T/CHIDA ****—2022

ICS 47.020.99
J 617

中国疏浚协会
CHINA DREDGING ASSOCIATION

团 体 标 准

T/CHIDA ****—2022

城市河道水体生态健康评价技术规程

条 文 说 明

Technical regulations for ecological health assessment of urban river water body

Article description

2022-**-**发布 2022-**-**实施

中国疏浚协会 发布

目　　次

1 范围 1
4 城市河道水体生态健康评价指标体系 1
4.1 指标体系 1
4.2 指标预处理 1
4.3 指标权重的确定 1
4.4 层次组合权重 1
6 指标评价方法 2
6.1 水文特征 2
6.2 河道空间结构 2
6.3 水环境质量 3
6.4 水生态系统结构与功能 3
6.4 水生态系统结构与功能 4
附录 C：湖州市潜山港水环境综合治理项目河道水体生态健康评价算例 5

城市河道水体生态健康评价技术规程

1 范围

由于城市河道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。有必要针对城市河道的共性特征和个性特征，探索研究适合于城市河道水体生态的健康评价体系，提出统一的指标体系、指标评价方法、指标预处理方法，以及指标权重计算方法、评价结果计算与表征。

4 城市河道水体生态健康评价指标体系

4.1 指标体系

4.1.3 要素层参考《河湖健康评价技术导则》（SL/T 793-2020）第 6.1 条规定：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”）。

鉴于本标准针对河道水体生态健康进行评价，且部分指标已涵盖表征“水清岸绿，鱼翔浅底”的社会服务属性指标。因此，摒弃了“社会服务功能完整性”这一指标。本标准的要素层指标调整为水文特征、河道空间结构、水环境质量、水生态系统结构与功能。

4.1.4 指标层部分参考《河湖健康评价技术导则》（SL/T 793-2020）第 6.1 条规定的指标。增加了“水土流失率”、“优良河势保持率”、“市民满意度”。

4.2 指标预处理

4.2.2 鉴于河道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，本标准结合不同指标的指向性不同，优化选择阈值法，其处理结果在[0，1]之间，指标值之间的可比性强。

4.3 指标权重的确定

4.3.1 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，极大的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.Satty 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进行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，根据每个河道独有特征选取的评价指标各不相同，且各项指标对河道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的计算指标权重，具有较强的灵活性、适用性。

4.4 层次组合权重

4.4.3 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应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、乘积法。本标准选用乘积法计算，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 指标评价方法

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（12）进行赋值。

5.1.2 生态用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 河道空间结构

6.2.1 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。河岸易于侵蚀可表现为河岸缺乏植被覆盖、树根暴露、土壤暴露、河岸水力冲刷、坍塌裂隙发育等。

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，即无上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 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。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）。

6.2.5 湿地保留率指数为正向指标，其计算值越大，表明河流的湿地面积越大，可为河流生物提供更多的生存空间，河流生态环境功能越健康。与河流有直接水力联系的天然湿地的形成与演变与河流系统的发展有密切关系。河流水文水资源、物理结构等方面的变异往往成为天然湿地退化的重要驱动因素。

6.2.6 水土流失指在人为因素作用下的加速侵蚀，对目前技术经济条件无法治理的自然侵蚀（冻融侵蚀、滑坡、泥石流等）不在研究评价的范围。水土流失率是指在一定时期内，水土流失面积与同期土地总面积的比值。选取土壤侵蚀模数（$t/(km^2 \cdot a)$）作为衡量区域水土保持健康的自变量指标，建立水土流失率与侵蚀模数的回归关系式（经验公式）。

水土流失率指数为负向指标，其计算值越大，评价河段的水土流失面积越大，表明河流的生态环境功能受损越严重。根据指标的计算结果，采用赋值公式式（25）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道形态，而水沙运动与河道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，以及为河道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道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。

6.3 水环境质量

6.3.1 水质指数为负向指标，其计算值越大，表明评价河道水体综合污染状况越差，河流的生态环境功能受损越严重。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、NH4-N），需对指标进行同度量化。经同度量化后的指数按式（34）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（34），求得水质指数，可直接赋值。

6.3.2 部分河床地势平缓的城市河道存在水流速度较为平缓的情况（≤0.03m/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，表明评价河道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（47）进行赋值。

6.3.3 底泥污染指数为负向指标，其计算值越大，表明评价河道底泥受污染越严重，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（50），求得水质指数，可直接赋值。

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道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，表明评价河道水功能区水质达标数量越多，河流的生态环境功能越健康。

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。

浮游植物数量指标为负向指标，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（47）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、挺水植物和沉水植物三类植物中非外来物种的总覆盖度，采用赋值公式式（56）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。该指数可根据计算结果直接赋值。

6.4.5　鱼类多样性指数为正向指标，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（56）进行赋值。

6.4 水生态系统结构与功能

6.5.3　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，其赋分取评价流域内参与调查的公众赋分的平均值。

附录 C：湖州市潜山港水环境综合治理项目河道水体生态健康评价算例

1、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，是河道街道辖区的市级河道，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 1.3 公里，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 年-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。

2、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）河道空间结构（B2）：河岸带状况（C3）（包括河岸带稳定性指数 (C3-1)、河岸带植被覆盖度指数 (C3-2)、河岸带人工干扰指数 (C3-3)）、优良河势保持率 (C7)；

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)。

3、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）		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；河道空间结构（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。

4、指标数据收集

4.1 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，按式（12）计算得到流量过程变异指数计算值，按式（14）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

	年份	2020				
	项目	实际月径流量/m3	天然径流量/m3	（天然-实际）/m3	（天然-实际）/天然平均值	[（天然-实际）/天然平均值]^2
流量过程变异指数	1月	63960	66490	2530	0.007221865	5.21553E-05
	2月	50760	53290	2530	0.007221865	5.21553E-05
	3月	112440	114970	2530	0.007221865	5.21553E-05
	4月	112560	324090	211530	0.603810747	0.364587418
	5月	318720	419480	100760	0.28761864	0.082724482
	6月	547320	657100	109780	0.31336616	0.09819835
	7月	546240	652280	106040	0.302690359	0.091621453

	8 月	793680	1046570	252890	0.721872547	0.521099974
	9 月	148920	328440	179520	0.51243845	0.262593165
	10 月	226800	372330	145530	0.415414258	0.172569006
	11 月	90840	93370	2530	0.007221865	5.21553E-05
	12 月	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			
	FDr	指标赋值	27.74			

4.2 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 0.24m^3/s。按式（15）计算得到 4-9 月和 10-3 月的日径流量占多年平均流量百分比的最小值，按式（16）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（m3/s）	最小日径流量（m3/s）		分指标计算值		分指标赋值		指标赋值
		一般水期（10-3 月）	鱼类产卵育幼期（4-9 月）	EF1	EF2	EF1r	EF2r	EFr=Min(EF1r,EF2r)
	0.24	0.0476	0.0988	19.83%	41.17%	71.54	73.78	71.54

4.3 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。按指数赋分表赋值。按式（17）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 56.11。

表 4　评价河段河岸带稳定性指数赋值计算表

河岸稳定性指数												
位置		调查数据					赋值					
		斜坡倾角（度，＜）	植被覆盖率（%，＜）	斜坡高度（m，＜）	基质（类别）	河床冲刷状况	斜坡倾角	植被覆盖率	斜坡高度	基质	河床冲刷状况	河岸稳定性指数赋值（BKSr）
监测断面 1	左岸	15	45%	1.8	黏土河岸	轻度冲刷	75.00	71.73	52.99	25.00	75.00	56.11
	右岸	12	35%	2.5	黏土河岸	轻度冲刷	80.00	60.42	37.70	25.00	75.00	
监测断面 2	左岸	20	42%	1.2	黏土河岸	轻度冲刷	66.67	68.44	67.68	25.00	75.00	
	右岸	15	46%	2.7	黏土河岸	轻度冲刷	75.00	72.80	33.69	25.00	75.00	
监测断面 3	左岸	13	23%	3.2	黏土河岸	轻度冲刷	78.33	45.51	24.38	25.00	75.00	
	右岸	10	28%	2.5	黏土河岸	轻度冲刷	83.33	51.90	37.70	25.00	75.00	
监测河段平均值		14.17	0.37	2.32			76.39	61.80	42.36	25.00	75.00	

4.4 河岸带植被覆盖指数

根据现场测量记录结果和踏勘情况，按式（18）计算得到评价河段左右两岸的乔木覆盖度、灌木覆盖度、草本覆盖度的指标情况。按式（19）计算得到河岸带植被覆盖指数赋值，表 5 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 59.77。

表 5　评价河段河岸带植被覆盖指数赋值计算表

河岸带植被覆盖度指标（RVS）					
位置		乔木覆盖度	灌木覆盖度	草本覆盖度	河岸带植被覆盖度指标赋值（RVSr）
指标值	左岸	35%	52%	65%	59.77

	右岸	37%	55%	67%	
指标赋值	左岸	44.18	60.33	71.64	
	右岸	46.16	63.02	73.30	
监测段平均		45.17	61.68	72.47	

4.5 河岸带人工干扰指数

根据现场测量记录结果和踏勘情况，得到评价河段三个断面左右两岸的人工干扰程度情况，按指数赋分表赋值。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。评价河段的河岸带人工干扰指数赋值为 60。

表 6　评价河段河岸带人工干扰指数赋值计算表

河岸带人工干扰程度（RVS）				
位置		扰动类型/赋值		
		河岸带邻近水域及河道内	河岸带	河岸带邻近陆域（小河 10m，大河 30m）
监测断面 1	左岸		管道	公路
	右岸		河滨公园	
监测断面 2	左岸		河滨公园	公路
	右岸		河滨公园	居民点房屋
监测断面 3	左岸		管道	公路
	右岸		河滨公园	居民点房屋
监测段统计扰动赋值	河岸硬性砌护			
	采砂			
	沿岸建筑物			-5
	公路			-15
	垃圾填埋场			

	河滨公园		-15	
	管道		-5	
	农业耕种			
	畜牧养殖			
综合赋值	-40			
指标赋值	60			

4.6 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（26）计算得到优良河势保持率指数赋值，表 6 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 7　评价河段优良河势保持率指数赋值计算表

优良河势保持率								
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)**	**平滩流量下的河道宽度(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**							

4.7 水质指数

根据现场水质指标（主要检测 COD_{Mn}、DO、BOD_5、NH4-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（32）、（33）计算，记录数据和计算见表 8。由于 DO 为正相关水质指标，而 COD_{Mn}、BOD_5、NH4-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（34）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 9。评价河段的水质指数赋值为 77.35。

表 8　评价河段水质指数记录表

水质指标														
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	Csi
Cij	CODmn	4.39	4.55	5.38	4.17	5.15	5.11	5.67	5.82	4.91	3.33	3.57	3.83	6.00
	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	5.00
	BOD5	4.05	6.34	5.66	13.80	4.89	7.00	7.65	4.78	3.90	2.73	8.26	3.61	4.00
	NH4-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	1.00
Fij	CODmn	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	1.42	0.91	1.24	1.47	0.78	0.58	0.90	0.60	1.01	1.13	0.98	1.20	
	BOD5	1.01	1.59	1.42	3.45	1.22	1.75	1.91	1.20	0.98	0.68	2.07	0.90	
	NH4-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	

表 9　评价河段水质指数赋值计算表

水质指数

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	SPIij	Wij
同度量化预处理	CODmn	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
	BOD5	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	0.348
	NH4-N	0.30	0.79	0.49	1.00	0.44	0.91	0.89	0.01	0.00	0.11	0.17	0.32	0.45	1.00	0.77	0.187
水质指数赋值		77.35															

4.8 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、CODMn、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（40）~（46）计算，综合营养指数及其赋值按式（50）计算，记录数据、各指标营养指数、综合营养指数及其赋值结果见表 10。评价河段的综合营养状态指数赋值为 68.91。

表 10　评价河段底泥污染指数记录表和赋值计算表

水体污染物指标												
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
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
水质项目	*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(∑)	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(∑)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**											

4.9 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（48）、（49）计算，记录数据和计算见表 11。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（50）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 12。评价河段的底泥污染指数赋值为 78.12。

表 11　评价河段底泥污染指数记录表

底泥污染物指标														
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**	**Csi**
Cij	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
Fij	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 12　评价河段底泥污染指数赋值计算表

底泥污染物指数																	
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	**SPIij**	Wij
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**															

4.10 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}、总磷、NH4-N）全河道 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（52）计算，汛期污染指数的赋值按式（53）计算。记录数据、计算值和赋值结果见表 13。评价河段的汛期污染指数赋值为 78.20。

表 13　评价河段汛期污染指数记录表和赋值计算表

汛期断面污染物监测指标							
水质项目	**1#断面**	**2#断面**	**3#断面**	**4#断面**	**5#断面**	**6#断面**	**7#断面**
COD_{Mn}	6.39	6.55	5.38	6.17	6.15	6.11	6.67
NH4-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								
水质项目	**1#断面**	**2#断面**	**3#断面**	**4#断面**	**5#断面**	**6#断面**	**7#断面**	**最大值**
COD_{Mn}	1.07	1.09	0.90	1.03	1.03	1.02	1.11	1.11
NH4-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							

4.11 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（56）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 14。评价河段的汛期污染指数赋值为 73.24。

表 14　评价河段大型水生植物覆盖度指数记录表和赋值计算表

大型水生植物覆盖度		
指标	水生植物覆盖度（%）	赋值
指标值	67	**73.24**

4.12 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，得出评价河道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（57）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 15。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 15　评价大型无脊椎动物生物完整性指数记录表和赋值计算表

大型无脊椎动物生物完整性指数			
指标	评价河道大型无脊椎动物完整性指标监测值	评价河道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**

4.13 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（58）计算评价河段鱼类多样性指数；按式（59）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 16。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 16　评价河段鱼类多样性指数记录表和赋值计算表

鱼类生物多样性															
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	
$\log2(n_i/N)$	-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**														

5、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 17。

表 17　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	指标赋分
		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
		河道空间结构（B2）	0.148	65.22	河岸带状况(C3)	河岸带稳定性指数 (C3-1)	0.095	56.11
						河岸带植被覆盖度指数	0.191	59.77

城市河道水体生态健康（A）	71.88					(C3-2)		
						河岸带人工干扰指数（C3-3)	0.381	60.00
					优良河势保持率（C7)		0.333	76.92
		水环境质量（B3）	0.295	76.07	水质指数(C8)	溶解氧含量（C8-1)	0.092	79.30
						高锰酸盐指数（C8-2)	0.062	80.12
						氨氮（C8-5)	0.114	77.41
						五日生化需氧量（C8-7)	0.062	73.83
					综合营养状态指数（C9)		0.22	68.91
					底泥污染指数(C10)	总氮（C10-1)	0.072	81.74
						总磷（C10-2)	0.072	78.29
						重金属风险指数（C10-4)	0.143	76.23
					汛期污染指数（C12）		0.164	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（C15)		0.308	73.24
					大型底栖无脊椎动物生物完整性指数(C16)		0.308	76.47
					鱼类多样性指数（C18)		0.385	67.25

		社会服务功能（B5）	0.037	97.28	防洪指数（C19）	0.333	100.00
					市民满意度指数 (C21)	0.667	95.92

6、结论

经综合评价，得出评价河段的水体生态健康总评分为 71.88，健康等级为健康，颜色分级为绿色，该工程基本达到生态治理的目标。