0.08	0.30	1.00	0.74	0.083
	Cr	0.42	0.60	0.66	0.32	1.00	0.64	0.28	0.31	0.31	0.00	0.72	0.43	0.48	1.00	0.78	0.083
	Pb	0.42	0.60	0.66	0.32	1.00	0.64	0.28	0.31	0.31	0.00	0.72	0.43	0.48	1.00	0.78	0.083
底泥污染物 指数赋值	78.12																

12. 汛期污染指数

根据评价河段现场汛期污染指标（主要检测 COD_{Mn} 、TP、 $NH_4 - N$ ）全河流 7 个断面的监测数据，以及考核目标污染物浓度限值（该评价河段目标为地表水Ⅲ类标准），可按式（42）计算，汛期污染指数的赋值按式（43）计算，记录数据、计算值和赋值结果见表 15。评价河段的汛期污染指数赋值为 78.20。

表 15 评价河段汛期污染指数记录表和赋值计算表

水质项目		1号断面	2号断面	3号断面	4号断面	5号断面	6号断面	7号断面	最大值
汛期断面 污染物 监测指标	COD _{Mn}	6.39	6.55	5.38	6.17	6.15	6.11	6.67	
	NH ₄ -N	2.00	1.24	2.06	1.59	1.24	0.71	2.00	
	TP	0.34	0.35	0.36	0.35	0.35	0.35	0.35	
汛期污染物 指数	COD _{Mn}	1.07	1.09	0.90	1.03	1.03	1.02	1.11	1.11
	NH ₄ -N	2.00	1.24	2.06	1.59	1.24	0.71	2.00	2.06
	TP	1.69	1.75	1.79	1.74	1.77	1.77	1.75	1.79
汛期污染物指数赋值		78.20							

13. 大型水生植物覆盖度指数

根据评价河段大型水生植物调查，得出评价河段大型水生植物覆盖度达到 67%，由此可按式 (47) 计算大型水生植物覆盖度指数赋值，记录数据和赋值结果见表 16。评价河段的汛期污染指数赋值为 73.24。

表 16 评价河段大型水生植物覆盖度指数记录表和赋值计算表

指标	水生植物覆盖度/%	赋值
指标值	67	73.24

14. 大型无脊椎动物生物完整性指数

根据评价河段无脊椎动物生物完整性调查，得出评价河流大型无脊椎动物完整性指标监测值达到 65%，最佳期望值为 85%。由此可按式 (48) 计算大型无脊椎动物生物完整性指数赋值。记录数据和赋值结果见表 17。评价河段的大型无脊椎动物生物完整性指数赋值为 76.47。

表 17 评价河段大型无脊椎动物生物完整性指数记录表和赋值计算表

指标	评价河流大型无脊椎动物完整性 指标监测值	评价河流大型无脊椎动物完整性指标 最佳期望值	赋值
指标值	65	85	76.47

15. 鱼类多样性指数

根据评价河段鱼类调查，得出 14 种鱼类的观测数据，由此可按式 (49) 计算评价河段鱼类多样性指数；按式 (50) 计算评价河段鱼类多样性指数的赋值，记录数据和赋值结果见表 18。评价河段的鱼类多样性指数赋值为 67.25。

表 18 评价河段鱼类多样性指数记录表和赋值计算表

S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	总尾数 N
n_i	103	33	68	57	23	91	67	38	45	85	13	27	18	47	715
n_i/N	0.14	0.05	0.10	0.08	0.03	0.13	0.09	0.05	0.06	0.12	0.02	0.04	0.03	0.07	
$\log_2(n_i/N)$	-2.80	-4.44	-3.39	-3.65	-4.96	-2.97	-3.42	-4.23	-3.99	-3.07	-5.78	-4.73	-5.31	-3.93	
鱼类多样性 指数	3.60														
鱼类多样性 指数赋值	67.25														

五、综合评价

采用层次分析法与线性加权法相结合的方法，以上述指标权重赋值和指标赋值，逐层计算得要素层得分和总评分。该评价河段的综合评价计算总表见表 19。

表 19 评价河段综合评价计算表

目标层	总评分	要素层	要素层 权重赋值	要素层 得分	指标层	指标层 权重赋值	指标赋值		
城市开放 型河流 水体生态 健康 A	74.59	水文特征 B1	0.074	56.95	流量过程变异指数 C1		0.333	27.74	
					生态需水满足指数 C2		0.667	71.54	
		河流空间 结构 B2	0.148	84.55	河岸带 状况 C3	河岸带稳定性指数 C3-1		0.038	54.69
						河岸带硬化率指数 C3-2		0.076	84.85
						河岸带人工干扰指数 C3-3		0.305	100.00
						河岸带年径流总量 控制率指数 C3-4		0.152	81.82
					水面面积率指数 C5		0.286	77.24	
					优良河势保持率指数 C6		0.143	76.92	
		水环境 质量 B3	0.295	75.57	水质指数 C7	溶解氧含量 C7-1		0.33	76.49
						五日生化需氧量 C7-4			
						总磷 C7-6			
						氨氮 C7-7			
					综合营养状态指数 C8		0.220	68.91	
					底泥污染 指数 C9	总氮 C9-1		0.287	78.12
						总磷 C9-2			
		重金属风险指数 C10-4							
		汛期污染指数 C11		0.163	78.20				
		水生态 系统结构 与功能 B4	0.444	72.00	大型水生植物覆盖指数 C14		0.308	73.24	
					大型底栖无脊椎动物生物完整性指数 C15		0.308	76.47	
鱼类多样性指数 C16					0.385	67.25			
社会服务 功能 B5	0.037	97.28	防洪指数 C17		0.333	100.00			
			市民满意度指数 C19		0.667	95.92			

六、结论

经综合评价，得出评价河段的水体生态健康总评分为 74.59，健康等级为健康，颜色分级为绿色，该工程已达到生态治理的目标。